

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO JOSÉ DOS SANTOS

**Estudo de Processos Erosivos Superficiais em Taludes do Canal do Sertão
nas Proximidades do Distrito Alto dos Coelhos Município de Água Branca -
Al**

Delmiro Gouveia-AL
2017

FRANCISCO JOSÉ DOS SANTOS

**Estudo de Processos Erosivos Superficiais em Taludes do Canal do Sertão
nas Proximidades do Distrito Alto dos Coelhos Município de Água Branca –
AL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia civil da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *campus* Sertão como pré-requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia civil.

Orientadora: Prof.^a DSc. Rafaela Faciola Coelho de Souza Ferreira.

Delmiro Gouveia-AL
2017

S237e Santos, Francisco José dos

Estudo de processos erosivos superficiais em taludes do canal do sertão nas proximidades do Distrito Alto dos Coelhos Município de Água Branca – Al / Francisco José dos Santos. – 2017.

104 f. : il.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2017.

Orientação: Profa. Dra. Rafaela Faciola Coelho de Souza Ferreira.

1. Erosão. 2. Taludes. 3. Canal do Sertão. I. Título.

CDU 627.18

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Campus Sertão/

UFAL – Delmiro Gouveia

Folha de Aprovação

AUTOR: FRANCISCO JOSÉ DOS SANTOS

Estudo de Processos Erosivos Superficiais em Taludes do Canal do Sertão nas Proximidades do Distrito Alto dos Coelhos Município de Água Branca – Al

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão, em 29 de novembro de 2017.

Rafaela Faciola Coelho de Souza Ferreira

(Profª. DSc. Rafaela Faciola Coelho de Souza Ferreira, (UFAL/AL) (Orientadora)

Banca Examinadora:

Antonio Netto

(Prof. DSc. Antônio Pedro de Oliveira Netto, UFAL/AL) (Examinador Interno)

Flávia Jorge de Lima

(Profª. DSc. Flávia Jorge de Lima, UFAL/AL) (Examinadora Externa)

Dedico esse trabalho a meus pais (Luzinete e José Alberto), irmãos,
avós e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus (jeová) por sempre me dar saúde, coragem e animo para realizar minhas atividades durante todo o curso com sucesso.

A minha orientadora e professora Rafaela Faciola por me apoiar durante o desenvolvimento desse trabalho com suas orientações e ao longo do curso com seus ensinamentos.

A minha família por sempre me incentivar, em especial minha mãe e minhas avós Carmelita e Maria de Lourdes.

Aos meus queridos avôs, já falecidos (Genésio e José Gomes) por servirem de exemplo na formação do meu caráter, pessoas de caráter límpido e amável.

A todos os professores da UFAL campus sertão pelo compartilhamento de ideias e conhecimento, necessários à minha formação enquanto engenheiro civil.

A todos os meus colegas de turma pela caminhada construída ao longo do curso.

A meu primo Cristóvão por me auxiliar nos trabalhos de campo.

Aos amigos do distrito do Alto dos Coelhos pelo apoio e estima.

Ao distrito do Alto dos Coelhos, por comportar as condições necessárias ao desenvolvimento deste estudo.

RESUMO

O presente trabalho realizado refere-se ao estudo dos processos erosivos superficiais e formações de ravinas em taludes do canal do sertão, evidenciando a necessidade de uma forma construtiva de reparação para a proteger os taludes e controlar o carreamento das partículas do solo. O desenvolvimento dos processos erosivos nas superfícies dos taludes aumenta o comprimento de rampa conferindo uma alta energia hidráulica as águas pluviais devido as condições conferidas pela a ação da força da gravidade. A água quando desce carrega consigo as diversas partículas do solo que tem características arenosas com grande variação granulométrica, deixando aspectos desagradáveis visualmente, além de reduzir a resistência do talude ao cisalhamento. A superfície do talude fica desprotegida e condicionada aos avanços de processos erosivos, como o aparecimento de sulcos e ravinas que podem evoluir para formas erosivas mais graves. Segunda a norma (NBR 11682/1991) estabilidade de taludes, deve-se dar preferência a cobertura vegetal natural existente no próprio local da obra para garantir a proteção dos taludes, mas observações de campo feitas e constantes nesse trabalho sugere que a cobertura vegetal não foi suficiente para evitar os deslizamentos de terra, principalmente em pontos de elevado comprimento de rampa e elevadas inclinações isso foi notado em diversos pontos ao longo do canal no distrito Alto dos Coelhos. Devido as características de clima da região e as raras vegetações típicas do sertão a vegetação não se desenvolve rapidamente em épocas de secas, o que deixa essas arvores com pouca distribuição radicular de suas raízes, quase nenhuma folhagem e pouca estabilidade. Nos períodos chuvosos de dezembro de 2015 para janeiro de 2016 ocorreram chuvas de alta intensidade e as superfícies dos taludes deram seus primeiros sinais de degradação. A água proveniente da chuva encontra uma superfície propícia para carrear o material e conseqüentemente contribuir para a formação de sulcos e ravinas. Em alguns pontos de elevada inclinação do talude nota-se que houve o deslizamento de solo em conjunto com a vegetação. O trabalho desenvolveu-se com o intuito de avaliar a evolução desses processos ao longo de 4 meses compreendendo o período chuvoso de inverno (saturação), sendo de junho a setembro de 2016. Realizou-se um acompanhamento de 4 ravinas e 2 laterais de análise, sendo uma esquerda e outra direita. As ravinas ficaram centralizadas em relação as laterais no sentido longitudinal ao canal do sertão. Foram acompanhadas as quatro ravinas e as duas laterais. Os valores de largura, profundidade, extensão e temperatura foram obtidos para as ravinas centrais. Nas laterais, foram realizados testes laboratoriais sobre o teor de umidade e o pH. Foi realizado ainda, uma análise de impactos ambientais com uso de matriz de riscos e redes de interações.

Palavras-chave: Fator de erosividade, proteção de taludes e deslizamentos

ABSTRACT

The present work refers to the study of the surface erosive processes and ravine formations in slopes of the sertão canal, evidencing the need of a constructive way of repair to protect the slopes and to control the loss soil particles. The development of erosive processes on slope surfaces increases ramp length by imparting high hydraulic energy to rainwater due to the conditions conferred by the action of the force of gravity. The water when it descends carries with it the different soil particles that have sandy characteristics with great granulometric variation, leaving visually unpleasant aspects, besides reducing the resistance of the slope to the shear. The surface of the slope is unprotected and conditioned to the progress of erosive processes, such as the appearance of furrows and ravines that can evolve to more severe erosive forms. According to the standard (NBR 11682/1991) slope stability, natural vegetation cover should be preferred on the site to ensure the protection of slopes, but field observations made in this work suggest that it was not sufficient to prevent landslides, especially at points of high ramp length and high slopes this was noted at several points along the channel in the Alto dos Coelhos-AL district. Due to the climatic characteristics of the region and the rare vegetation typical of the hinterland vegetation does not develop rapidly in dry seasons, which leaves these trees with little root distribution of their roots, almost in the foliage and little stability. During rainy periods from December 2015 to January 2016, high intensity rains occurred and the slope surfaces gave their first signs of degradation. The water from the rain finds a surface propitious to carry the material and consequently contribute to the formation of furrows and ravines. In some points of high slope of the slope it is noticed that there was the slip of soil together with the vegetation. The work was carried out with the purpose of evaluating the evolution of these processes over a period of 4 months, including the winter rainy season (saturation), from June to September 2016. Four ravines and two lateral ravines were analyzed. The ravines were centralized in relation to the lateral ones in the longitudinal direction of the sertão channel. The values of width, depth, extension and temperature were obtained for the central ravines. On the sides, laboratory tests were performed on the moisture content and the pH. An environmental impact analysis was carried out using a risk matrix and interaction networks.

