

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ÁLEFE DA SILVA BORGES
WINE ELER ASSUNÇÃO PINTO**

**ANÁLISE E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE UMA
EROSÃO DO CÓRREGO GÓIS - SETOR BOM CLIMA**

**ANÁPOLIS / GO
2018**

**ÁLEFE DA SILVA BORGES
WINE ELER ASSUNÇÃO PINTO**

**ANÁLISE E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE UMA
EROSÃO DO CÓRREGO GÓIS - SETOR BOM CLIMA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: M.Sc. FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

BORGES, ÁLEFE DA SILVA/ PINTO, WINE ELER ASSUNÇÃO

Análise e proposta de recuperação de uma erosão do Córrego Góis – Setor Bom Clima.

57P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|----------------|------------------------|
| 1. Solos | 2. Erosão |
| 3. Laboratório | 4. Medidas de correção |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, Álefe da Silva; PINTO, Wine Eler Assunção. Análise e proposta de recuperação de uma erosão do Córrego Góis – Setor Bom Clima. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 57p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Álefe da Silva Borges

Wine Eler Assunção Pinto

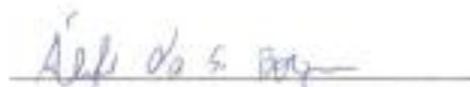
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Análise e proposta de recuperação de uma erosão do Córrego Góis – Setor Bom Clima.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

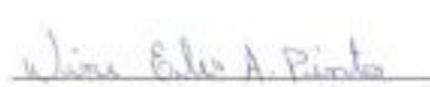
ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Álefe da Silva Borges

E-mail: alefesilvaa76@gmail.com



Wine Eler Assunção Pinto

E-mail: wine.eler@hotmail.com

ÁLEFE SILVA BORGES
WINE ELER ASSUNÇÃO PINTO

ANÁLISE E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE UMA
EROSÃO DO CÓRREGO GÓIS - SETOR BOM CLIMA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

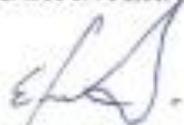
APROVADO POR:



FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



ISA LORENA SILVA BARBOSA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 07 de JUNHO de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado à capacidade de ter chegado até nesta etapa, para desenvolver todas as obrigações que são necessárias para a minha formação e por ter me sustentado nos momentos mais difíceis. Aos meus pais pelo incentivo a educação, pela busca dos conhecimentos e por sempre terem sido meu alicerce, sem eles eu não poderia estar onde estou.

À minha irmã Tainara que tem me dado orientações para obter a melhor estruturação deste trabalho.

Agradeço a todos meus professores, principalmente a aqueles que ministraram suas aulas com empolgação e gozo da disciplina, pois são extremamente inspiradores.

Wine Eler Assunção Pinto

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro, pela força de resistência por Deus concedida a mim, força esta que se tornou vital em todo meu percurso. Expresso aqui minha gratidão aos meus familiares, por estarem presentes em todos os momentos, pelo apoio de amigos, parentes, colegas de classe, professores e muitos outros que contribuírem para a conclusão dessa etapa.

Álefe da Silva Borges

RESUMO

A erosão acontece quando há a quebra de um equilíbrio em que a quantidade de solo erodida se torna diferente da quantidade produzida. Essa quebra pode resultar de fatores de ordem natural ou então quando há intervenção antrópica. Em países de clima tropical a erosão comumente vista é a hídrica, que se classifica em três principais formas sendo elas erosão superficial, erosão subterrânea e erosão linear. Esta última acontece em quatro estágios, o primeiro em lâminas, sulcos, ravinas e por último as voçorocas. As fortes concentrações de chuvas, a falta de planejamento para urbanização, a ação do homem, contribuem fortemente para o surgimento de erosões. Nessa vertente se faz necessário medidas preventivas e, quando essa não for a solução, adota-se medidas como isolamento do local, impedimento do escoamento superficial, estabilização de talude e outros mais. Este trabalho terá como objetivo o estudo da erosão situada às margens do córrego Góis no setor Bom Clima, na cidade de Anápolis. Esse estudo será composto por visitas in loco, relatórios fotográficos, coletas de materiais, análises e testes em laboratório, visando integralmente medidas corretivas e propostas de recuperação para a área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Solos. Erosão. Laboratório. Medidas de Correção.

ABSTRACT

Erosion occurs when there is a breakdown of a balance in which the amount of eroded soil becomes different from the quantity produced. This breakdown may result from natural factors or when there is anthropogenic intervention. In countries with a tropical climate the erosion commonly seen is water, which is classified into three main forms: surface erosion, underground erosion and linear erosion. The latter occurs in four stages, the first in blades, grooves, riviirs, and finally the gullies. The strong concentrations of rainfall, the lack of planning for urbanization, the action of man, contribute strongly to the emergence of erosions. In this area preventive measures are necessary and, when this is not the solution, measures such as insulation of the site, impedance of runoff, slope stabilization and others are adopted. The objective of this work is to study the erosion located on the banks of the Góis stream in Bom Clima, in the city of Anápolis. This study will be composed of on-site visits, photographic reports, material collection, analysis and laboratory tests, aiming at corrective measures and recovery proposals for the study area.

KEYWORDS: Ground. Erosion. Laboratory. Correction Measures.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Localização da área de estudo..... | 25 |
| Figura 2: Vista superior do local da erosão e entorno. | 26 |
| Figura 3: Rua Elza Zago..... | 27 |
| Figura 4: Acúmulo do entulho na erosão..... | 27 |
| Figura 5: Vista da erosão e a encosta do córrego. | 28 |
| Figura 6: Curva de distribuição granulométrica do solo | 29 |
| Figura 7: Descanso do solo..... | 30 |
| Figura 8: Destorroamento do solo. | 31 |
| Figura 9: Pesagem do solo para peneiramento grosso..... | 32 |
| Figura 10: Agitador mecânico. | 33 |
| Figura 11: Processo da mistura homogênea | 34 |
| Figura 12: medição do corpo cilíndrico..... | 35 |
| Figura 13: Regulagem do aparelho Casagrande. | 36 |
| Figura 14: Procedimento na Concha do aparelho..... | 36 |
| Figura 15: Retirando as amostras que se uniram..... | 37 |
| Figura 16: Foz do córrego Góis..... | 38 |
| Figura 17: Mina d'água nas proximidades da erosão | 39 |
| Figura 18: Limite de liquidez da amostra de solo | 48 |
| Figura 19: Curva granulométrica da amostra de solo..... | 52 |
| Figura 20: Primeiro desmoronamento da encosta do córrego Góis..... | 53 |
| Figura 21: Segundo desmoronamento da encosta do córrego Góis..... | 54 |

LISTA DE QUADRO

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Classificação da erosão relacionada aos fatores ativos. | 19 |
|---|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1. CONTEXTO HISTÓRICO..... | 14 |
| 1.1.1. Erosão a nível mundial..... | 14 |
| 1.1.2. Erosão no Brasil..... | 15 |
| 1.1.3. Erosão em Anápolis..... | 15 |
| 1.2. PROBLEMATIZAÇÃO..... | 16 |
| 1.3. JUSTIFICATIVA..... | 16 |
| 1.4. OBJETIVOS..... | 17 |
| 1.4.1. Objetivo geral..... | 17 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 17 |
| 1.5. METODOLOGIA..... | 17 |
| 2. EROSÃO..... | 18 |
| 2.1. CONCEITOS..... | 18 |
| 2.2. CLASSIFICAÇÃO..... | 18 |
| 2.2.1. Etapas do Processo de Erosão Hídrica..... | 19 |
| 2.2.2. Formas de Erosão..... | 20 |
| 2.3. FATORES CONDICIONANTES..... | 21 |
| 2.4. EROSÃO E IMPACTOS SOCIAIS..... | 22 |
| 2.5. PREVENÇÃO E CONTROLE..... | 23 |
| 3. ESTUDO DE CASO..... | 25 |
| 3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 25 |
| 3.2. CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO..... | 26 |
| 3.3. TRABALHO DE LABORATÓRIO..... | 28 |
| 3.3.1. Solo..... | 28 |
| 3.3.2. Preparação da amostra..... | 30 |
| 3.3.3. Análise granulométrica..... | 31 |
| 3.3.4. Limites de plasticidade..... | 33 |
| 3.3.5. Limites de liquidez..... | 35 |
| 3.6. IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES..... | 37 |
| 3.7. MEDIDAS DE CORREÇÃO..... | 39 |

| | |
|--|-----------|
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 43 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 46 |
| ANEXO A..... | 47 |
| ANEXO B..... | 53 |
| REFERÊNCIAS | 55 |

1. INTRODUÇÃO

A erosão é o processo de desagregação ou desgastes da superfície terrestre que podem ser ocasionadas pelas ações mecânicas ou químicas da água, vento e gelo (CARVALHO *et al.*, 2006).

Carvalho *et al.* (2006), explica a origem do termo erosão, em latim *erodere*, que significa “corroer”.

A erosão pode se dar de forma natural denominada erosão geológica, que consiste na modelagem do relevo de forma natural. Este processo se equilibra entre a quantidade de solo erodida e a quantidade de solo produzida em condições naturais. Quando há uma quebra deste equilíbrio devido a ações antrópicas, não permitindo assim a recuperação natural do solo é originado então a erosão antrópica ou erosão acelerada. Estas podem ser divididas em: erosão superficial, interna e linear, que dependendo do seu estágio de evolução, pode ser caracterizado em sulco, ravina e voçoroca. Carvalho *et al.* (2006) ainda afirma “a erosão superficial é também denominada de laminar, e as ravinas e voçorocas podem assumir a forma de anfiteatro no lugar da forma linear, sendo muito frequentes na região Centro-Oeste”.

Segundo Carvalho *et al.* (2006), os principais fatores que desencadeiam o processo erosivo devem ser bem caracterizados, sendo uma das mais importantes as alterações das condições de proteção do solo e do redirecionamento do escoamento superficial, intensificando assim o processo natural.

Outro fator contribuinte é a urbanização sem planejamento, gerando grandes áreas impermeáveis sem as devidas infraestruturas necessárias, acarretando problemas sociais, econômicos e ambientais. Este crescimento, de caráter geralmente pouco planejado, implica em uma série de mudanças na organização social, gerando grandes impactos ao meio ambiente (CARRIJO; BACCARO, 2001 *apud* SILVA *et al.*, 2015).

Para Carvalho *et al.* (2006), um novo foco erosivo tem origem nas precárias condições de infraestrutura, nos projetos mal concebidos, ou mesmo na escolha de áreas adversas para ocupação, tais como: aquelas caracterizadas por altas declividades dos terrenos, alta susceptibilidade natural do solo a erosão, fundos de vales ou terrenos comprometidos por processos erosivos já instalados. Tendo como consequência o desmoronamento, a redução de fertilidade do solo, o assoreamento de cursos de água, as

enchentes e outros desequilíbrios de ordem ambiental ocasionados pela desagregação e movimentação de solo.

Em muitos casos as valas formadas pelas erosões viram depósito de lixo, pois a população erroneamente descarta seus resíduos neste local, gerando, conseqüentemente, uma fonte de contaminação para diversas patologias, se tornando um problema para a saúde pública.

Quanto maior for o estágio evolutivo da erosão, maiores serão os custos e o tempo para estabilização ou recuperação do ambiente, como exemplo a voçorocas que é a etapa mais avançada da erosão laminar.

Neste cenário, este projeto visa o desenvolvimento de um estudo de caso de uma erosão de origem hídrica com aceleração do processo por ações antropicas, e a elaboração de medidas de recuperação ou estabilização da área.

1.1. CONTEXTO HISTÓRICO

1.1.1. Erosão a nível mundial

Para Miranda (2005), dentre os principais fatores que causaram a decadência das primeiras civilizações, destaca-se o processo erosivo. Os incas já compreendendo a gravidade de tal fator, se preveniram cultivando nas encostas dos Andes em forma de terraços. Com o crescimento das áreas de cultivo e da população, a erosão passou a ser notada, tornando-se então um problema mundial (MORTARI, 1994).

Segundo Mortari (1994), a Food and Agriculture Organization of the United Nations (F.A.O) estimou que em 1960, na Europa, 22% de terras estavam sem uso, constatando erosões em grande parte das mesmas. No continente asiático, devido o processo de agricultura ser bastante intenso, registrou-se uma proporção de 50%. Já nos Estados Unidos, dados apresentavam cerca de 4 milhões de hectares de terras arruinadas. Em 1935, esse número aumentou para 20 milhões de hectares, totalmente danificados pela erosão (GALETI, 1973 *apud* MORTARI, 1994).

Os dados não se diferem muito quando se fala da América do Sul. Apesar da vasta área florestal, o aumento das concentrações populacionais e do desmatamento, tem contribuído grandemente para o crescimento das áreas atingidas pela erosão. Outros países, como Bolívia, Paraguai e Argentina registram cerca de 25% de seus territórios atingidos pela erosão (ZACHAR, 1982 *apud* MORTARI, 1994).

1.1.2. Erosão no Brasil

A erosão hídrica é vista como uma das principais formas de degradação do solo, podendo causar prejuízos econômicos, ambientais e sociais. O Brasil sofre intensamente com problemas erosivos, visto que o clima típico é o tropical onde concentra grandes volumes de chuvas durante alguns períodos do ano, precipitações estas que favorecem o processo erosivo (BRITO, 2012).

Anualmente se perde 500 milhões de toneladas de terra no Brasil, sendo esse valor igualado a uma camada de 15 cm em uma área de 280000 (duzentos e oitenta mil) hectares (ICEA, 1979 *apud* MORTARI, 1994).

No período de 1950 a 1970 os estados do Paraná e São Paulo foram ocupados desordenadamente, causando a derrubada de 90% das matas que havia em seus territórios. Com isso, teve início a indevida prática da agricultura e a origem de pequenas cidades em lugares não apropriados (MORTARI, 1994).

De acordo com Mortari (1994), as cidades e o meio agrícola cresceram desenfreadamente sem algum tipo de planejamento, gerando graves consequências em um solo facilmente erodível, onde as erosões em caráter drástico causaram a perda de milhões de toneladas de solo agrícola e o comprometimento da infraestrutura básica das regiões atingidas.

1.1.3. Erosão em Anápolis

Segundo Almeida Filho e Ridente Júnior (2001 *apud* JESUS, A. S., 2013) citam erosões como um grave problema no país, tanto em áreas urbanizadas como em áreas agricultáveis. A cidade de Anápolis a mais de 40 anos atrás já apresentava prejuízos com erosões de grande porte. Atualmente, esses processos afetam tanto as áreas urbanas quanto as áreas periurbanas da cidade. Foram cartografadas pouco mais de 50 voçorocas na cidade de Anápolis. E em alguns setores o processo erosivo tem gerado risco de queda de pessoas e também inviabiliza e/ou dificultam o trânsito como também a prestação de serviços (entregas de compras, serviços dos Correios, Corpo de Bombeiros, coleta de lixo, segurança policial entre outros) importantes para garantia mínima de dignidade aos habitantes da cidade (JESUS, 2013).

1.2. PROBLEMATIZAÇÃO

Visto que a Constituição da República Federativa do Brasil, no Art. 225 prevê a garantia de um meio ambiente equilibrado, através de medidas de preservação e controle, assegurando assim à qualidade de vida da população (BRASIL, 2012a). E, no entanto, veem-se diversos desastres ambientais que vem gerando transtornos para os cidadãos, afetando seu direito a qualidade de vida, ao meio ambiente e a infraestrutura urbana, percebendo-se a necessidade de medidas corretivas.

O estudo de caso, tem nos mostrado os impactos que este desequilíbrio ambiental, proveniente da erosão, tem trago a população e ao próprio meio ambiente. Ao observar esta problemática surge o seguinte questionamento: quais medidas seriam necessárias para a recuperação e/ou estabilização desta erosão?

1.3. JUSTIFICATIVA

Toda atividade que interage com o solo precisa ser desenvolvida com os princípios da engenharia geotécnica, no entanto há mais exemplos que desconsideram este fator, resultando em várias problematizações do solo afetando a qualidade de vida da população, sugando os recursos naturais do solo e gerando elevados custos ao poder público para a sua remediação. A erosão acelerada é um exemplo de atividade humana de ocupação do solo sem preocupação com o mesmo, esse processo gera outros agravantes como assoreamento dos rios e inundações das ruas. A relevância do tema se dá na identificação de pontos que possam ser mudados por profissionais e/ou pela população em geral que interajam com o solo, uma vez que os processos erosivos são desencadeados na maioria das vezes por fatores comuns, elaborando um plano de manejo para recuperação e/ou estabilização da área. Servindo assim de base para que outros processos erosivos sejam eles em fases iniciais ou não, e evidenciando para que toda ocupação do solo seja feita com planejamento. Na cidade de Anápolis há o plano diretor que regulamenta este uso, visto que o fenômeno é uma realidade muito presente, logo se faz necessário o estudo e a recuperação de todas as áreas afetadas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo geral

Analisar a área afetada, propondo o emprego de técnicas que visam à recuperação e/ou estabilização do processo erosivo do Córrego Góis, setor Bom Clima.

1.4.2. Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral foram levantados alguns objetivos específicos:

- Estudar o processo erosivo da região escolhida;
- Realizar análises laboratoriais do solo;
- Identificar os principais causadores da erosão;
- Depurar a proposta estimada;
- Propor medidas que visem recuperar e/ou estabilizar a área da

problematização.

1.5. METODOLOGIA

Visando a melhor elaboração deste estudo, faz-se necessário utilizar métodos exploratórios, quantitativos e descritivos.

Foram realizadas visitas in loco na área do processo erosivo, situada no bairro Bom Clima, na cidade de Anápolis – Goiás. No qual foram feitos registros fotográficos, e entrevistas com moradores do entorno, para uma maior coleta de informações, e também a coleta de materiais para análises laboratoriais.

Para obter informações do solo da área afetada com erosão, fez-se uma coleta de amostras e analisou-se através de testes específicos, como: limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria.

Após levantar informações por meio desses métodos, foi feita a análise do fenômeno e que dará possibilidade de fazer um diagnóstico e propor técnicas de recuperação do solo.

2. EROSÃO

2.1. CONCEITOS

Em estudos relacionados a ciências da terra, a erosão é definida, como processos de desgaste da superfície rochosa ou terrestre, ocasionada pela ação do vento, da água, do gelo, de organismos vivos e também pela ação do homem. Ainda nessa vertente, são ressaltados os processos erosivos, que de maneira natural dão a modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos, havendo um equilíbrio entre ambos na quantidade de solo erodida e na quantidade produzida. Quando há a quebra desse equilíbrio devido à interferência humana, acontece então a erosão acelerada, ou comumente chamada erosão antrópica (CARVALHO *et al.*, 2006).

Quando algum tipo de impacto, de ordem antrópica ou natural, impede que determinada área retome naturalmente o seu estado original, caracteriza-se a como área degradada. Uma das formas de degradação é a erosão, um problema que pode se dar tanto no meio rural quanto no meio urbano, que se não contida a tempo, pode ocasionar graves problemas. O processo ocorre em duas partes, à primeira sendo pelo desprendimento das partículas de agregados do maciço, e a segunda, no momento em que ocorre o transporte das mesmas (CARVALHO *et al.*, 2006).

A evolução de uma erosão está relacionada com o meio que está inserido, em casos de ambientes urbanos, a mesma está disposta à ineficiência da falta de planejamento adequado para o crescimento do meio físico implica em uma alta concentração do fluxo de escoamento superficial de águas pluviais (pela permeabilização do solo) e águas servidas. Esse fluxo acelera desenfreadamente o processo erosivo, facilitando o surgimento dos sulcos, ravinas e posteriormente até voçorocas.

2.2. CLASSIFICAÇÃO

Zachar (1982 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006) apresenta desenvolver uma terminologia onde os principais tipos de erosão são classificados, reforçando a associação entre os agentes erosivos e a ação da gravidade. O quadro 1 mostra essa

classificação com uma pequena modificação, onde a erosão antrópica será tratada de um modo à parte.

Quadro 1 - Classificação da erosão relacionada aos fatores ativos.

| Fator | Termo |
|-------------------------|--|
| 1. água | Erosão hídrica |
| 1.1. chuva | Erosão pluvial |
| 1.2. fluxo superficial | Erosão laminar |
| 1.3. fluxo concentrado | Erosão linear (sulco, ravina e voçoroca) |
| 1.4. rio | Erosão fluvial |
| 1.5. lago, reservatório | Erosão lacustrina ou límica |
| 1.6. mar | Erosão marinha |
| 2. geleira | Erosão glacial |
| 3. neve | Erosão nival |
| 4. vento | Erosão eólica |
| 5. terra, detritos | Erosão soligênica |
| 6. organismos | Erosão organogênica |
| 6.1. plantas | Erosão fitogênica |
| 6.2. animais | Erosão zoogênica |
| 6.3. homem | Erosão antropogênica |

Fonte: Zachar (1982)

Ainda nesse contexto, Carvalho *et al.* (2006) classifica “a erosão em quatro grandes grupos: erosão hídrica, erosão eólica, erosão glacial e erosão organogênica”. Na região centro oeste destaca-se em grande escala a erosão hídrica, pelo comportamento do clima local. Esse trabalho enfatizará a erosão antrópica de origem hídrica.