Keywords: Erosivity factor, slope protection and landslides

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Horizonte de solo maduro. Fonte: Adaptado de WICANDER; MONROE, 2011. ..	17
Figura 2: Erosão Laminar. Fonte: MIGUEL, 2014.	20
Figura 3: Erosão linear em sulcos. Fonte: O AUTOR.....	21
Figura 4: Ravinamentos em taludes. Fonte: MADRUGA et. al., 2010.....	21
Figura 5: Voçoroca em zona rural. Fonte: IPT, 2015.....	22
Figura 6: Morfologia de sulcos ou ravinas e boçorocas. Fonte: TEIXEIRA et al, 2009, p. 201.	23
Figura 7: Erosão hídrica causando Deslizamento de terra em Salvador- BA. Fonte: DESCONVERSA, 2016	24
Figura 8: Desagregação e transporte de massa em superfície inclinada. Fonte: O AUTOR....	25
Figura 9: Taxa de infiltração em vários tipos de solos. Fonte WITHER; VIPOND, 1974, apud GUERRA; CUNHA, 2012, p.167	27
Figura 10: Problemas por infiltração em taludes de aterros no canal da transposição. Fonte: PETROLINA NEWS, 2016.....	31
Figura 11: Alteração no comprimento de rampa. Fonte: O AUTOR	32
Figura 12: Concreto Projetado em taludes Canal do Sertão. Fonte: O AUTOR.	33
Figura 13: Aplicação de Biomantas em conjunto com a Hidrossemeadura. Fonte: INFRAESTRUTURA URBANA, 2011.....	34
Figura 14: Em (a) Geocomposto com solo grampeado. Em (b) interação de enraizamento com a manta. Fonte: SOBRAL et.al. 2011	35
Figura 15: Execução de hidrossemeadura. Fonte: EPROMAM, 2010.....	36
Figura 16: Estrutura das Redes de Interação. Adaptado de VIANNA, 2015.....	38
Figura 17: Estação de tratamento de Água da Casal (ETA). Fonte: O AUTOR.....	40
Figura 18: Seção genérica do canal do sertão em aterro com bermas laterais. Fonte: O AUTOR	41
Figura 19: Formação de rochas próximos a superfície. Fonte: O AUTOR.....	42
Figura 20: Ação antrópica de engenharia no distrito Alto dos Coelhos. Fonte: MODIFICADO DO GOOGLE EARTH.....	44
Figura 21: Paisagem antes da construção do canal. Fonte: O AUTOR.....	45
Figura 22: Paisagem antes da construção do canal. Fonte: O AUTOR.....	45
Figura 23: Ponto de extração de material para os taludes do canal do sertão. Fonte: AUTOR.	46
Figura 24: Mapa de localização do distrito Alto dos Coelhos. Fonte: O AUTOR.....	47
Figura 25: Localização do Distrito Alto dos Coelhos. Fonte: IBGE, 2010.....	48
Figura 26: Mapa de Solos de Água Branca -AL. Fonte: Modificado de PARAHYBA et. al. 2007	49
Figura 27: Perfil de solo próximo a uma jazida de material. Fonte: O AUTOR.....	51
Figura 28: Vista do canal do sertão margeando o distrito Alto dos Coelhos, ponto de referência serra do Caraunã alt. 596 m. Fonte: O AUTOR	52
Figura 29: Criação suprimindo a vegetação do talude. Fonte: O AUTOR	53
Figura 30: Abertura de valas na crista do talude. Fonte: O AUTOR	53
Figura 31: Esquema de estudo das superfícies. Fonte: O AUTOR	54
Figura 32: Etapas de ensaio. (a) amostra em sacos plásticos. (b) balança. Fonte: O AUTOR	56

Figura 33: Em (a) amostra de solo em estufa, (b) utilização de dessecador. Fonte: O AUTOR.	56
Figura 34: Instrumentos para ensaio de LL e LP. Fonte: O AUTOR.....	58
Figura 35: Etapas de ensaio de pH, em (a) preparação da amostra, (b) solução pronta para medição. Fonte: O AUTOR.....	59
Figura 36: Uso do phmetro para obtenção do pH do solo. Fonte: O AUTOR.....	60
Figura 37: Obtenção dos valores de temperatura externos, internos e umidade relativa do ar. Fonte: O AUTOR.	61
Figura 38: Temperaturas médias internas e externas de cada ravina. Fonte: O AUTOR.	65
Figura 39: Expansão e contração do solo nas paredes da ravina 04. Fonte: O AUTOR.....	66
Figura 40: Material das Laterais em análise no período de maior teor de umidade. Fonte: O AUTOR.	67
Figura 41: Medias de umidade (%) e pH, para as 4 ravinas ao longo dos quatro meses em estudo. Fonte: O AUTOR.....	68
Figura 42: Material arenoso, quebradiço, não liquido e não plástico. Fonte: O AUTOR.....	69
Figura 43: Alargamentos das paredes laterais das ravinas. Fonte: O AUTOR.	70
Figura 44: Surgimento de sulcos dentro dos deslocamentos próximos a crista do talude. Fonte: O AUTOR.	70
Figura 45: degradação do topo do talude por deslizamento. Fonte: O AUTOR.	71
Figura 46: Redes de interações do Canal do Sertão. Fonte: O AUTOR.	76
Figura 47: Foto do mês de junho 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.....	85
Figura 48: Delimitação da lateral direita do talude. Fonte: O AUTOR.	85
Figura 49: Delimitação da lateral esquerda do talude. Fonte: O AUTOR.	86
Figura 50: Deslocamentos de solo na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.	86
Figura 51: Vista do deslocamento da lateral direita observado do topo do talude. Fonte: O AUTOR.	87
Figura 52: Vista da ravina 01 do topo do talude. Fonte: O AUTOR.....	87
Figura 53: Foto do mês de julho 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.....	88
Figura 54: Foto mais aproximada do mês de julho 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.	88
Figura 55: Lateral direita do talude no mês de julho 2016. Fonte: O AUTOR.....	89
Figura 56: Lateral esquerda do talude no mês de julho 2016. Fonte: O AUTOR.	89
Figura 57: Deslocamentos da lateral esquerda na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.	90
Figura 58: Transporte de massas de solo na parte superior do talude danificando a vegetação de proteção. Fonte: O AUTOR.....	90
Figura 59: Deslocamento sobre a ravina 01. Fonte: O AUTOR.....	91
Figura 60: Foto das feições erosivas centrais da ravina 04 para ravina 01.Fonte: O AUTOR. 91	
Figura 61: Foto das feições erosivas centrais da ravina 04 para ravina 01.Fonte: O AUTOR. 92	
Figura 62: Foto do mês de agosto 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.	92
Figura 63: Foto da lateral direita para o mês de agosto 2016. Fonte: O AUTOR.....	93
Figura 64: Foto da lateral direita para o mês de agosto 2016. Fonte: O AUTOR.....	93
Figura 65: Deslocamentos da lateral esquerda na parte superior do talude para o mês de agosto 2016. Fonte: O AUTOR.....	94
Figura 66: Foto do mês de agosto 2016 Transporte de massas de solo na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.	94

Figura 67: Foto para o mês de agosto Deslocamento de solo na lateral direita. Fonte: O AUTOR.	95
Figura 68: Foto do mês de setembro 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.	95
Figura 69: Foto da lateral direita para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.....	96
Figura 70: Foto da lateral esquerda para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.....	96
Figura 71: Deslocamentos da lateral direita na parte superior do talude para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.....	97
Figura 72: Deslocamentos da lateral esquerda na parte superior do talude para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.....	97
Figura 73: Foto do mês de setembro 2016 transporte de massas de solo na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da Erosividade. Fonte: MEDEIROS et.al, 2015.	29
Tabela 2: Critérios de avaliação de impactos ambientais e exemplo de elaboração da matriz de riscos. Adaptado de MELLO, 2009.....	37
Tabela 3: Principais Classes de solos do mapeamento do município de Água Branca- AL. Fonte: PARAHYBA et. al. 2007.	50
Tabela 4: Valores do índice de erosividade média anual para a estação pluviográfica de Delmiro Gouveia - AL. Fonte: O AUTOR.....	63
Tabela 5: Valores de Erosividade mensal ao longo dos 20 anos (1995/2015) de precipitação. Fonte: O AUTOR	64
Tabela 6: Valores de máxima, mínima e médias de temperatura para as ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.	64
Tabela 7: Médias de umidade e pH. Fonte: O AUTOR.	67
Tabela 8: Dimensões das ravinas no mês de junho/julho 2016. Fonte: O AUTOR.....	69
Tabela 9: Medidas dos deslocamentos acima das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.....	71
Tabela 10: Análise de riscos e impactos ambientais. Fonte: O AUTOR.	74
Tabela 11: Valores de temperaturas diárias para as 4 ravinas centrais. Fonte: O AUTOR....	101
Tabela 12: Valores de teor de umidade, pH e dimensões de ravinas. Fonte: O AUTOR.	102

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
CASAL	Companhia abastecimento e saneamento de alagoas
COHIDRO	Companhia de desenvolvimento de recursos hídricos e irrigação de Sergipe
EUA	Estados Unidos da América
EUPS	Equação universal de perda de solos
ETA	Estação de tratamento de água
ISC	índice de suporte Califórnia
MUSLE	Equation universal of modified soil loss
PEAD	Polietileno de alta densidade
pH	Potencial hidrogeniônico
PVC	Policloreto de polivinila
RUSLE	Equation universal of revisied soil loss
Rw	Escoamento superficial
SEINFRA	Secretaria de infraestrutura e recursos hídricos
SEMARH	Secretaria de Estado do meio ambiente e dos recursos hídricos
SIG	Sistema de informação geográfica
SPT	Standard penetration test
WEPP	Water erosion prediction project

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos Gerais	15
1.2 Objetivos Específicos	15
1.3. Justificativa	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 O Solo	17
2.1.1 Solo semiárido.....	18
2.2 Processos Erosivos.....	18
2.2.1 Tipos de processos erosivos	19
2.3 Formação de Sulcos, Ravinas e voçorocas	22
2.4 Tipos de erosão e seus agentes	23
2.5 Fases da Erosão Pluvial	24
2.5.1 Ruptura das Partículas de Solo.....	25
2.5.2 Selagem do solo	26
2.5.3 Infiltrações.....	26
2.6 Perdas de Solo por Erosão	27
2.7 Problemas Ocasionados pela Erosão	29
2.7.1. Problemas em taludes de Aterro.....	30
2.8 Prevenção e Controle da Erosão	31
2.8.1 Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas	32
2.8.2 Matriz de Riscos Ambientais	36
2.8.3 Redes de Interação	38
3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.1 Características gerais sobre o canal do Sertão	39
3.2 O Canal do Sertão no Solo.....	40
3.3 Etapas de realização do canal em seção trapezoidal.....	41
3.4 Uso e Ocupação do Solo.....	42
3.5 Área de estudo	46
4. METODOLOGIA	54
4.1 Análise de Laboratório.....	55
4.1.1 Teor de umidade.....	55
4.1.2 Limites de Atterberg.....	57
4.1.3 Ensaio de pH.....	58