2.2.1. Etapas do Processo de Erosão Hídrica

Com base em estudos realizados por Carvalho *et al.* (2006) a erosão hídrica se divide em quatro partes: impacto de gotas da chuva; desagregação de partículas do solo; transporte por fluxo e sedimentação.

Impacto – ocorre quando as gotas de água da chuva entram em contato com o solo. O potencial das gotas da chuva em causar erosão, também conhecida como erosividade, influenciará a velocidade e intensidade em que se iniciará o processo

erosivo. Dependendo da magnitude da partícula do solo, e da gota de chuva, os agregados superficiais do solo podem ser lançados a pouco mais que 0,5 m de altura e a uma distância de até 1,5 m (SCHWAB *et al.*, 1957; FAO, 1967 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006).

Desagregação – ela se dá logo em sequência ao impacto das gotas de chuva no solo. Acontece então o cisalhamento, ou seja, a ruptura dos agregados do solo, que com impacto são desprendidos e inicia-se assim a formação de crostas. Esse processo eventualmente ocasionará a selagem da superfície, onde se preenche os vazios do solo, diminuindo a porosidade do mesmo. A selagem do terreno pode ocorrer de duas principais formas, uma delas, a anterior citada e a outra é quando o teor de umidade do solo já se encontra alto, impedindo, a partir de certo momento, a absorção de água, ocasionando a saturação do solo. Com a selagem concluída, as taxas de infiltração do solo caem e começa a se formar poças de água nas irregularidades do terreno. Com o constante volume d'água, essas poças vão se interligando e ganhando movimento, começando então o escoamento superficial, responsável pelo transporte dos sedimentos.

Transporte - ocorre quando a intensidade do escoamento ultrapassa o limite de infiltração do solo, podendo o fluxo aumentar a velocidade de acordo com a declividade do terreno. Inicialmente, esse transporte ocorre em uniformidade com o terreno e, conforme aumenta o fluxo, ele passa a fluir em pequenos canais, propiciando o cisalhamento das partículas de agregados.

Sedimentação – quando a energia do fluxo se diminui, devido à incapacidade de transporte das partículas, seja pela magnitude dessas ou pela diminuição da precipitação, inicia-se, então a deposição dos sedimentos, ou propriamente dita a sedimentação.

2.2.2. Formas de Erosão

As erosões hídricas geralmente são classificadas, de acordo com Carvalho (2006), “em três tipos principais: erosão superficial, erosão interna e erosão linear, segundo o seu estágio de evolução”.

Erosão superficial: surge a partir do escoamento da água que não percola, gerando um fluxo uniforme no terreno, sendo pouco perceptível a remoção dos agregados. Carvalho *et al.* (2006) entende que “ela está associada ao transporte, seja das

partículas ou agregados desprendidos do maciço pelo impacto de gotas da chuva, seja das partículas ou agregados arrancados pela força trativa entre água e solo”.

Ainda nesse contexto,

“O escoamento superficial originado por uma chuva intensa sobre uma bacia, é uma parte do ciclo hidrológico local, sendo produzido quando os componentes de recarga da bacia são satisfeitos. Esses componentes são a interceptação e escoamento ao longo da vegetação, o armazenamento no perfil do solo, a percolação profunda que atinge o aquífero e o armazenamento em depressões da superfície” (WALDT, 2003).

Erosão subterrânea ou Piping: Hargerty (1991 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006), descreve como um fenômeno no qual as partículas do interior do solo são removidas por causas da percolação de água, formando cavidades de forma tubular, ou seja, formação de canais a partir da face de uma encosta ou talude por meio do arraste de partículas, podendo evoluir para grandes cavidades no subsolo. E em casos de disseminação do solo em grandes áreas, este fenômeno chama-se *sapping*.

Erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas): A voçoroca é o estágio mais complexo de um processo erosivo. Nela, pode estar inclusa erosão laminar, erosão interna, solapamentos, desmoronamentos, deslizamentos de taludes etc. Os sulcos resultam do fluxo concentrado de água. Com a intensificação dos sulcos, surge a ravina, em forma de “V”. No limite da ravina, ela entra em contato com o lençol freático, dando início assim na erosão voçoroca, onde suas dimensões podem variar grandemente.

Guerra (1995 *apud* ABDON, 2004) ainda afirma que as erosões em voçorocas provem do rompimento de túneis formados na parte interna da superfície, ou devido à intensificação de uma ravina, na medida em que entra em contato com um canal permanente de água.

2.3. FATORES CONDICIONANTES

Em países de climas tropicais, a forte concentração de chuvas em um período do ano acarreta o surgimento de erosões no solo. A intensidade da chuva e a resistência do solo à mesma são dois fatores físicos centrais para o desencadeamento do processo erosivo. Essa resistência, também conhecida como erodibilidade do solo, é tratada por, Vilar e Prandi (1993 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006) como a incapacidade do maciço em resistir a diferentes processos erosivos, dependendo não somente das características

do solo, mas também da composição química do fluxo e do ciclo de umedecimento e secagem.

Para Brito (2012), dentre os fatores fundamentais para o processo erosivo está presente o relevo, o clima, os solos, a cobertura vegetal e por último, a ação do homem. Este fator anteriormente citado tem a capacidade de modificar a intensidade dos outros fatores que são uma forma natural de erosão.

Carvalho *et al.* (2006) ainda ressalta a ação humana como sendo o principal fator responsável pelo desencadeamento dos processos erosivos, atuando no meio urbano e rural, provocando o desequilíbrio natural do ecossistema.

Com a principal função de facilitar o processo erosivo, de uma forma combinada ou individual, há os fatores moduladores, que segundo Carvalho *et al.* (2006), atuam nas erosões de ordem natural, que por sua vez contribui para o equilíbrio do ecossistema. Destacam-se eles:

- O clima e o regime de precipitação;
- O grau e tipo de intervenção no meio ambiente;
- O tipo de cobertura do solo;
- A taxa de impermeabilização/infiltração;
- O tipo de solo;
- A geomorfologia;
- A geologia;
- A posição do lençol freático;
- A qualidade da água.

2.4. EROSÃO E IMPACTOS SOCIAIS

Além de ser um fenômeno físico, é também um problema econômico e social, segundo Pimentel (1997 *apud* BRITO, 2012). Sendo de suma importância observar os transtornos sociais, que indiretamente afeta a qualidade de vida da população, por exemplo, obstrução do trânsito, interferindo na passagem dos moradores, serviços de ambulância, viaturas de segurança policial entre outros e em casos mais graves, acarretando riscos à vida humana, por queda de pessoas ou desmoronamento em massa, onde moradores podem perder suas vidas e seus bens materiais, gerando, assim, uma população carente de recursos necessários para o exercício de seus direitos de cidadão.

Segundo Brito (2012), a interferência das atividades humanas no solo de forma desordenada tem trazido danos e que vem aumentando com o passar dos tempos. O processo ocorre porque há alteração/desequilíbrio entre o que se perde e o que se recupera, gerando prejuízos ambientais, sociais e monetários.

Com prevê a Constituição da República Federativa do Brasil (1988). Título VIII - Da Ordem Social, Capítulo VI - Do Meio Ambiente.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2012a).

Nota-se que na realidade, há falta de uma fiscalização eficiente e políticas públicas, para o cumprimento da mesma, no intuito de conservar o meio ambiente para que o uso comum seja garantido, como diz, Brito (2012), afirma que é preciso controlar o crescimento desordenado das moradias, em regiões não planejadas, pois há uma tendência da população a procurar lugares para residir onde os mesmos apresentam custos monetários inferiores ou até gratuitos que são as chamadas "invasão", dessa forma se não houve fiscalização, as residências e todas as instalações de infraestrutura, poderá ser executado em solos não adequados, e posteriormente vir a se tornar erosões.

2.5. PREVENÇÃO E CONTROLE

A erosão é um fenômeno mundial, no qual todos os países estão sujeitos, porém países com o clima tropical são mais propícios. E no Brasil, destacam-se os estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Maranhão, de acordo com, Santos e Carneiro (2014) o fenômeno erosivo é desencadeado pela ação das águas pluviais, e sobre tudo com a ação antrópica.

Ao se falar de erosão, identifica-se duas formas de atuações, as medidas preventivas e as corretivas. A atuação de entidades ambientais, no intuito de fiscalizar o crescimento populacional desordenado e em regiões não adequadas, sem as devidas instalações de infraestruturas, bem como controlar a preservação de áreas ambientais, a fim de manter suas características naturais, sem interferências antrópicas prejudiciais.

Segundo Jesus *et al.* (2009b *apud* JESUS, A. S. 2013) medidas corretivas para esses processos erosivos são muito onerosas para os órgãos públicos. Por isso, vê-se a necessidade de medidas preventivas, no intuito de conservar as características naturais e

equilibradas do solo. No entanto cada erosão tem seu gênese da problematização, por tanto se deve conhecer o meio físico do caso de estudo, para então escolher a medida mais adequada para controlar e recuperar a erosão (GIANGIULIO, 2009).

Quanto ao conhecimento da região erosiva, Magalhães (2001) cita, "topografia, profundidade, permeabilidade, textura, estrutura e fertilidade do solo com influenciam diretamente no controle da erosão". Relevos declivosos, têm restrições quanto a condições de drenagem, não são adequados para usos mais intensivos e é classificada de moderada a forte fragilidade ambiental; solos pouco profundos, a camada rochosa está muito próxima da superfície do solo, impedindo que as raízes de plantas alcance maiores profundidades, solos assim tem problemas com o escoamento das águas; solos impermeáveis, quanto mais próximos estiverem da superfície, menos água será preciso para saturá-lo, e o excedente gerará o escoamento superficial; a textura e estrutura do solo, sua forma e agregação são determinados pelo tipo de solo: arenoso, siltoso e argiloso (MAGALHÃES, 2001).

Giangiulio (2009) menciona que quando se pretende estabilizar o processo, o mais adequado seria fazer o isolamento do local, evitando a passagem de animais e pessoas, que de alguma forma poderia agravar a situação. E outra medida é impedir o escoamento superficial, e o plantio de vegetação, para auxiliar na drenagem. E em casos de sulcos e ravinas, estas simples medidas poderão ser suficientes para a recuperação natural das mesmas.

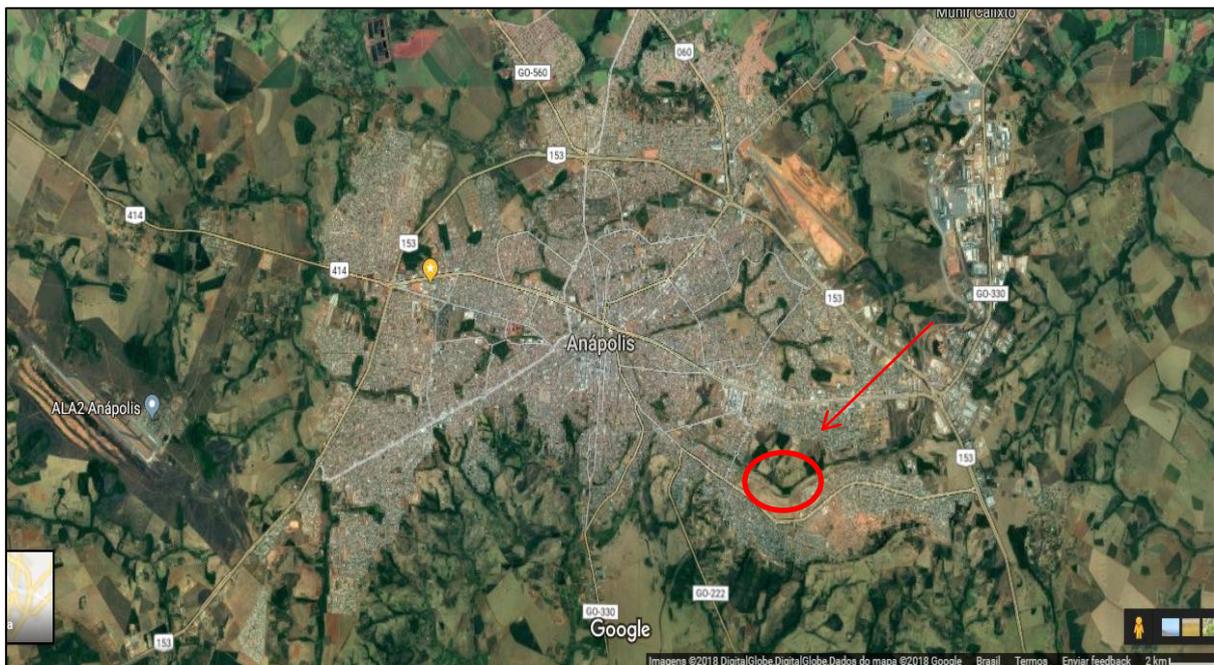
De maneira geral, uma erosão pode ser estabilizada controlando-se a declividade, a vazão e/ou natureza do terreno. A declividade pode ser controlada com a instalação de taludes ou qualquer obstáculo que faça a dissipação de energia do escoamento. No Brasil uma técnica muito utilizada é a estrutura em gabião, que apresenta flexibilidade, resistência à tração, versatilidade, durabilidade e praticidade. A vazão pode ser controlada com um sistema de drenagem pluvial, onde a água precipitada possa ser afastada ou desviada de caminhos erosivos, através de sistemas de condução, galerias e canais. O controle com relação à natureza do terreno se dá no reforço da cobertura vegetal, e em áreas chamadas de especiais (unidades de conservação e áreas de preservação permanente), é imprescindível este correto manejo ambiental (MAGALHÃES, 2001).

3. ESTUDO DE CASO

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A erosão de estudo está situada no setor Bom Clima, na cidade de Anápolis – Goiás, nas coordenadas $16^{\circ}21'34.8''S$ e $48^{\circ}56'56.3''W$, às margens do Córrego Góis, conforme a figura 1 e 2; a mesma não está cadastrada no sistema de cadastramento de erosão da prefeitura municipal de Anápolis, porém, segundo informações de moradores mais antigos do bairro, a erosão vem causando danos ao pavimento da via, cerca de 4 anos.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Google Maps, (2018).

Figura 2: Vista superior do local da erosão e entorno.



Fonte: Google Mapas, (2018).

3.2. CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

A erosão está localizada na Rua Elza Zago, ficando próximo a residências e ruas, estando cerca de 7 metros da residência mais próxima. Onde há também um fluxo muito grande de veículos na rodovia, por se tratar da principal via de acesso dos setores ao norte para os setores ao sul da figura 2, e também por ser rota da linha de ônibus.

Ao se aproximar da área afetada pela erosão, a via de tráfego se torna pista única, devido ao afunilamento da área disponível ao trânsito, onde a passagem de veículos foi bloqueada por barreiras de segurança, tipo new Jersey, conforme a figura 3. Segundo moradores os mesmos foram colocados pela prefeitura municipal há aproximadamente 2 anos.

Na imagem abaixo verificou-se a evolução da erosão pelo recalque do pavimento asfáltico, já que algumas das barreiras estão caídas e também pelas fissuras no próprio pavimento, conforme a figura 3 e 4.

Há uma considerada quantidade de entulho na erosão, que o caracteriza como o local de descarte da população do entorno, prejudicando o solo e o córrego que está a 25 m de distância, onde pode ser observado na figura 4 e 5.

A topografia é bastante acentuada, com trechos inclinados e diferença de níveis. Onde a encosta do córrego é o próprio aterro do pavimento.

Figura 3: Rua Elza Zago



Fonte: Próprios autores, (2018).

Figura 4: Acúmulo do entulho na erosão.



Fonte: Próprios autores, (2018).

Figura 5: Vista da erosão e a encosta do córrego.



Fonte: Próprios autores, (2018).

O ponto crítico analisado, está a 26 metros de distância da margem do córrego, facilitando assim o processo de recuperação do pavimento e do talude. O rompimento no asfalto está com dimensões de um arco, com 1,10 metros de raio e 4,40 metros de comprimento. Ele causa interrupção no fluxo de automóveis e pedestres, pois sua dimensão de contenção está com 20,21 metros de comprimentos, também em formato de arco, com 1,7 metros de raio, contando da beirada do meio fio com sentido ao meio da pista.

3.3. TRABALHO DE LABORATÓRIO

3.3.1. Solo

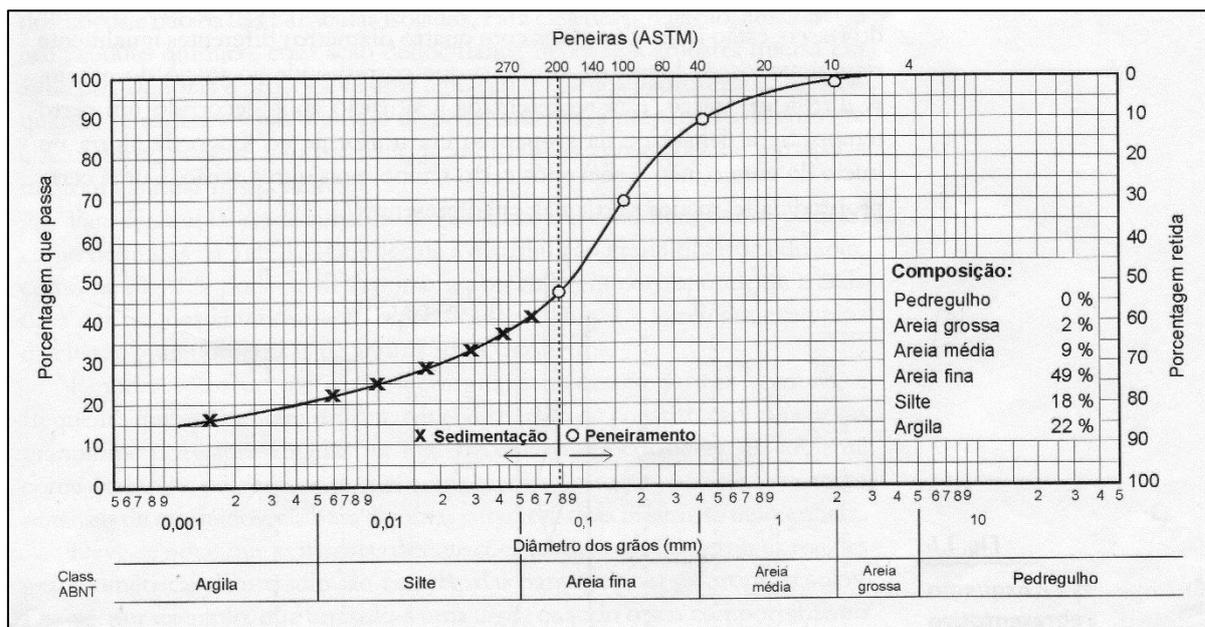
O solo num âmbito geral apresenta características próprias ou recebidas, resultantes de fatores como relevo, matriz, clima, seres vivos e efeitos da ação do homem (MORTARI, 1994).

Os sistemas de classificação que se baseiam nas características dos grãos que constituem os solos têm como objetivo a definição de grupos que apresentam comportamentos semelhantes sob os aspectos de interesse da engenharia civil. O objetivo dessa classificação dos solos, nesse aspecto, é poder estimar o provável comportamento do solo, ou pelo menos, orientar o programa de investigação necessário para permitir a adequada análise de um problema (PINTO, 2006).

No processo erosivo, o comportamento do solo é citado em literaturas como sendo erodibilidade do solo, que define o quão susceptível será à erosão. Tal fator depende intrinsecamente do armazenamento da água, da capacidade de infiltração e das forças resistentes do solo a chuvas e ao escoamento superficial (PRUSKI, 2006 *apud* RODRIGUES, 2009).

Para tal classificação, Pinto (2006) usa a figura a seguir:

Figura 6: Curva de distribuição granulométrica do solo



Fonte: Pinto (2006, p. 21)

As partículas que compõem uma granulometria mais fina, como a argila, são deslocadas e transportadas com facilidade, quando a força de coesão do solo é vencida. O que diferencia o limite de resistência entre um solo granular e um solo argiloso-siltoso, é o tipo de energia a que os mesmos resistem (JESUS, 2013).