4.2 Trabalhos de Campo	60
4.2.1 Levantamentos Métrico e Visual.....	60
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1 Cálculo do fator de Erosividade (R)	62
5.2 Temperaturas e Umidades Relativas do Ar	64
5.3 Médias mensais de teores de umidade e pH do solo.....	66
5.4 Levantamento métrico	69
5.5 Matriz de Risco	73
5.6 Redes de Interação Aplicados ao Canal do Sertão.....	75
6. CONCLUSÕES.....	77
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
8. APÊNDICE	85
8.1 Fotografias do mês de junho	85
8.2 Fotografias do mês de julho.....	88
8.3 Fotografias do mês de Agosto	92
8.4 Fotografias do mês de Setembro.....	95
8.4 Tabela de temperaturas diárias	98
8.5 Tabela de teor de umidade, ph e dimensões de ravinas	101

1. INTRODUÇÃO

As obras de engenharia civil (construção de taludes) quando concebidas, apoiam-se sobre o solo, o qual deve atender as condições necessárias de solicitações para garantir a estabilidade do empreendimento. A intervenção do homem ao meio ambiente (antrópica) causa diversos problemas paisagísticos, dentre eles, a intensificação de processos erosivos. A implantação de obras no solo altera a configuração inicial do estado de tensões antes existente, além de criar superfícies de taludes que ficarão expostas a diversos agentes erosivos, sendo a chuva uma das principais causadoras da erosão.

Com a intensificação dos processos erosivos causados pela ação das chuvas auxiliadas pela inclinação da rampa do talude, podem surgir os sulcos, que são pequenos caminhos formados pela água, os quais ganham energia hidráulica de uma cota maior para menor. Esses sulcos evoluem para aberturas maiores em decorrência de um novo evento chuvoso, originando as ravinas e voçorocas (GUERRA; CUNHA, 2012).

A vegetação constitui importante papel na proteção dos taludes, pode-se citar: interceptar a água da chuva reduzindo o impacto das gotas que chegam sobre a superfície inclinada (talude), promover através de suas raízes um aumento das tensões efetivas no solo, reduzindo os índices de vazios e conferindo maior resistência ao cisalhamento do solo e evitar o transporte de massa do maciço (TEIXEIRA et al, 2009).

Quando ocorre os deslizamentos de massas de solo em um talude, uma nova vegetação não encontra as condições pedológicas essenciais ao seu desenvolvimento, pois esta foi carregada, ficando o talude desprotegido. Essa exposição torna mais suscetível a um novo deslizamento no mesmo local ou em suas proximidades.

Os processos erosivos são fenômenos naturais decorrentes das movimentações de massas de solo, resultante das diferentes propriedades dos solos, clima, vegetação e principalmente condições de relevo. Essas condições topográficas de relevo conferem maior energia a movimentação de águas pluviais sobre a superfície de taludes naturais ou os edificados pela ação do homem.

As obras geotécnicas são utilizadas com o objetivo de conter o avanço dos processos erosivos em obras de engenharia. Os problemas mais recorrentes enfrentados pela geotecnia em obras de taludes se dá pela ocorrência de ravinamentos e deslizamentos de terra, que tem como consequências a instabilidade das camadas de compactação.

O canal adutor do sertão alagoano é considerado uma grande obra hídrica em fase de construção no estado de Alagoas. Sua construção envolve a execução de obras de terraplenagem para a concepção de taludes. O principal objetivo do canal do sertão é levar água ao pequeno produtor rural que sofre com os longos períodos de seca.

Diante da dificuldade de controlar os processos erosivos, deve-se conhecer os métodos de proteção de taludes para minimizar os efeitos das erosões nas obras de engenharia. Dessa forma, neste trabalho, analisa-se a evolução de processos erosivos em taludes do Canal do Sertão que podem prejudicar futuramente o funcionamento da obra. E ainda, apresenta-se um estudo da escolha do método de recuperação e proteção mais adequado às feições erosivas locais.

1.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem por objetivo analisar as feições erosivas superficiais em um trecho do talude da obra do Canal do Sertão, apresentando possíveis formas de intervenção e recuperação dessas áreas.

1.2 Objetivos Específicos

Com o estudo dos dados sobre os processos erosivos pretende-se de forma específica atingir os seguintes objetivos:

- Reconhecer as feições erosivas;
- Apresentar metodologias para a mitigação dos problemas resultantes da erosão na área;
- Elucidar uma forma possível de corrigir problemas já existentes sobre deslizamentos e formação de sulcos e ravinas;
- Desenvolver uma matriz de riscos listando os principais fatores que contribuíram para a erosão dessas superfícies.

1.3. Justificativa

O estudo dos processos erosivos em taludes é de grande importância na engenharia, pois uma edificação quando concebida, deve apresentar o bom funcionamento em consonância com as normas e regulamentações. Em locais acidentados com processos erosivos, faz-se necessário o controle da evolução das feições erosivas para viabilizar a escolha de métodos de proteção para futuras erosões e correção dos pontos pré-existentes.

Os sulcos, ravinas e os deslocamentos nos taludes do canal do sertão, constituem os principais problemas para o conjunto da obra, pois eles, afetam diretamente as camadas de compactação, a vegetação de proteção, causam degradação visual da obra, insegurança pela população e uma série de problemas ao meio ambiente.

Por se tratar de uma obra hídrica de grande porte realizada basicamente com elevado volume de movimentação de terra, o Canal do Sertão tem seu traçado em terraplenagem e alguns trechos em cortes de taludes. Nos trechos em terraplenagem criam-se superfícies que ficam sujeitas a movimentação de terras devido à falta de obra de proteção dos mesmos durante a fase de construção e a falta de fiscalização sobre a efetividade da vegetação de proteção pós-construção.

Dessa forma, para contribuir a uma melhor conservação da obra, é relevante que estudos geotécnicos sejam realizados a partir de levantamentos de dados e análises de trechos já construídos e em funcionamento para evitar a propagação de processos erosivos nos taludes laterais do Canal do Sertão. Neste sentido, este trabalho se torna inovador, pois a obra do Canal do Sertão ainda não foi concluída e já apresenta problemas de erosões superficiais nos seus taludes, causando apreensão por parte da população que reside nas imediações quanto a possíveis rupturas dos taludes e conseqüentemente vazamentos do canal.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Solo

O solo é um material particulado resultante da decomposição das rochas através da ação da interação com a atmosfera, e podem guardar características da rocha mãe de origem. Por estar exposto às várias intempéries físicas e químicas, os solos estão sujeitos a constantes mudanças em sua composição (TEIXEIRA et. al, 2009).

Os solos são formados através do intemperismo físico e químico. No intemperismo físico não há alteração na composição química das rochas, apenas as rochas são rompidas em rochas menores através das variações de temperatura. Já no intemperismo químico, onde há a alteração química dos minerais constituintes devido à ação conjunta da água e do dióxido de carbônico (CO₂) presentes na atmosfera, é formado o ácido carbônico, que reage com sais e alguns minerais formadores das rochas (BRAJA, 2007).

A Figura 1 mostra uma camada de regolito (camada de solo sedimentar) e a representação dos horizontes ao longo da profundidade. Nota-se que ocorre variação dos solos em profundidade, cor, textura, composição e estrutura, pois em cada posição o solo está exposto a uma condição diferente de intemperismo (WICANDER; MONROE, 2011).

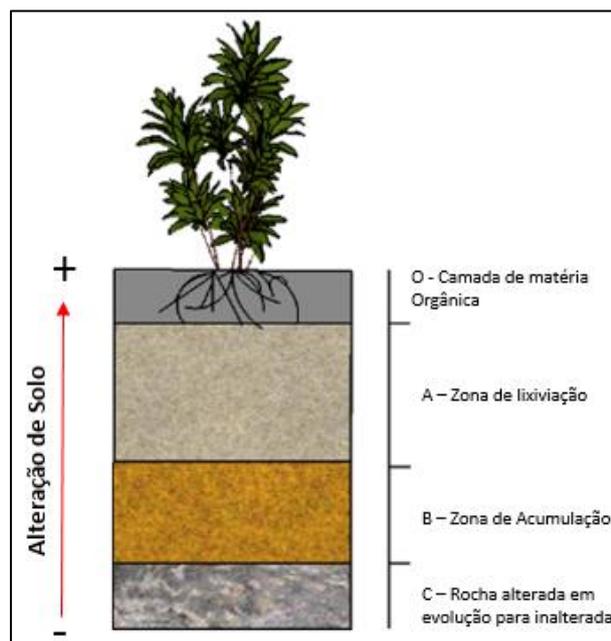


Figura 1: Horizonte de solo maduro. Fonte: Adaptado de WICANDER; MONROE, 2011.

2.1.1 Solo semiárido

Os solos do semiárido apresentam-se sensíveis a supressão da vegetação, devido a maiores exposições a elevadas temperaturas típicas da região, diminuição da capacidade de absorção CO₂ e diminuição do poder de retenção da água no interior do solo. Por este fato, causa baixas na sobrevivência de micróbios nas camadas mais superficiais, promovendo ao solo uma condição de infertilidade devido à diminuição na camada contendo o húmus, o que dificulta o desenvolvimento da vegetação típica, além de trazer graves consequências para culturas de subsistência (TRAVASSOS; SOUZA, 2011).