O solo argiloso apresenta grande desempenho quanto à plasticidade. Pode ser moldado facilmente, estando suficientemente úmido. Estando seco, é um solo altamente coesivo, apresentando características de resistência ao cisalhamento, formando torrões ou blocos, que resiste a certas pressões. Quanto ao seu tamanho são constituídos de grãos de diâmetro máximo inferior a 0,005 mm. Quanto à textura, as argilas são identificadas quantitativamente pela sua distribuição granulométrica. Podem ser subdivididas em: gordas e magras, quando se trata da plasticidade. E quanto à consistência subdivididos em: muito moles (vazas), moles, médias, rijas e duras (CAPUTO, 1988).

De um modo geral, as argilas apresentam alta retenção de água, drenagem lenta, maior densidade, susceptibilidade a compactação, menos lixiviável, coesão elevada, resistência a erosão, maior consistência plástica (REINERT; REICHERT, 2006).

O solo siltoso é constituído por partículas intermediárias, de diâmetro máximo superior a 0,005 mm e inferior a 0,05 mm, estando compreendido entre a argila e a areia. O silte se caracteriza pela sua coesão, textura e compacidade. Quanto a sua forma, as partículas são arredondadas, poliédricas, forma está também predominante nos pedregulhos e areias (CAPUTO, 1988).

As areias se diferenciam pelo formato de seus grãos. Diferente do que acontece nas argilas, é bem distinta a rugosidade superficial nas areias. A forma como se comporta é diretamente ligada ao formato dos grãos, pois este influenciará nos movimentos e na interação entre os grãos. As partículas de formato angular, possuem uma tendência maior a quebra (PINTO, 2006).

3.3.2. Preparação da amostra

A preparação da amostra foi realizada conforme o item 5.1 da NBR 6457. O material foi trago ao laboratório e por quatro dias foi deixado em descanso, até atingir a umidade higroscópica para a realização dos testes (ABNT, 1986).

Figura 7: Descanso do solo.



Fonte: Próprios autores, (2018).

3.3.3. Análise granulométrica

Para esse ensaio utilizou-se a amostra com secagem prévia, sendo os métodos peneiramento fino e peneiramento grosso, conforme o que especifica a normatização do item 4.4 e 4.5 da NBR 7181 (ABNT, 1984).

Conforme o item 5.1.2 da NBR 6457 foi tomado uma parte da amostra, desmanchado os torrões e passada na peneira de 5,0 mm, desprezando o material retido (ABNT, 1986).

Figura 8: Destorroamento do solo.



Fonte: Próprios autores, (2018).

Da amostra passada, retirou-se 1,0 kg para realização do ensaio, conforme a tabela 3 do item em questão. Esse peso foi anotado como “Mt”. Novamente foi passado o material em uma peneira, mas dessa vez, em uma de malha 2,0 mm, tomando assim o material retido e lavado cuidadosamente em água corrente. Esse material foi transferido para uma capsula metálica, pesado e levado à estufa com temperatura de 105 °C a 110 °C por aproximadamente 24 horas, para realização do peneiramento grosso.

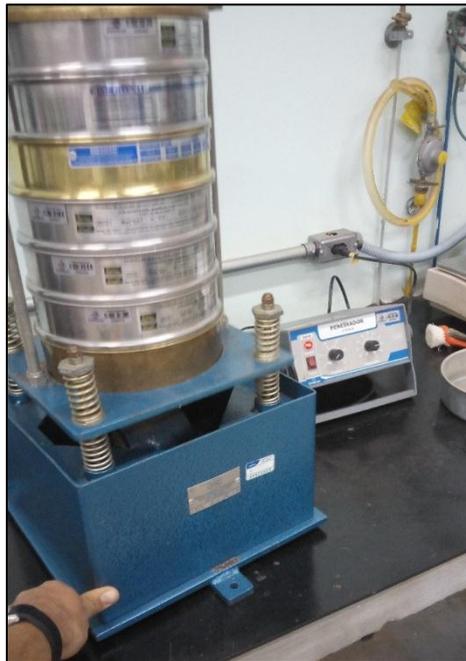
Figura 9: Pesagem do solo para peneiramento grosso.



Fonte: Próprios autores, (2018).

Do material passado, foi separado 100 g em três capsulas metálicas para realizar o teste da umidade higroscópica, sendo esse material pesado e anotado com “U”, e em seguida levado também a estufa, por cerca de 24 horas. Foi tomado 120 g do material passado na peneira de 2,0 mm, pesado e anotado como “Mh”. O restante do material passado foi transferido para uma peneira de 0,075 mm, que segundo Pinto (2006), é a menor peneira com utilização viável para o teste. Em seguida, lavou-se o material retido e depois de pesado, foi anotado como material fino e levado à estufa, por 24 horas.

Após as 24 horas retiraram-se as amostras da estufa. A amostra com solo fino foi levada ao agitador mecânico e passada nas peneiras de malha 1,18 mm, 0,6 mm, 0,425 mm, 0,3 mm, 0,15 mm e 0,075 mm. Foi usada uma frequência de 80 RPM para um tempo de 3 minutos. A quantidade de solo retido em cada peneira compõe os cálculos para obtenção da granulometria, presente no anexo A.

Figura 10: Agitador mecânico.

Fonte: Próprios autores, (2018).

Para o peneiramento grosso, utilizou o material retido na peneira de 2 mm, que quando retirado da estufa, foi pesado e anotado como “Mg”. Esse material foi encaminhado para o agitador mecânico e passado nas peneiras, 9,5 mm e 4,8 mm, visto que diante de uma análise visual, não necessitaria passar em peneiras de malhas maiores, como a de 50 mm, 38 mm, 25 mm e 19 mm. A quantidade retida em cada peneira segue no anexo A, onde está o corpo de cálculos para análise granulométrica. Os cálculos para determinação da umidade higroscópica estão presentes também no anexo A.

3.3.4. Limites de plasticidade

Do solo preparado conforme o item 5.1.1 da NBR 6457 foi pego uma fração do solo e passado na peneira de malha 0,42 mm, separando assim 200 g do material passado. Desse material, pegou-se a metade para a realização desse ensaio (ABNT, 1986).

Logo se transferiu o solo para uma capsula de porcelana, amassando vigorosamente com auxílio da espátula de lâmina flexível e adição de pequenas quantidades de água, para a formação de uma mistura homogênea, compreendendo um tempo de aproximadamente 17 minutos.

Figura 11: Processo da mistura homogênea

Fonte: Próprios autores, (2018).

Como indicado no item 4.2 da NBR 7180, pesou-se 10 g dessa mistura e com a palma da mão, foi modelada sobre a placa de vidro de superfície esmerilhada com intuito de formar um corpo cilíndrico de diâmetro 3,0 mm e comprimento 100 mm. Como a amostra não se quebrou antes de atingir o diâmetro de 3,0 mm, então não houve necessidade de voltá-la a cápsula de porcelana para outra homogeneização (ABNT, 1984).

Figura 12: medição do corpo cilíndrico

Fonte: Próprios autores, (2018).

Ao atingir um corpo cilíndrico sem se fragmentar, conferidas foram às medidas com o gabarito de comparação e transferida a amostra para uma capsula metálica, que pesado o conjunto, anotado como “P1M1”, foi levado à estufa com temperatura 105 °C a 110 °C por aproximadamente 24 horas. O ensaio foi repetido mais duas vezes, de forma a obter três valores de umidade. Os cálculos seguem no anexo A, deste estudo.

3.3.5. Limites de liquidez

Para o início do ensaio, é vital a regulação do aparelho Casagrande. Como descrito no item 3.3 da NBR 6459 esse processo consiste em calibrar a altura de queda do aparelho, deixando uma distância de 1,0 cm entre a concha e a base do aparelho. Nessa calibragem foi usada a extremidade superior do cinzel para medir 1,0 cm. Em seguida, afrouxam-se os parafusos superiores. Feito isso, gira-se a manivela e ao mesmo tempo regulando o parafuso traseiro até que a ponta do excêntrico apenas raspe o suporte da concha sem suspê-la. Para concluir a regulação, apertam-se os parafusos superiores (ABNT, 1984).

Figura 13: Regulagem do aparelho Casagrande.

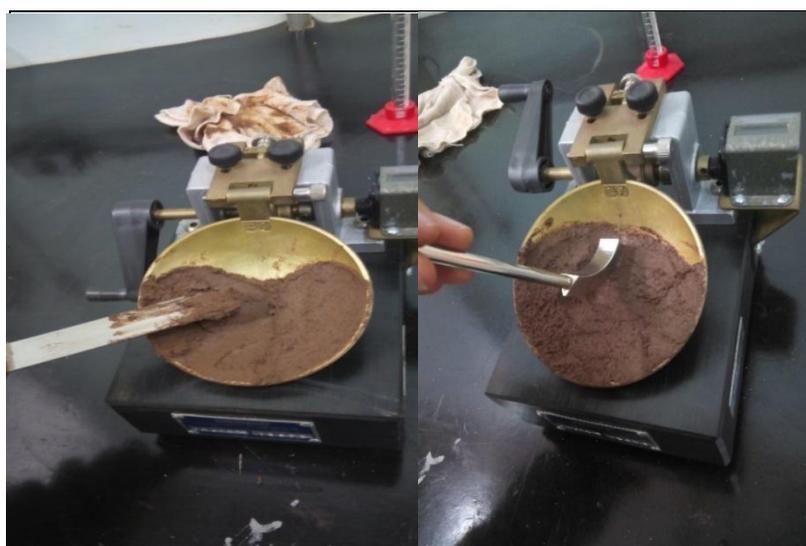


Fonte: Próprios autores (2018).

Foi utilizada a amostra preparada conforme o item 5.1.3 da NBR 6457 (ABNT, 1986).

Transferiu-se metade da amostra para uma cápsula de porcelana, acrescentando água destilada em pequenos incrementos e amassando o solo com o auxílio da espátula de lâmina flexível, até a homogeneização do mesmo, compreendido num intervalo de 15 a 30 minutos. Em seguida, foi transferida parte da amostra para a concha do aparelho, fazendo assim a moldagem da mesma na concha, medindo-se sempre com a ponta do cinzel para que na parte central da concha esteja uma espessura de solo da ordem de 1,0 cm. Logo se fez uma ranhura no solo com a ponta do cinzel, separando assim a mistura em duas partes.

Figura 14: Procedimento na Concha do aparelho



Fonte: Próprios autores, (2018).