Os solos colapsíveis e expansíveis são encontrados, principalmente, em regiões com marcantes diferenças entre as estações secas e chuvosas, esses tipos de solos ocorre com frequência em regiões de clima árido e semiárido. Os solos colapsíveis são solos que tem sua estrutura interna destruída pelo aumento do teor de umidade apresentando redução de volume mesmo sem acréscimos de carga. Já os solos expansíveis são solos argilosos da família das esmectitas que ao entrarem em contato com a água expandem e ao perder água contraem-se, causando desagregação de material em taludes e blocos rochosos (SILVA, 2008).

2.2 Processos Erosivos

A erosão, por exemplo, é todo o processo de degradação do solo causado pela perda da camada fértil devido aos processos de desprendimento, transporte e deposição dos minerais do solo. Pode-se considerar a erosão como um processo natural controlado de forma lenta pela natureza, esse processo lento fornece as condições necessárias para que a formação do solo se mantenha (WICANDER; MONROE, 2011).

Os processos erosivos nos solos são desencadeados por várias condições de ordem físicas e químicas a que o material está submetido, sendo a água um dos agentes principais que causam erosão dos solos no Brasil (RODRIGUES, 2009). A ação da água na formação de incisões depende de dois fatores primordiais que é: a erodibilidade do solo e a erosividade da chuva (CHEROBIN, 2012).

A erodibilidade do solo está ligada a capacidade do solo em absorver os impactos das gotas de chuva sem desagregar, essa característica varia para diferentes tipos de solo, pois os

solos variam em composição química, granulometria, presença de matéria orgânica, estrutura e natureza dos minerais formadores (GUERRA; CUNHA, 2012).

A erosividade é causada pela queda das gotas de chuva em uma determinada área e depende do tamanho das gotas precipitadas, ângulo e direção de atuação das chuvas, frequência, intensidade e duração (COUTO, 2015). Quanto maior o tamanho das gotas de chuva e a intensidade, maior é a velocidade atingida pela água, e conseqüentemente maior o poder de arraste de material. Deve-se atentar para o fato de que as chuvas de pequena intensidade e longos períodos de duração também causam erosão do solo pelo arraste de massa através do escoamento superficial, e ainda provoca o alargamento de sulcos e ravinas devido a saturação de suas paredes.

2.2.1 Tipos de processos erosivos

De acordo com RODRIGUES (2009), dentre os tipos de erosão superficial, tem-se as erosões laminares e lineares.

2.2.1.1 Erosão Laminar

A erosão laminar ou superficial se processa sem formar sulcos, o fluxo de água sobre a superfície desgasta o material retirando uma lamina de solo (RODRIGUES, 2009). A água como agente erosivo, lava a superfície do solo retirando uma camada, sem que ocorra os sulcos. A Figura 2 mostra um exemplo de erosão laminar, onde o agente erosivo (a água) desgasta o solo de maneira uniforme retirando uma camada de solo, neste tipo de erosão o escoamento se dar de forma difusa, no sentido de que, não há uma concentração do agente erosivo formando pequenos sulcos.



Figura 2: Erosão Laminar. Fonte: MIGUEL, 2014.

2.2.1.2 Erosão linear

A erosão linear ocorre quando há concentração do escoamento, dando surgimento aos sulcos, ravinas e voçorocas e é influenciada devido ao aumento do gradiente hidráulico, aumento da declividade da superfície, ou ainda a capacidade do solo em reter água.

A determinação quanto ao termino da erosão laminar e início da linear é um parâmetro complicado de se determinar, pois os processos podem ocorrer simultaneamente mesmo nos casos onde já ocorreram a formação de sulcos, a erosão laminar continua a retirar material dessa superfície (COUTO, 2015).

2.2.1.2.1 Sulcos

Vários autores consideram sulcos como sendo ravinas de pequenas dimensões, já outros consideram sulcos como sendo canais pequenos ou ravinas. CARVALHO et al, (2001) diz que os sulcos são canais superficiais menores que ravinas, cuja a dimensão em profundidade é cerca de 10 cm, a depender do escoamento superficial podem evoluir pra ravinas.

Segundo GUERRA; CUNHA (2012) o início da formação dos processos erosivos começa devido as condições de fluxos hidráulicos que dá origem inicialmente a ravinas. Desta forma, não cita nos processos de formação erosiva o termo sulco com sendo o primeiro estágio dos processos erosivos. A Figura 3 abaixo mostra vários sulcos resultantes da erosão superficial.



Figura 3: Erosão linear em sulcos. Fonte: O AUTOR.

2.2.1.2.2 Ravinas

Há várias divergências entre vários autores referentes a classificação das ravinas e voçorocas quanto as dimensões de largura, profundidade e extensão. GUERRA (1997), propõem que a erosão em canais com 30 cm de profundidades pode ser considerada como ravinas. Segundo COUTO (2015), as ravinas estariam entre 10 e 50 cm de profundidade, sendo uma característica também observada que as ravinas não atingem o lençol freático e tem formas de **V**. A Figura 4 é um exemplo de ravinas em taludes, nestes notam-se que há uma maior profundidade em relação aos sulcos.

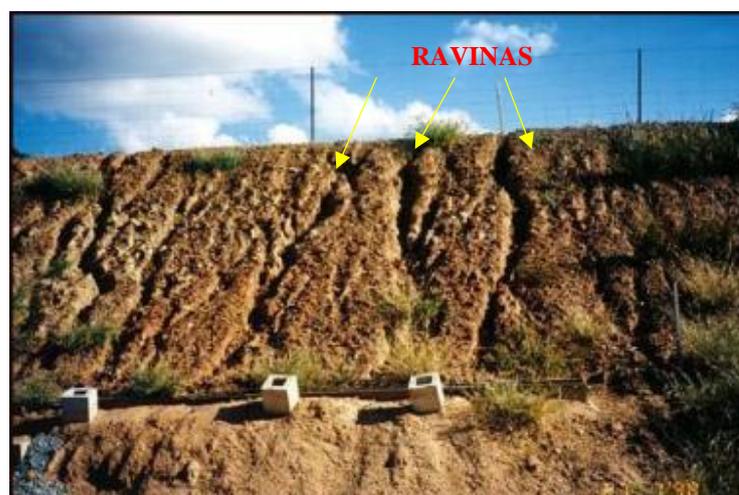


Figura 4: Ravinamentos em taludes. Fonte: MADRUGA et. al., 2010

2.2.1.2.3 Voçorocas

De acordo com COUTO (2015), as voçorocas são incisões que se apresentam em profundidades maiores que 50 cm e com formatos de U. O alargamento e aprofundamento de ravinas pode dar origem a voçorocas, devido a ação erosiva das águas na base e nas paredes da ravina. Para o Instituto de Pesquisas tecnológicas (IPT), as ravinas que atingem o lençol freático são consideradas como voçorocas.

A voçoroca é palco de diversos fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamento, que se conjugam e conferem a este tipo de erosão rápida evolução e elevado poder destrutivo. (BASTOS, 1999, p. 02)

Na Figura 5 é visível o grau de destruição causado pela erosão superficial linear em voçorocas, nota-se ainda que ela se conecta ao lençol freático.



Figura 5: Voçoroca em zona rural. Fonte: IPT, 2015.

2.3 Formação de Sulcos, Ravinas e voçorocas

Quando o solo satura e perde a capacidade de reter água, ocorre a formação de ravinas. A formação de novas ravinas ao iniciar um novo evento chuvoso não tem relação com ravinas formadas anteriormente, mas pode ocorrer aumento das ravinas pré-existentes, em consequência de fornecer superfície propensa ao aumento do fluxo (GUERRA; CUNHA, 2012).

A Figura 6 mostra como se dá a morfologia dos sulcos, ravinas e voçorocas. É possível observar que erosão superficial tem início em formas erosivas mais leves, que são os sulcos, passando para os estágios intermediários que são as ravinas, e possivelmente para estágios mais graves que são as voçorocas. Sendo essas aberturas maiores as voçorocas de grandes dimensões conectada ao lençol freático.

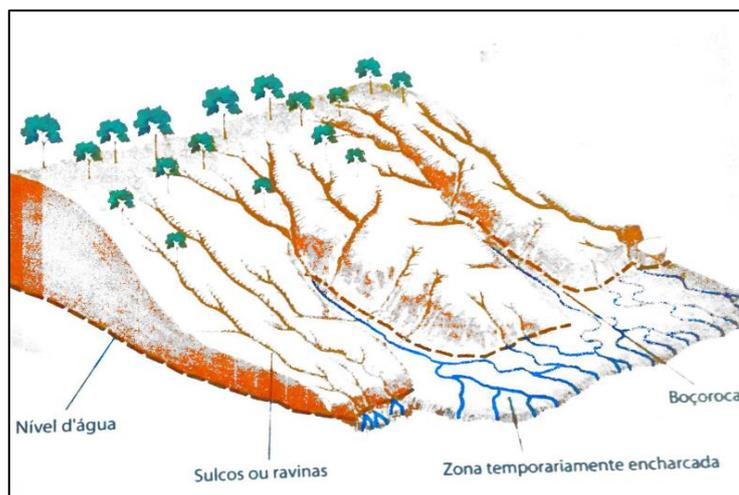


Figura 6: Morfologia de sulcos ou ravinas e voçorocas. Fonte: TEIXEIRA et al, 2009, p. 201.