Com o acionamento da manivela, à velocidade de duas voltas por segundo, foi registrado um número de 19 batidas da concha contra a base do aparelho para a união das duas bordas inferiores da ranhura, em uma extensão de 1,3 cm aproximadamente. Com auxílio da espátula, retirou-se uma porção de ambos os lados da ranhura que se uniu, e transferido para uma capsula para a pesagem do conjunto.

Figura 15: Retirando as amostras que se uniram



Fonte: Próprios autores, (2018).

Depois de pesada e anotada como “L1M1”, a amostra foi encaminhada para estufa com temperatura variando de 105 °C a 110 °C, permanecendo cerca de 24 horas. DAS (2007) ressalta a complexidade em obter o teor de umidade no solo para atender o fechamento necessário do sulco em 25 golpes. Para isso, necessita-se que sejam realizados ao menos três ensaios com o mesmo solo e teores de umidade diferentes do número de golpes, buscando alcançar o fechamento do sulco com um número de golpes entre 15 e 35. Portanto, foram repetidas as operações para a obtenção de mais quatro valores para o ensaio. No anexo A contém os cálculos desse ensaio.

3.6. IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES

Um processo erosivo pode ter vários fatores condicionantes, sendo eles fatores externos: ambientais e antrópicos e/ou fatores internos, característicos do tipo de solo decorrente do local.

Foi observado em uma das visitas in loco que há o desagua de outro córrego a montante, notasse que está foz está aumentando o fluxo de água do córrego, principalmente em épocas chuvosas, não possuindo dissipadores de energia, conforme a

figura 16. Este aumento no nível d'água do córrego vem causando impactos no talude da encosta do rio, gerando a desagregação, desmoronamentos e o araste de partículas do talude, sendo carregadas para o interior do córrego, como pode ser observado esse fenômeno na figura 20 e 21 no anexo B.

Figura 16: Foz do córrego Góis



Fonte: Próprios autores, (2018).

A cidade de Anápolis vem enfrentando uma sequência de fortes chuvas, o que ocasiona grandes enxurrada. E devido haver uma grande área impermeável ao redor, a drenagem superficial pluvial fica comprometida, já que não há um sistema de escoamento das águas pluviais.

O relevo e suas diversas formas geológicas se tornam um dos grandes agentes de processos erosivos. E neste levantamento verifica-se uma topografia acidentada conforme figura 20 e 21 no anexo B, onde a encosta do rio é o próprio talude do aterro da via, sendo bastante solicitado pelos esforços recorrentes da rodovia urbana. Segundo Silva (2012) “um dos fatores de instabilidade é a gravidade que está associada à inclinação e à altura do talude”.

Os autores ouviram o relato de moradores da região que apontavam a existência de nascentes d'águas conforme a figura 17, que estão situadas no interior da erosão, mostrando assim a proximidade do lençol freático da superfície. No entanto como observado não há nenhum sistema de drenagem para o escoamento das águas subterrâneas, o que evitaria o carregamento das partículas de solo e a perda das características de compactação do subleito. E conforme Gerscovich (2012) a movimentação hidráulica em um solo limita a capacidade dos grãos a resistir a esforços de cisalhamento.

Figura 17: Mina d'água nas proximidades da erosão



Fonte: Próprios autores, (2018).

Sabe-se que perante a legislação, conforme a Lei Federal N° 12.651/12, as áreas de nascentes, as margens dos rios e encostas com declividade superior a 45% entre outros devem ser protegidas por APP – Área de Preservação Permanente, que deve ser constituído de vegetação nativa ou então reflorestamento (BRASIL, 2012b).

Verificou-se no local a presença de vegetação, mais a mesma não atende em sua totalidade a legislação, uma vez que está estabelece critérios a áreas com menor estabilidade. A área que corresponde à mata ciliar não apresenta a metragem adequada, pois a pavimentação está localizada a 26 m do curso do córrego e tão pouca a quantidade de árvores, que em alguns casos é representada por uma vegetação rarefeita ou rasteira. Fator este que contribui para uma área cada vez menos estável e após grandes chuvas o local apresenta grande carreamento do solo.

3.7. MEDIDAS DE CORREÇÃO

Talude define-se como qualquer superfície inclinada que delimita um solo, podendo ser artificial, como os taludes de aterros e cortes ou naturais, como as encostas. Se não houver estabilidade desse maciço, pode ocorrer o que o autor Silva (2012)

denomina “movimentação de vertentes”, podendo ter vários fatores condicionantes, como: topografia, clima, vegetação, tipo de solo, geomorfologia, movimentação hidráulica entre outros, que podem ocorrer de forma isolada ou combinadamente.

De acordo com Gerscovich (2012), um talude pode tornar-se instável quando as tensões cisalhantes mobilizadas na massa de solo ou rocha atingem a resistência ao cisalhamento do material, podem ser atingidas por agentes externos, ação do homem, ou internos, alteração da resistência por intemperismo, por exemplo.

A estabilidade de um talude pode ser alcançada de duas formas, diminuindo as forças instabilizadoras ou aumentando as forças estabilizadoras. As técnicas utilizadas neste tipo de instabilidade podem ser classificadas em categorias, como: medida de proteção, correção e reforço (SILVA, 2012).

O talude pode ser reperfilado como medida de correção, que seria a alteração da geometria do maciço, de maneira a eliminar as superfícies que contém fissuras e regiões instáveis, a fim de convertê-lo para um perfil mais estável. Técnica está geralmente utilizada com obras de drenagem, evitando assim que ocorram quadros de instabilidades posteriores, devido ao escoamento superficial e profundo.

Entende-se que medida de reforço são meios alternativos, como exemplo as estruturas de contenção (muro de arrimo), que reforçam um determinado talude para oferecer resistência à movimentação do maciço, para que este possa resistir aos esforços solicitantes. O autor Moliterno (1994) classifica os muros de arrimo em: concreto armado ou por gravidade.

Quando as águas do lençol freático passam a ser um problema na instalação de uma obra, é preciso definir meios que as contenham. Pode ser feito o isolamento das águas por meio de paredes ou cortinas e/ou fazer a drenagem por meio de sistema de rebaixamento.

O rebaixamento objetiva melhorar as condições de estabilidade de taludes, interceptando a percolação do lençol, reduzindo a umidade, mantendo a densidade e as características de compactação do solo.

Os principais métodos de drenagem para rodovias de acordo com a Universidade Federal do Paraná (2007) são: dreno profundo, dreno em “espinha-de-peixe”, colchão drenante, drenos sub-horizontais e dreno a céu aberto.

Segundo Brasil (2006) os drenos são:

Dreno profundo pode ser constituído por: vala, materiais drenante e filtrante. Usualmente são instalados em profundidades de 1,50 a 2,00 m, a fim de impedir que atinja o subleito.

Dreno tipo espinha-de-peixe, geralmente é de pequena profundidade e podem ser com tubos ou sem. São utilizados para drenar grandes áreas, pavimentadas ou não, normalmente em série, em sentido oblíquo com relação ao eixo longitudinal da rodovia, ou a área a ser drenada.

O colchão drenante tem como finalidade drenar águas situadas à pequenas profundidades, suportando volumes superiores às do dreno "espinha de peixe". A remoção das águas coletadas por este tipo de dreno deve ser realizada com o auxílio de drenos longitudinais.

Drenos sub-horizontais são comumente usados para corrigir e prevenir escorregamentos que foram causados por instabilidade e elevação do lençol freático ou do nível piezométrico de lençóis confinados.

Drenos a céu aberto são canais ligados em um dos lados ao acostamento e do outro pelo próprio talude do corte, sendo chamado de falso-aterro. Nas regiões planas, pode exercer duas finalidades: dreno profundo ou sarjeta.

Dreno vertical é constituído de camadas verticais com material drenante e filtrante. A água filtrada passa por uma tubulação situada na parte inferior, sendo encaminhada para um ponto de saída pré-definido.

O manual de drenagem de rodovias do DNIT define, caracteriza e demonstra os dimensionamentos dos diferentes tipos de drenagens de uma rodovia. Entre elas está a drenagem superficial, que tem como objetivo interceptar e captar, conduzindo ao escoamento seguro e a um local adequado, as águas de precipitação sobre o pavimento e as provenientes de suas áreas adjacentes, a fim de manter a via segura e estável. Abaixo são citados dispositivos de sistema de drenagem superficial usuais: valetas de proteção de aterros, valetas de proteção de corte, sarjetas de aterros, sarjetas de corte, sarjeta de canteiro central, descidas d'água, saídas d'água, caixas coletoras, bueiros de greide, dissipadores de energia, escalonamento de taludes e corta-rios (BRASIL, 2006).

O referido estudo se trata de um escoamento superficial que ocorre em uma rodovia urbana sem canteiro central, onde há apenas o aterro e sem dispositivos de drenagem.

O objetivo das valetas de proteção de aterros são interceptar as águas que escoam pela via a montante, não permitindo atingir o pé do talude de aterro. Além disso, têm a finalidade de receber as águas das sarjetas.

A sarjeta de aterro tem como objetivo captar as águas provenientes das chuvas sobre a plataforma estradal, impedindo que surjam erosões no talude do aterro e/ou na borda do acostamento, conduzindo-as ao local de deságue seguro.

Para escoar as águas provenientes de outros elementos de drenagem utilizam-se as descidas d'água que tem como objetivo aliviar as sarjetas quando elas atingem seu comprimento crítico, e também nos pontos baixos.

A energia do fluxo d'água pode ser diminuída com a utilização de dispositivos dissipadores de energia, reduzindo assim a velocidade do fluxo, podendo ser no escoamento por meio do dispositivo de drenagem como, no deságue para o terreno natural, evitando assim o fenômeno erosivo. Um exemplo é o dissipador contínuo que tem a finalidade de diminuir continuamente a velocidade da água ao longo de seu percurso, situando-se geralmente nas descidas d'água ao longo do aterro, podendo ser em degraus ou cascatas.

Quando a velocidade do escoamento superficial do talude atinge limites superior ao que o material do talude suporta, recomenda-se fazer o escalonamento do talude. As plataformas são providas de elementos de drenagem, para realizar a captação das águas e conceder o deságue seguro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante o teste de composição granulométrica feito em laboratório, conforme descrito no item 3.4.3 deste trabalho, foi encontrado através dos cálculos presentes no anexo A e a tabela do item 3.4.1 um solo compreendido num intervalo de 28,9% de areia fina, 41,67% de areia média e 29,19% de areia grossa. O solo arenoso possui uma elevada porosidade, particularidade essa que permite a permeabilidade de uma forma facilitada no solo, aumentando assim a sua perda de resistência. Vale destacar também que o formato dos grãos de areia diz muito sobre seu comportamento mecânico, visto que isso determina a forma como vão se encaixar e deslizar entre si, frente à solicitação de forças externas. Com base nesses fatores, a pesquisa confirma que o solo arenoso é bastante susceptível a erosão.