Quando a localização dos sulcos e ravinas não se encontra em áreas de cultivo agrícola em que a aragem do solo muda constantemente a posição destes, deve-se dar uma maior atenção, pois os sulcos podem evoluir para ravinas e estas, podem evoluir para formas erosivas mais graves como voçorocas, principalmente quando o solo sofre com chuvas intensas e como pouca cobertura vegetal (GUERRA; CUNHA, 2012).

2.4 Tipos de erosão e seus agentes

Os agentes causadores de erosão são diversos, sendo os mais importantes em consenso pela literatura: a água, a força da gravidade, o gelo e o vento. Estes agentes atuam modificando e degradando a superfície terrestre, com ações que podem ocorrer em conjunto ou de forma individualizada (RODRIGUES, 2009).

Os agentes causadores de erosão podem ser relacionados com os seguintes tipos de erosão:

- A erosão devido a ação da água e conhecida como erosão hídrica;
- A erosão glacial devido a ação do gelo;
- A erosão devido a ação do vento (erosão eólica).

O elevado crescimento populacional nas grandes cidades, seguidos pelas práticas de invasões de áreas para loteamentos clandestinos e implantações de habitações em locais de risco iminente, contribui para um aumento de carga sobre os taludes. Essa sobrecarga somada ao sobrepeso da água das chuvas, causam vários prejuízos sociais e ao meio ambiente. O reflexo desses prejuízos promove a ocorrência de deslizamentos de terra, além de principalmente, causar catástrofes a vida dos ocupantes dessas áreas. Na Figura 7 é possível observar os deslizamentos devido a erosão hídrica e as consequências das ocupações e construções clandestina.



Figura 7: Erosão hídrica causando Deslizamento de terra em Salvador- BA. Fonte: DESCONVERSA, 2016

2.5 Fases da Erosão Pluvial

A erosão pluvial em superfícies inclinadas causa o transporte de massa de forma devastadora, principalmente se a superfície não oferecer nenhum tipo de resistência. O processo que inicia com o choque mecânico das gotas de chuva, começa a desprender material por salpicamento ao mesmo tempo que, promove uma compactação reduzindo os poros do solo e a capacidade de absorção por infiltração, é conhecido como selagem do solo (SANTOS, 2014). Seguindo o processo, a água ganha energia e transporta as partículas mais soltas ou com pouca

coesão enxurrada a baixo. Nesse caminho percorrido pela massa de solo, são encontrados obstáculos tais como: a redução da própria declividade do terreno, o choque constante entre outras partículas de solo, rocha, raízes e a própria redução da energia hidráulica promovendo a redução ou parada dos sedimentos. Neste caso, quando a energia dos sedimentos se torna maior que a energia do agente erosivo ocorre a deposição do material (SANTOS, 2014).

2.5.1 Ruptura das Partículas de Solo

A ruptura de partículas de solo ocorre quando a força exercida pela queda das gotas de chuva que se chocam com o solo desagrega o material por quebra devido ao choque. A energia da chuva gera uma pressão entre os contatos das partículas aumentando de tal forma que ocorre a quebra das partículas do solo (GUERRA; CUNHA, 2012).

Numa forte tempestade tropical, o equivalente a um peso de 350.000kg de água/ha pode cair em um período de apenas meia hora. A energia dessa chuva seria de 10 milhões de joules/ha. Essa energia, causada pelo impacto das gotas de chuva no solo, pode quebrar os agregados existentes, formando crostas na superfície do solo, o que dificulta a infiltração. (STOCKING, 1977, p. 29 *apud* GUERRA; CUNHA, 2012, p. 175).

Na Figura 8 temos partículas de solo sendo desagregado devido ao impacto das gotas de chuva com a superfície de inclinação do talude, sendo o α (ângulo de incidência da chuva).

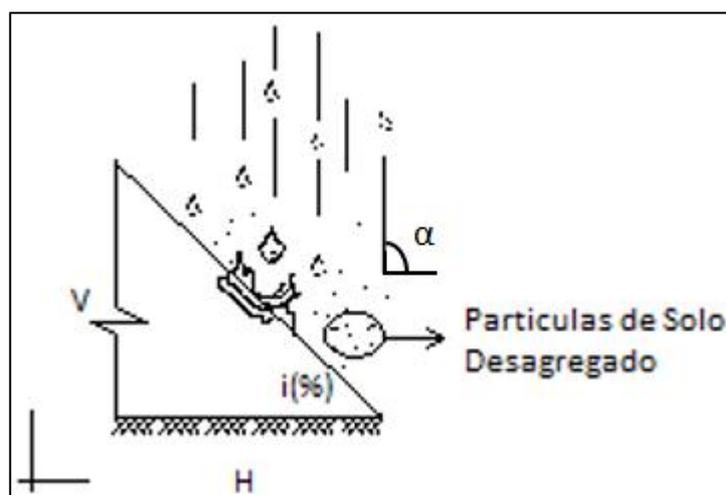


Figura 8: Desagregação e transporte de massa em superfície inclinada. Fonte: O AUTOR

2.5.2 Selagem do solo

O processo de selagem do solo depende das condições de erodibilidade do solo, se o solo é resistente ao efeito “*splash*”, que é a erosão causada pelo impacto do tamanho das gotas de chuva na superfície. Taludes com superfícies contendo um bom sistema de proteção com auxílio de vegetação por exemplo, consegue reduzir os efeitos do transporte de massa por salpicamento. Segundo GUERRA; CUNHA (2012), quando a energia das gotas de chuva atinge a vegetação sofre redução de energia cinética devido ao amortecimento das gotas que entram em contato primeiro com a vegetação para depois atingir o solo.

A selagem do solo devido a ação das chuvas em superfície inclinada fecha os poros do solo, e como consequência, há um aumento da lâmina líquida e uma menor infiltração. O aumento da lâmina protege o solo do efeito *splash* (ruptura), mas faz com que aja um aumento do poder erosivo por conta do ganho de energia hidráulica conferido pela força da gravidade, comprimento de rampa e inclinação do talude. Além disso, pode ocorrer um aumento da massa específica dos solos quando saturados (RODRIGUES, 2009).

2.5.3 Infiltrações

O processo de infiltração da água no solo depende de várias variáveis tais como: condições de permeabilidade do solo, porosidade, cobertura vegetal, fatores topográficos, regime de precipitação e ações antrópicas.

A influência da cobertura vegetal impede que a água da chuva atinja a superfície do solo com grande energia. Esse feito é possível devido a interceptação das gotas de chuva pela folhagem das plantas. Uma outra função da vegetação é através de suas raízes, que podem abrir caminhos por onde água pode se infiltrar de forma mais rápida (TEIXEIRA et al, 2009).

Em solos arenosos a taxa de infiltração é maior que em solos argilosos. WITHERS; VIPOND (1974) *apud* GUERRA; CUNHA (2012), propõem um modelo de taxa de infiltração diferenciadas, ao longo das três primeiras horas de um evento chuvoso. Esse modelo leva em conta diferentes tipos de solo dentre estes, o argiloso, siltoso e arenoso. Um dos problemas enfrentados por esse modelo é que não leva em conta a disposição dos agregados, ou seja, de que forma as partículas do solo encontram-se agregada. Um solo argiloso bem graduado pode ocorrer que as diversas partículas estejam arrumadas de forma a permitir uma maior ou menor

porosidade, além da ocorrência das mudanças nas condições referidas a compactação ao longo da profundidade do perfil do solo. A Figura 9 mostra o modelo de taxa de infiltração para três tipos de solos, nele podemos notar que passados 3 horas de um evento chuvoso a taxa de infiltração se mantém constante para cada tipo de solo, sendo o solo argiloso o que possui menor taxa de infiltração e o arenoso o que possui maior taxa de infiltração.

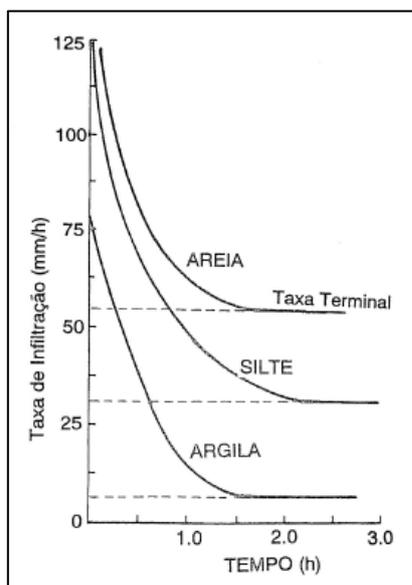


Figura 9: Taxa de infiltração em vários tipos de solos. Fonte WITHER; VIPOND, 1974, apud GUERRA; CUNHA, 2012, p.167

As implicações dependentes da ação antrópica no regime de infiltração ocorrem devido à realização de edificações ou o próprio uso do solo para o plantio. Esses dois fatores surgem da necessidade humana em criar melhores condições de adaptação e subsistência, e isso modifica o sistema natural antes existente. Tais ações humanas interferem nos sistemas de drenagem e conseqüentemente nas taxas de infiltração devido as modificações impostas ao terreno.

2.6 Perdas de Solo por Erosão

São vários os experimentos realizados em campo e em laboratório com o intuito de entender, quantificar e prever a perda de solos devido a erosão. O assunto se mostra de maneira

complexa devido as variáveis existentes e as diversas condições impostas pelos ambientes naturais. Segundo WISCHMEIER; SMITH (1978), a perda de solos por erosão laminar (A) é uma função do produto de diversos fatores sendo eles: A erosividade da chuva, erodibilidade dos solos, medidas de conservação e uso do solo, declividade e comprimento de rampa. A Equação 01 é conhecida como EUPS - (Equação Universal de Perdas do Solo), é um método empírico para a quantificação da perda de solo por erosão.

$$A = R * K * LS * C * P \quad (01)$$

A: Perda média anual de solo por unidade de área (dado em t/ha.ano);

R: Fator de precipitação (erosividade da chuva (energia cinética), em (MJ*mm/ha*h*ano);

K: Erodibilidade do solo (t/h*MJ*mm);

LS: Fator topográfico (referente à declividade, comprimento de rampa e formato do talude);

C: Fator de uso e manejo do solo;

P: Fator de práticas conservacionistas.

Os fatores (R e k) estão relacionados com as condições naturais impostas pelos ambientes, já os (LS, C e P) se relacionam com a questão referente ao uso e ocupação dos solos. E para cada tipo de condição de ambiente foram desenvolvidos modelos e programas para descrever através de uma série de cálculos os valores de perda de solos para cada situação (SANTOS, 2014).

▪ **O fator de Erosividade da Chuva (R)**

O fator de erosividade da chuva (R) é uma variável que é expressa em (MJ * mm /ha*h*ano) que é referente a energia cinética conseguida por uma determinada intensidade de chuva aplicada em determinada área superficial num determinado período de tempo.

O fator de erosividade expressa a capacidade da chuva de causar erosão por escoamento superficial, erosão por salpicamento, devido ao impacto das gotas de chuvas, sendo importante a verificação da chuva quanto a intensidade, duração e frequência com que ocorrem. O fator de erosividade **R** se torna importante para a previsão da perda de solo por erosão, além de fornecer dados sobre a erosividade das chuvas se tornando um importante parâmetro a ser observado nas fases de projeto e conservação de obras de engenharia.

Segundo FERREIRA (2017), o índice de erosividade média pode ser determinado através da relação de precipitação entre a média mensal e média anual, utilizando uma série histórica de dados pluviométricos com 20 anos ou mais para obtenção de valores de erosividade mais precisos.

A Equação 02 propostas por LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER (1992), fornece o índice de erosividade médio da chuva que é o produto da energia cinética (E) pela intensidade de duração da chuva em 30 minutos (I30).

$$EI30 = 67,355 * \left(\frac{r^2}{P} \right)^{0,85} \quad (02)$$

Em que:

EI30 = índice médio de erosividade mensal (MJ*mm / ha*h*mês);

r = media do total mensal de precipitação (mm);

p = media do total anual de precipitação (mm).

A Equação 03 mostra que o somatório dos índices de erosividade mensais da estação pluviométrica fornece o R (fator de erosividade da chuva).

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI30j \quad (03)$$

Na Tabela 1 temos as classes de erosividade e os limites dos valores de **R** (anual) e os índices de erosividade mensal (**EI30**).

CLASSES DE EROSIVIDADE	VALORES DE EROSIVIDADE	
	(EI30) MJ*mm/ha*h*mês	(R) MJ*mm/ha*h*ano
Muito Baixa	R < 205	R < 2500
Baixa	205 < R < 500	2500 < R < 5000
Média	500 < R < 700	5000 < R < 7000
Alta	700 < R < 900	7000 < R < 9000
Muito Alta	R > 900	R > 9000

Tabela 1: Classificação da Erosividade. Fonte: MEDEIROS et.al, 2015.

2.7 Problemas Ocasionalmente pela Erosão

No Brasil ocorrem vários problemas devido a erosão pluvial, sendo a água o agente erosivo responsável por grande quantidade do carreamento de partículas de solo, estes se

apresentam em ambientes diversos tais como: na zona urbana, zona rural e em particular em taludes de canais que utilizam obras de cortes/aterros.

Segundo FILIZOLA et. al. (2011), no Brasil a perda da camada superficial do solo constitui maior fator de degradação do mesmo. Quanto a perda de solos em áreas agrícolas chegou-se a seguinte conclusão: a perda de solos em regiões de lavouras foi estimada em 750 milhões de toneladas e em área de pastagens 70 milhões de toneladas, esses valores referem-se a perda de solo em um ano.

2.7.1. Problemas em taludes de Aterro

A erosão pluvial em superfícies inclinadas ocorre de forma acentuada, pois em tais superfícies tem-se a taxa de infiltração reduzida e aumentada as condições de fluxo de água causando esforços de cisalhamento nestas superfícies (SANTOS, 2014).

Os prejuízos em obras de taludes de canais incluem a falta de estabilização, descuido na proteção das superfícies, deslizamentos de terra, assoreamento das redes de drenagem e degradação de áreas comprometendo muitas vezes o próprio empreendimento de engenharia. Devido ao descuido técnico no Brasil as obras de confecção de taludes de cortes e aterro causam sérios prejuízos a obras habitacionais ou empresariais, sejam de grande ou pequeno porte (TÉCHNÉ, 2011).

- **Taludes de aterro**

Os taludes de aterro compreendem aqueles realizados por confecção de camadas desde sua fundação até a altura final, utilizando materiais com resistências características de projeto e imprimindo compactação com o uso de rolos compressores vibratórios para redução de índices de vazios e maior densificação de camadas.

As obras que envolvem terraplenagem lidam com controle do grau de compactação das camadas, umidade ótima, redes de fluxos (caminho percolado pela água dentro do maciço) e qualidade dos materiais empregados.

A Figura 10 é um exemplo do descaso com a execução de obras de terraplenagem, que vão desde a escolha de material para execução das camadas, como o serviço tecnológico delegado a terceiros tendo como consequência o desperdício de água e reflexos nas verbas públicas.



Figura 10: Problemas por infiltração em taludes de aterros no canal da transposição. Fonte: PETROLINA NEWS, 2016.

2.8 Prevenção e Controle da Erosão

A prevenção do surgimento de feições erosivas deve ser considerada desde a concepção do projeto, passando pelo correto planejamento das obras nas fases construtivas e de operação. Uma outra parcela na prevenção é o fator antrópico relativo a interação do homem com a edificação, que contempla desde a implantação da obra de engenharia até a conservação pós-construção.

Para prosseguir a um controle das formações de sulcos e ravinas é importante identificar os estágios que se encontra as feições erosivas. Um fato importante a salientar, é que o trabalho dispendido no controle dos processos erosivos se torna mais oneroso que um correto plano preventivo antes de se iniciar qualquer obra de engenharia, além de que, os processos erosivos já têm causado diversos prejuízos ao homem e ao meio ambiente (CARVALHO et. al. 2001).

Para se obter um controle dos processos erosivos e aumentar a infiltração da água no solo, deve-se levar em consideração os seguintes fatores já mencionados:

- Impacto das gotas de chuva sobre a superfície;
- Diminuição da desagregação das partículas de solo por salpicamento;
- Aumento da infiltração da água no solo;
- Redução da velocidade do escoamento superficial;
- Boa cobertura vegetal.

2.8.1 Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas

O uso de técnicas de recuperação de áreas degradadas visa impedir a evolução de processos erosivos bem como atenuar seus efeitos (ANDRADE et. al. 2005).

Quando ocorre os deslizamentos de terra, o agente erosivo (a água), carrega os minerais essenciais e a matéria orgânica do solo deixando uma superfície pobre e compactada com baixas condições de permeabilidade, sendo esses fatores prejudiciais ao desenvolvimento das vegetações. Na Figura 11 podemos ver como se comporta um talude sem alteração do comprimento de rampa e com alteração. Esse exemplo pode ocorrer num talude com bermas laterais exposto a ação dos diversos agentes erosivos, podendo ocorrer aumento da cunha de ruptura.

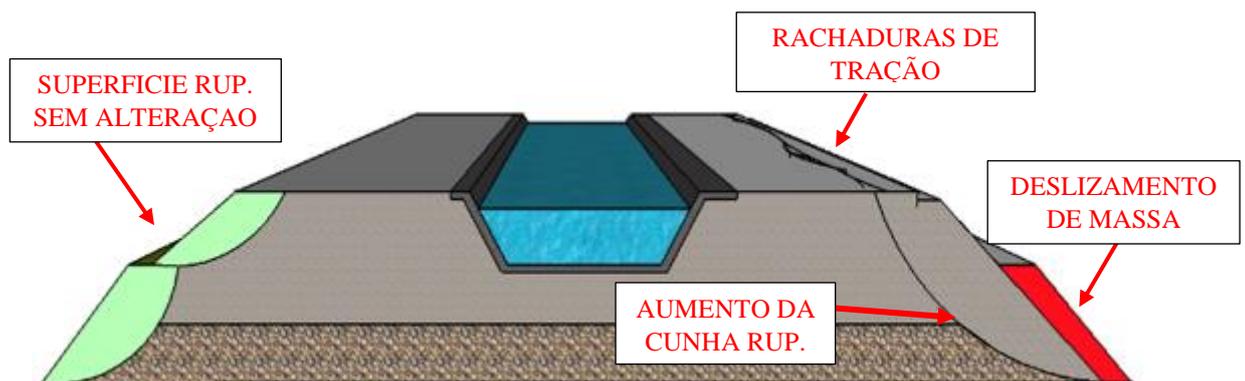


Figura 11: Alteração no comprimento de rampa. Fonte: O AUTOR

Segundo a NBR 11.682 (1991) que prescreve sobre estabilidade de encostas, as ações para a proteção contra os processos indutores de instabilidade incluem a utilização de dispositivos de drenagem superficiais combinados com técnicas de proteção. As técnicas que

podem ser aplicadas especificamente a proteção de taludes contra o carreamento de sedimentos são: concreto projetado, biomanta, geomanta e hidrossemeadura.