Em uma mudança de estado físico de um solo, há teores de umidade que indicam o limite de tal mudança. Esses limites bases se classificam em limites de consistência. O maciço que passa do estado semi-sólido para o estado plástico apresenta um extremo de transição classificado como limite de plasticidade. Já o solo que sofre mudança do estado plástico para o estado líquida tem em sua transição um separador de estado chamado limite de liquidez. O índice de plasticidade de um solo se dá pela subtração do limite de liquidez pelo limite de plasticidade. Esse resultado indicará o índice de trabalhabilidade desse solo.

Conforme os ensaios realizados descritos no item 3.4.4 e 3.4.5, e cálculos presentes no anexo A desse trabalho, o solo analisado apresenta um limite de plasticidade de 17,8%, e limite de liquidez de 40%. Logo, o índice de plasticidade encontrado para esse solo corresponde a 22,2%.

De acordo com as deficiências do caso apresentado as melhores alternativas para mitigação do processo erosivo são a implantação de dispositivos de drenagem das águas precipitadas que segundo o manual de drenagem do DNIT, os mais apropriados a este caso são sarjetas e descidas d'águas com dissipadores contínuos de energia, em forma de degraus (BRASIL, 2006). Estes elementos seriam os mais apropriados visando solucionar um problema pontual do escoamento, devido à inclinação da via que em suas duas direções à declividade são crescentes, sendo a erosão o ponto mais baixo. Desta maneira, não sendo viável a instalação de uma rede de galeria e bocas de lobos, por não se tratar de uma via coletora, onde receberia grandes fluxos d'águas.

Por se tratar de um local onde o lençol freático está a pouca profundidade e apresenta afloramentos d'águas, tem gerado saturação do solo e diminuindo assim a capacidade de percolação da água, gerando um maior escoamento superficial e arraste de partículas. Conforme a situação levantada acima, a utilização do dreno profundo é o dispositivo que melhor se adequa, pois seria instalado sob o acostamento e na lateral do talude. Este sendo constituída por uma vala longitudinal a via, preenchida com material drenagem que conduziria as águas ao tubo com perfurações. A vala também pode ser constituída por uma camada de material filtrante, que impediria a passagem de finos na tubulação. Estas instalações estarão localizadas abaixo do lençol freático, a fim de fazer a sua condução por meio do rebaixamento do lençol.

Quanto a obter a estabilidade do talude, o muro de arrimo por gravidade tipo gabião, é uma técnica de fácil implantação e baixo custo com relação aos demais tipos de contenção, como é o caso de muros de arrimo de concreto armado ou de concreto ciclópico. A contenção tipo gabião, é bastante usual em rodovias, pois a sua estrutura permite drenagem. Visto que há uma distância de cerca de 26 m do talude ao córrego, distância esta, mais que suficiente para se instalar uma estrutura do tipo gabião de perfil trapezoidal ou escalonado, com uma base inferior mais alargada em relação a sua base superior.

Segundo Gerscovich (2012) na maioria dos casos a cobertura vegetal apresenta efeitos benéficos quanto à proteção do solo a diversos efeitos climáticos e suas raízes podem dar reforços ao solo, desta maneira sugere-se a combinação da utilização do gabião com a cobertura vegetal, na superfície do talude.

Como foi observado que a vegetação presente na área de estudo, não atende a legislação é indicado um reflorestamento que compreenda toda a extensão do córrego e nascentes, uma vez que não passa de uma obrigação prevista na Lei Federal N° 12.651/12, e possivelmente ajudaria a evitar novos processos erosivos. Conforme a lei referida estabelece para este caso 30 m de mata ciliar, a mesma pode ser composta de espécies exóticas desde que no mínimo 50% seja de vegetação nativa (BRASIL, 2012b).

Na figura 16, observa-se um pequeno fluxo d'água desaguando no córrego, já em períodos chuvosos, este fluxo é aumentado, possuindo assim grandes cargas de energia no fluxo d'água, prejudicando a encosta do córrego, que está desprotegida. Sendo assim, faz-se necessário a implantação de dispositivos dissipadores de energia que aliviaria a carga do fluxo d'água, diminuindo assim, a velocidade com que esse

deságue ocorreria. Esse dispositivo pode ser construído em forma de degraus ou de cascatas até atingir o córrego.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos resultados obtidos em laboratório e pesquisas em literaturas, é possível classificar o solo analisado como sendo do tipo arenoso, classificação essa que o aponta como sendo bastante erosivo, pois o mesmo percola grande quantidade de líquido, o que resulta uma baixa resistência à permeabilidade e baixa resistência ao cisalhamento, sendo assim um solo não coesivo.

O ensaio de limite de consistência permite identificar tal permeabilidade, pois o solo apresenta baixa trabalhabilidade quando encharcado, que por visitas ao local de estudo de caso, consta a situação atual da erosão analisada. A classificação do solo adiciona à lista de fatores condicionantes da erosão analisada.

A proposta para a mitigação do processo erosivo será a implantação medidas conjuntas, por se tratar de mais de um fator que o propicia. Sendo assim, de acordo com Brasil (2006), pode-se fazer a implantação de dispositivos de drenagem das águas precipitadas, como sarjetas, descidas d'águas com dissipadores contínuos, tipo degraus, que amortizará o deságue; realizar o escoamento das águas do lençol freático, por meio de drenos profundos, onde protegerá o subleito do pavimento. E para amenizar o fluxo d'água proveniente do desague do córrego afluente, implantando dissipadores de energia, tipo cascata.

Conforme a Gerscovich (2012) e Moliterno (1994) a construção de um muro de arrimo por gravidade, tipo gabião, onde será possível a drenagem das águas, através da estrutura; associar a estrutura de contenção com o revestimento do talude com a vegetação adequada, e adequar a área de preservação permanente do córrego, com o reflorestamento de espécies apropriadas, conforme a legislação ambiental 12.651/12.

ANEXO A

LIMITE DE LIQUIDEZ

$$h = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} * 100$$

h = teor de umidade, em % (porcentagem)

M1 = massa do sólido úmido, em gramas

M2 = massa do solo seco, em gramas

M3 = massa do recipiente (cápsula metálica), em gramas.

- Teste 1

35 golpes

$$h = \frac{20,4 - 17,48}{17,48 - 9,5} * 100$$

h = 36,59%

- Teste 2

34 golpes

$$h = \frac{21,1 - 18,01}{18,01 - 9,9} * 100$$

h = 38,10%

- Teste 3

21 golpes

$$h = \frac{19,7 - 16,91}{16,91 - 10,4} * 100$$

h = 42,86%

- Teste 4

18 golpes

$$h = \frac{18,4 - 15,65}{15,65 - 9,4} * 100$$

$$h = 44,00\%$$

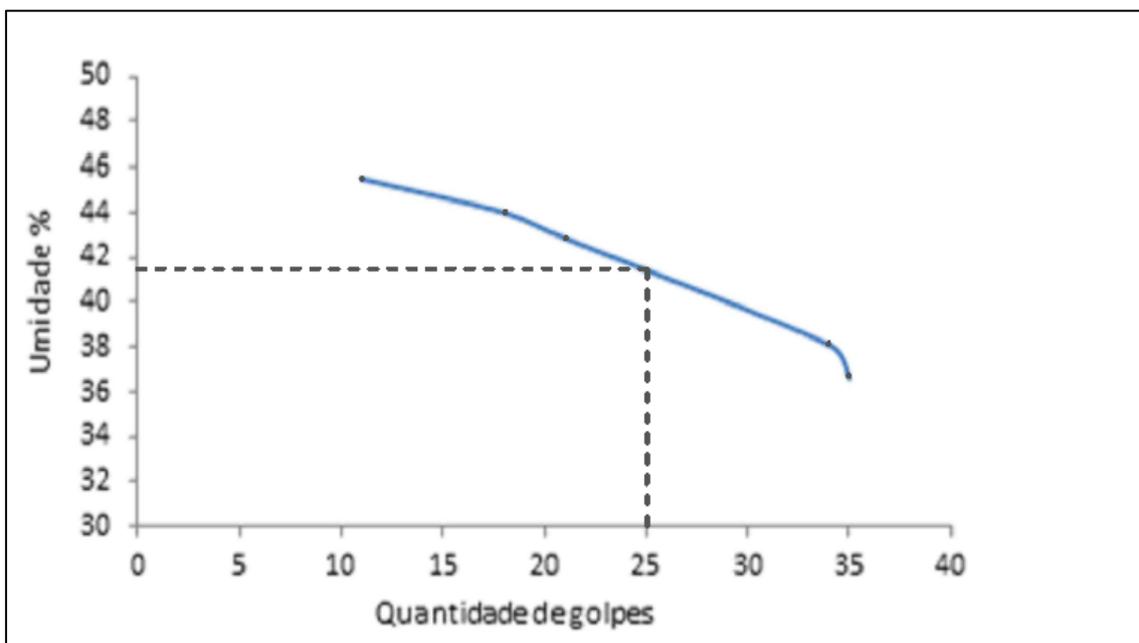
- Teste 5

11 golpes

$$h = \frac{19,4 - 16,46}{16,46 - 10} * 100$$

$$h = 45,51\%$$

Figura 18: Limite de liquidez da amostra de solo



Fonte: Próprios autores (2018)

Para 25 golpes

$$X = 41,50\%$$

LIMITE DE PLASTICIDADE

- Teste 1

$$h = \frac{11,3 - 10,71}{10,71 - 9,9} * 100$$

$$h = 72,84\%$$

- Teste 2

$$h = \frac{11,4 - 11,07}{11,07 - 9,5} * 100$$

$$h = 21,01\%$$

- Teste 3

$$h = \frac{10,8 - 10,59}{10,59 - 9,4} * 100$$

$$h = 17,68\%$$

- Teste 4

$$h = \frac{11 - 10,82}{10,82 - 9,6} * 100$$

$$h = 14,75\%$$

Média Aritmética

$$h = \frac{21,01 + 17,68 + 14,75}{3}$$

$$h = 17,81\%$$

Índice de Plasticidade

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 40 - 17,81$$

$$IP = 22,2\%$$

IP = índice de plasticidade

LL = limite de liquidez

LP = limite de plasticidade.

GRANULOMETRIA

$$M_s = \frac{M_t - M_g}{100 + h} * 100 + M_g$$

M_s = massa total da amostra seca

M_t = massa total da amostra seca ao ar

M_g = massa do material seco retido na peneira de 2,0 mm

h = umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,0 mm.

$$Q_g = \frac{M_s - M_i}{M_s} * 100$$

Q_g = porcentagem de material em cada peneira

M_s = massa total da amostra seca

M_i = massa do material retido acumulado em cada peneira.

▪ Teste 1

$$M_s = \frac{880 - 247,6}{100 + 6,4922} * 100 + 247,6$$

$M_s = 841,45$ gramas

$$Q_g = \frac{841,45 - 247,6}{841,45} * 100$$

$Q_g = 70,575\%$

$$Qf = \frac{(Mh * 100) - Mi * (100 + h)}{Mh * 100} * N$$

1,18 mm

$$Qf = \frac{(412,5 * 100) - 102,5 * (100 + 6,4922)}{412,5 * 100} * 70,575$$

$$Qf = 51,9\%$$

0,6 mm

$$Qf = \frac{(412,5 * 100) - 189,1 * (100 + 6,4922)}{412,5 * 100} * 70,575$$

$$Qf = 36,12\%$$

0,425 mm

$$Qf = \frac{(412,5 * 100) - 220,9 * (100 + 6,4922)}{412,5 * 100} * 70,575$$

$$Qf = 30,33\%$$

0,3 mm

$$Qf = \frac{(412,5 * 100) - 283,1 * (100 + 6,4922)}{412,5 * 100} * 70,575$$

$$Qf = 18,99\%$$

0,15 mm

$$Qf = \frac{(412,5 * 100) - 355,9 * (100 + 6,4922)}{412,5 * 100} * 70,575$$

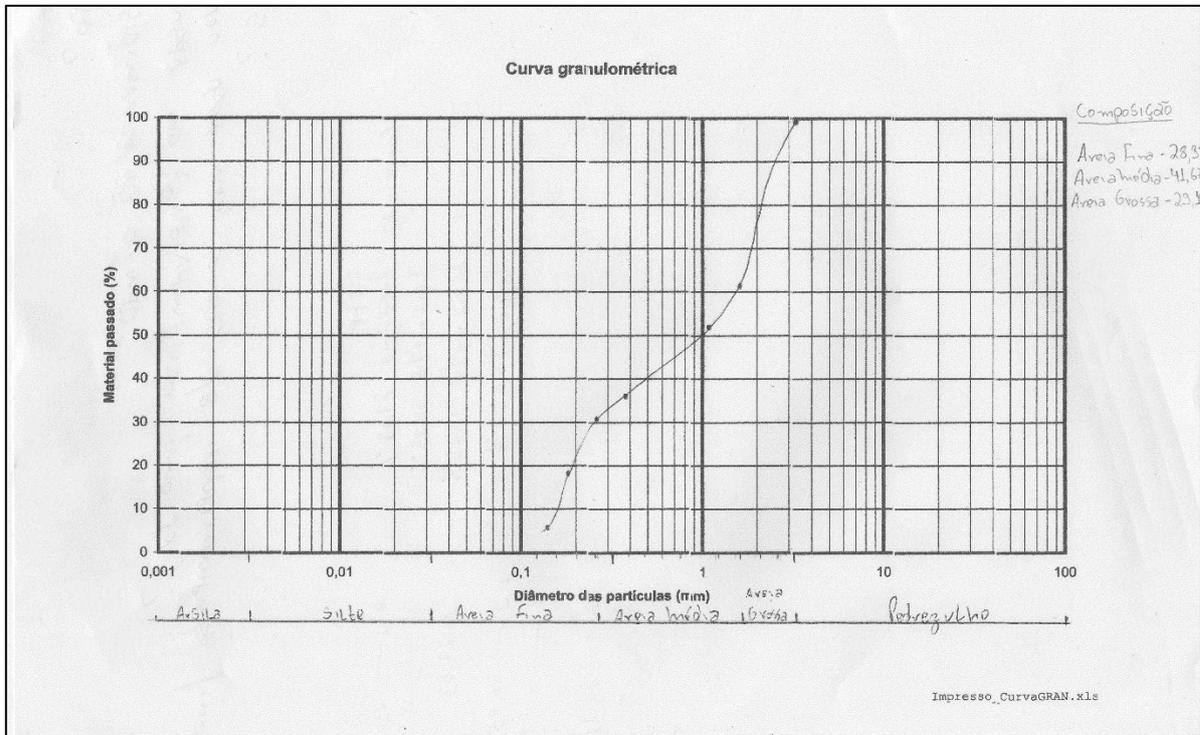
$$Qf = 5,73\%$$

0,075 mm

$$Qf = \frac{(412,5 * 100) - 400,9 * (100 + 6,4922)}{412,5 * 100} * 70,575$$

$$Q_f = -2,47\%$$

Figura 19: Curva granulométrica da amostra de solo



Fonte: Próprios autores, (2018).

ANEXO B

Desmoronamento da encosta do córrego onde representa a continuidade da erosão de estudo, no qual está situada cerca de 40 m de distância.

Verifica-se nas figuras, instabilidade do talude, devida a inclinação acentuada e a proximidade do córrego, onde a variação do fluxo d'água tem causado o desgaste da base da encosta.

Figura 20 representa o primeiro desmoronamento registrado pelos autores, em uma das visitas in loco, realizada no dia 09 de abril de 2018. Já a figura 21 registra o segundo desmoronamento, onde foi feito o registro in loco no dia 16 de abril de 2018.

Figura 20: Primeiro desmoronamento da encosta do córrego Góis



Fonte: Próprios autores, (2018).

Figura 21: Segundo desmoronamento da encosta do córrego Góis



Fonte: Próprios autores, (2018).

REFERÊNCIAS

ABDON, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico: erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária.** 2004. 297 p. Tese (Doutorado em Ciência da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-09062016-091734/pt-br.php>>. Acesso em: 09 out. 2017.

ABNT. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.** Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

ABNT. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade.** Rio de Janeiro, 1984. 3 p.

ABNT. **NBR 7181: Solo – Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

ABNT. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez.** Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil (1988). **Título VIII - Da Ordem Social, Capítulo VI - Do Meio Ambiente, Art. 225.** Brasília: Edições Câmara, 2012a. 454 p. Disponível em: <https://www.senado.gov.br/atividade/const/con1988/CON1988_05.10.1988/art_22_.asp>. Acesso em: 23 nov. 2017

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, DF. 2012b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 03 abr. 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de drenagem de Rodovias-** 2. ed. - Rio de Janeiro, 2006.

BRITO, A. O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal.** 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10876/1/2012_AnnanerydeOliveiraBrito.pdf>. Acesso em: 29 set. 2017.

CARVALHO, J. C. et al. (Org.). **Processos erosivos no Centro-oeste brasileiro.** Brasília: Finatec, 2006. 464 p.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1988. 234 p.

DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica.** Tradução da 6ª edição norte-americana. Boston: Cengage Learning, 2007. 562 p.

GERSCOVISCH, D. M. S. **Estabilidade de taludes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 166 p.

GIANGIULIO, A. R. **Gestão ambiental aplicada a prevenção, controle e recuperação de erosão linear acelerada no município de Ipeúna-SP.** 2009. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental)- Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009. Disponível em: <http://200.145.6.238/bitstream/handle/11449/119245/giangiulio_ar_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 nov. 2017.

JESUS, A. S. **Investigação multidisciplinar de processos erosivos lineares: estudo de caso da cidade de Anápolis - GO.** 2013. 340 p. Tese (Doutorado em Geotecnia)- Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/15086?mode=full>>. Acesso em: 03 out. 2017.

JESUS, A. S. **Processos erosivos em área urbana e as implicações na qualidade de vida.** Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 1-17, jan. 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/46239/22762>>. Acesso em: 03 out. 2017.

MAGALHÃES, R. A. **Erosão: definições, tipos e formas de controle.** In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, VII, 2001, Goiânia. Anais dos trabalhos completos. ABGE. Disponível em: <www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposioerosao/textos/T084.rtf>. Acesso em: 05 out. 2017.

MIRANDA, J. G. **Mapeamento geotécnico e estudo da susceptibilidade a erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala: 1:100.000.** 2005. 249 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-21062006-162918/pt-br.php>>. Acesso em: 29 set. 2017.

MOLITERNO, A. **Caderno de muros de arrimo.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 1994. 194 p.

MORTARI, D. **Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Distrito Federal.** 1994. 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil)- Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://geotecnia.unb.br/result_geral.php?id_aluno=921>. Acesso em: 26 set. 2017.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos.** São Paulo: Oficina de Textos. 2006. 363 p.

REINERT, D. J.; REICHERT J. M. **Propriedades físicas do solo.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais, Santa Maria. 2006. 18 p. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2018.

RODRIGUES, B. N. **Estudo de erosão hídrica.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Campo Grande. 2009. 48 p. Disponível em: <http://cpan.sites.ufms.br/wp-content/blogs.dir/63/files/2012/12/TCC_Bruno-Nespoli.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2018.

SANTOS, E. R.; CARNEIRO, V. A. **Levantamento de definições sobre o processo erosivo linear a partir do acervo bibliográfico das bibliotecas da Universidade Estadual de Goiás (UEG) em Anápolis – GO.** Revista Mirante, Anápolis, v. 7, n. 1, p. 51-73, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.revista.ueg.br/index.php/mirante/article/view/2744/1738>>. Acesso em: 30 out. 2017.

SILVA, M. G. S. et al. **Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia.** Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 38-48, maio. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/17991>>. Disponível em: 11 set. 2017.

SILVA, R. A. F. **Aplicação da Engenharia Natural na Estabilização de Taludes.** 2012. 127 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Universidade da Madeira, Funchal, Portugal. Disponível em: <<https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/535/1/MestradoRubenSilva.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Setor de Tecnologia Departamento de Transportes. **Dispositivos de drenagem para obras rodoviárias.** Curitiba, 2007. 41 p. Disponível em: <<http://www.dtt.ufpr.br/TransportesA/Arquivos/ApostilaDrenagem-2008.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

WALDT, P. G. S. **Construção de terraços para controle de erosão pluvial no Estado do Acre.** Rio Branco, Embrapa Acre, 2003. 44 p. Documento 85.