- **Concreto projetado**

O concreto projetado é geralmente aplicado sobre telas soldadas fixadas por chumbadores, mas também pode ocorrer a aplicação do concreto apenas (cimento + agregado miúdo + agregado graúdo + água + aditivos) sobre as superfícies. A flexibilidade e facilidade da aplicação tornaram essa técnica de proteção uma das mais utilizadas em obras geotécnicas, principalmente em obras de proteção de áreas de difícil acesso como em contenções de tuneis e proteção de taludes íngremes (WOLNEY, 2013).

Existe dois sistemas de aplicação do concreto projetado que são, por via seca onde a hidratação ocorre apenas no bico do mangote e via úmida onde a mistura já vem hidratada, ambos utilizam o ar comprimido para a projeção (FIGUEIREDO, 1993). Na Figura 12 é possível notar a importância da utilização do concreto projetado na proteção dos taludes e tuneis. Nota-se que essa técnica de proteção vem acompanhado de um eficiente sistema de drenagem com barbacãs.



Figura 12: Concreto Projetado em taludes Canal do Sertão. Fonte: O AUTOR.

- **Biomantas**

As biomantas anterosivas são fabricadas industrialmente, a partir de fibras vegetais, palha agrícola, fibra de coco e fibras sintéticas. As fibras são costuradas industrialmente, formando uma trama resistente, protegidas por redes de polipropileno ou juta, o que permite programar sua degradabilidade (DNIT, 2006).

A função das biomantas anterosivas é proteger imediatamente o solo, para evitar o surgimento de focos de erosão, até que a vegetação se estabeleça. Na Figura 13 podemos vislumbrar o uso das técnicas de biomantas sobrepostas a uma técnica de micro-coveamento.

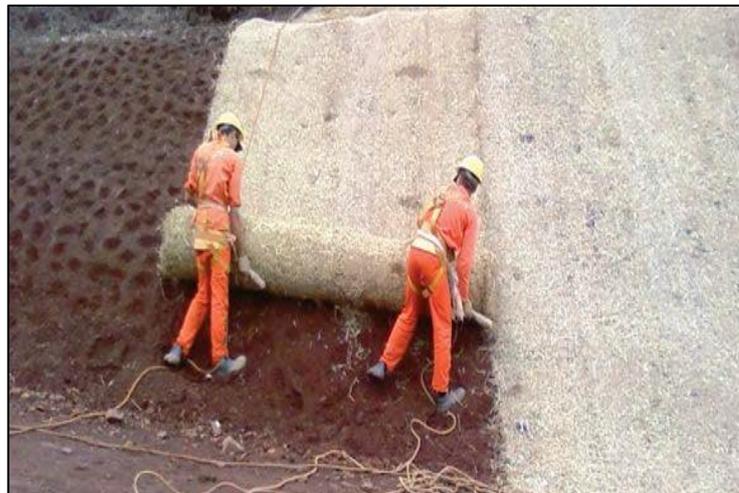


Figura 13: Aplicação de Biomantas em conjunto com a Hidrosseadura. Fonte: INFRAESTRUTURA URBANA, 2011.

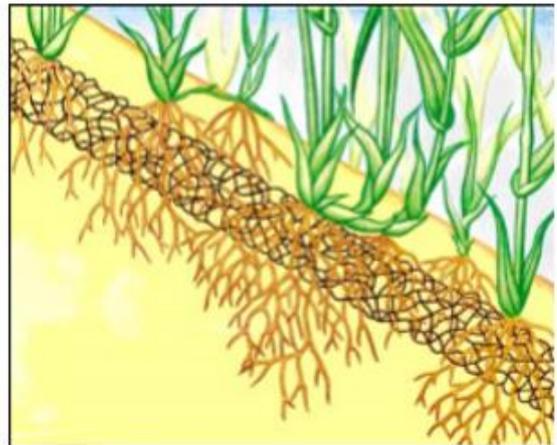
- **Geomantas**

As Geomantas são confeccionadas industrialmente a partir de materiais poliméricos, possuindo grande resistência às intempéries e à fotodegradação, podendo dispor de gramatura variável em sua composição (GEOFOCO, 2013). Possui função semelhante as biomantas no combate a erosão superficial de taludes, protegendo o solo contra o surgimento de focos erosivos e evitando a ocorrência de deslizamentos de terra.

A Geomanta pode ser aplicada em conjunto com outras técnicas de contenção, como o solo reforçado, solo grampeado etc. Pode ser aplicado em taludes de inclinação de até 60°, consegue entregar um melhor aspecto visual do talude devido ao crescimento da vegetação (SOBRAL et. al.2011). Na Figura 14 tem-se em (a) a utilização da técnica de geomanta em conjunto com a técnica de solo grampeado e em (b) nota-se a interação entre a geomanta e as raízes de gramíneas e leguminosas.



(a)



(b)

Figura 14: Em (a) Geocomposto com solo grampeado. Em (b) interação de enraizamento com a manta. Fonte: SOBRAL et.al. 2011

▪ Hidrossemeadura

A técnica de hidrossemeadura utiliza-se de um caminhão-pipa dotado de um misturador e um conjunto moto-bomba, onde as sementes são misturadas em água, fertilizantes, corretivos e fixadores, formando um coquetel de sementes e através de jatos são lançadas de maneira uniforme nos taludes de cortes ou aterros (LONDE; BITAR, 2011)

As vantagens do uso da técnica hidrossemeadura são: rápida germinação e crescimento das sementes e a prevenção da erosão do solo através da vegetação. A Figura 15 mostra o processo de execução da técnica de hidrossemeadura com a utilização de caminhão pipa dotado de conjunto motor-bomba.



Figura 15: Execução de hidrossemeadura. Fonte: EPROMAM, 2010.

A técnica de hidrossemeadura se torna mais eficiente com sementes de vegetação que se adapta as condições climáticas da região. O capim Buffel é uma gramínea originaria da África, Índia e Indonésia, que foi introduzida no Brasil em 1952 em São Paulo e de onde chegou ao nordeste se adaptando bem as condições climáticas, como as altas temperaturas e baixos índices pluviométricos, além de permanecer “de pé “ em longos períodos de seca sem se decompor como a maioria das gramíneas nativas (OLIVEIRA, 1999).

Nos trabalhos de OLIVEIRA (1999), houve uma preferência por trabalhos manuais e plantios em covas e em sulcos, com uso de 5 a 10 kg/ha e um espaçamento de 0,50 a 1,00 m entre covas, com uma média de 70 sementes por cova, também foi notado que uma cobertura em cerca de 1,5 a 3 cm tem evitado o arraste das sementes pelo vento favorecendo a plantação.

2.8.2 Matriz de Riscos Ambientais

Dentre as ferramentas que auxiliam no controle ou na prevenção de erosões em obras civis, pode-se destacar a matriz de riscos para o acompanhamento das fases de execução e operação. A matriz de risco permite fazer análises sobre os possíveis impactos ambientais e dispende recursos para obras de controle.

MELLO (2009) propôs uma análise para quantificação dos riscos de acordo com: a severidade, probabilidade e área de influência, atribuindo valores de 1 a 5 para cada critério de avaliação. A Tabela 2 mostra o grau e a avaliação para cada critério, além de mostrar um exemplo de como se dá a composição da matriz de riscos.

A elaboração de uma matriz de riscos auxilia na análise de quais impactos ambientais gerados pela construção de um determinado empreendimento podem causar mais problemas ao meio, e assim, é possível definir os possíveis riscos na obra.

SEVERIDADE (Indica o grau de influência com que o impacto afeta a obra)				
Grau	Avaliação			
1	Inofensivo, facilmente corrigível			
2	Consequencias leves, facilmente corrigível			
3	Consequencias moderadas, exige poucos recursos para sua correção			
4	Consequencias serias, exige razoável quantidade de recursos para sua correção			
5	Consequencias muito serias, exige grandes esforços e recursos para correção			
PROBABILIDADE (indica a probabilidade da ocorrência de um impacto)				
1	Muito pouco provavel (menos de 10% de ser percebido)			
2	Baixa probabilidade (entre 10-33 % de ser percebido)			
3	Razoavel probabilidade (34-67 % de ser percebido)			
4	Significativas probabilidades (68-89 % de ser percebido)			
5	Alta probabilidade (maior que 90 % de ser percebido)			
ÁREA DE INFLUÊNCIA (indica a área onde o impacto é influente, onde tras consequencias)				
1	Restrita ao ambiente interno (perimetro) da obra			
2	Influenciam fora dos limites da obra, mas ficam restritos a uma pequena area			
3	Os efeitos dos impactos podem ser sentidos em comunidades vizinhas			
4	Os impactos podem ser sentidos longe da obra (efeito regional)			
5	Os impactos ultrapassam a regioao na qual a obra está inserida (efeito global)			
MATRIZ DE RISCOS				
Impactos	CRITÉRIOS DE AVALIACAO			Produto
	Severidade	Probabilidade	Grau de Influencia	
A	1	2	3	6
B	3	5	2	30

Tabela 2: Critérios de avaliação de impactos ambientais e exemplo de elaboração da matriz de riscos. Adaptado de MELLO, 2009.

Segundo PINTO (2008) em seus estudos de gestão de riscos e segurança em barragens, o fator eficácia na detecção de problemas de deterioração em uma obra abrange dois fatores relevantes, são eles: um sistema de observação com um percentual (34%) e a inspeção visual com (66%). Isto mostra a importância do fator humano no conhecimento, experiências, capacidade de previsão e sentido de responsabilidade na tomada de decisões. ALMEIDA (2006) mostra a utilização da matriz de riscos como uma forma qualitativa de avaliação do risco, em que tem por base o cruzamento da probabilidade de ocorrência *versos* as consequências.

2.8.3 Redes de Interação

As redes de interação são métodos de avaliação indiretos que avaliam os impactos ambientais levando em consideração a sucessão de impactos gerados devido uma determinada ação, utilizando-se de quadros e diagramas que permitem traçar a partir de um determinado impacto as ações que o causaram (SANTOS, 2010).

O método de redes de interação faz uso de diagramas de cadeia listando as atividades e os impactos. A sua aplicação está ligada a determinação dos impactos de forma direta e indireta, possui uma abordagem integrada de impactos, tem como desvantagens a não detecção da importância relativa dos impactos gerados, os aspectos espaciais e temporais e a sua dinâmica.

Na Figura 16 podemos notar como ocorre a estrutura das redes de interação, nela tem-se a listagem das atividades de projeto e os referidos impactos gerados.

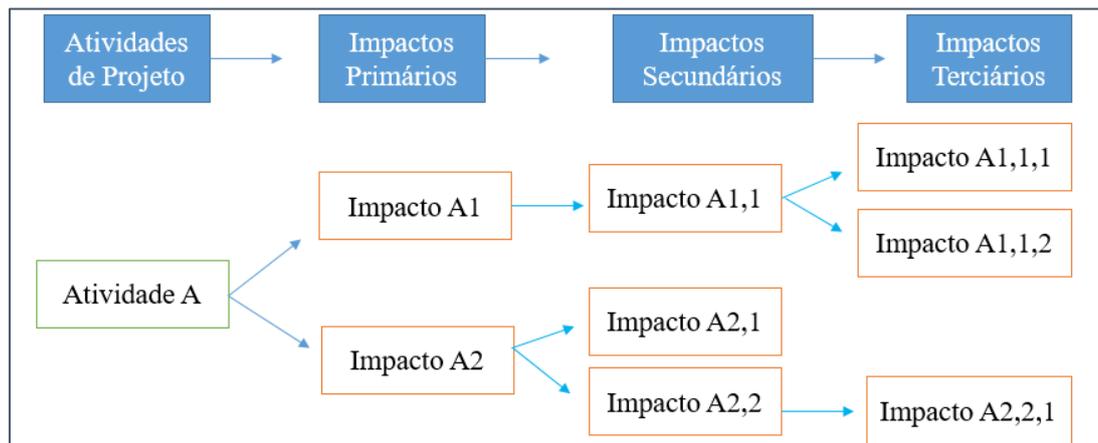


Figura 16: Estrutura das Redes de Interação. Adaptado de VIANNA, 2015.

3. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Características gerais sobre o canal do Sertão

O canal do sertão é considerado a maior obra hídrica de grande porte segundo o portal do ministério do planejamento em fase de construção no estado de Alagoas, esta envolve gastos expressivos vindos do PAC (programa de aceleração do crescimento). Estima-se que já foram gastos 3 bilhões de reais (GAZETA, 2016). Segundo PINTO (2017) até o ano de 2016 já foram gastos aproximadamente 2,4 bilhões de reais da União e do estado de Alagoas. Esse gasto ocorre devido à grande movimentação de terra, que envolve seções em corte, aterros, escavações de tuneis e pontes aquedutos ao longo de seus trechos.

É uma obra inteiramente no estado de Alagoas com 250 km de extensão, iniciando seu ponto de captação em Moxotó, em um braço do rio São Francisco. A obra atenderá 42 municípios concedendo vários benefícios para população local, seja na fase de construção de seus trechos objetivando a geração de empregos por mão de obra local, seja pelos benefícios de se ter o acesso mais fácil a água para o trabalho no campo e consumo em geral. Uma das características importante nesta obra é que os trechos já construídos estão sendo utilizados pela população, seja na área de abastecimento e combate à seca, seja no desenvolvimento de culturas agrícolas. O canal começou a operar em seus primeiros trechos desde janeiro de 2013 nas cidades de Delmiro Gouveia, Pariconha e Água Branca.

O projeto irá atender aos assentamentos da reforma agrária, e em seguida, levará água para as demais comunidades situadas a 15 km das margens esquerda e direita do canal (CODEVASF, 2013).

O objetivo dessa obra que se iniciou no governo de Teotônio Vilela Filho é atender o pequeno produtor rural que sofre pela seca durante longos períodos do ano, desenvolver a economia local e fornecer subsídios para as empresas e companhia de abastecimento de água, uma das favorecidas será a CASAL (Companhia de Água e Saneamento de Alagoas) com custo de captação menos oneroso (INFRAESTRURA, 2011). A Figura 17 mostra uma ETA recém construída as margens do canal do sertão em Água Branca- AL utilizando-o como fonte de captação.



Figura 17: Estação de tratamento de Água da Casal (ETA). Fonte: O AUTOR

3.2 O Canal do Sertão no Solo

O canal do sertão no solo dar-se em sua grande extensão preferencialmente em duas formas diferentes, que são elas: seções trapezoidais e seções retangulares. As seções trapezoidais podem estar dispostas acima ou abaixo (corte/aterro) do nível do terreno obedecendo as declividades estabelecidas no projeto executivo e de acordo com os devidos ajustes de conformação da obra ao terreno. Por exemplo, em locais onde o solo apresenta um perfil rochoso extenso o canal muda sua seção para retangular para reduzir custo com o desgaste de maquinário, mão de obra, fator tempo e produtividade diária.

Há também, os casos em que a topografia do terreno inviabiliza a construção de aterros. Nesses casos tem-se as pontes aquedutos que também estão dispostas em seção retangular em seu topo. Nestas e nas seções retangulares enterradas tem-se o uso de armação enquanto nas seções trapezoidais não há armadura na concretagem das paredes. A Figura 18 a seguir mostra uma seção genérica do talude que delinea o distrito de Alto dos Coelhos.

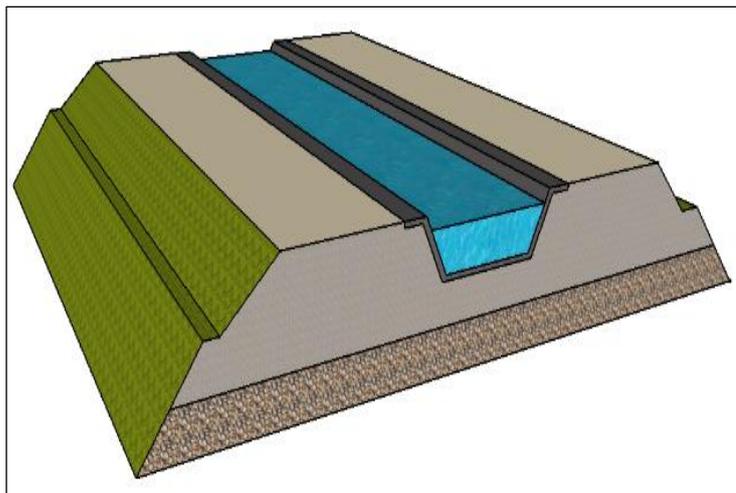


Figura 18: Seção genérica do canal do sertão em aterro com bermas laterais. Fonte: O AUTOR

3.3 Etapas de realização do canal em seção trapezoidal

Os estudos geotécnicos realizados pela COHIDRO para a execução das diretrizes do canal compreenderam furos de sondagem com SPT (standard penetration test) para realização de ensaios de caracterização, compactação e ISC (índice de suporte Califórnia).

As sondagens tiveram início com o trado de 102 mm, seguidos por avanço por percussão com lavagem. A adoção do nível da água foi o mais próximo da superfície dentre os furos realizados. Em alguns casos para manter a estabilidade do furo utiliza-se de tubos de 76 mm cravados em conjunto com o trado em espiral. A cada metro perfurado foi realizado um ensaio de SPT (STANDARD PENETRATION TEST), que expressa o valor de “N” - número de golpes de um peso de 65 Kg, caindo de uma altura de 75 cm, necessários para cravar os 30 cm finais de um amostrador padrão com diâmetro interno e externo de 1 3/8” e 2”, para recolher amostra com o amostrador RAYMAND (SPT) (COHIDRO, SEM DATA).

Quando as sondagens encontram o topo rochoso, o processo segue-se por rotação utilizando como amostrador, um barrilete duplo giratório com 1,80 m de comprimento livre, equipado com broca (coroa) e mola retentora de testemunhos.

Os testemunhos foram colocados em caixa de madeira com divisões apropriadas obedecendo-se a sequência da perfuração. Depois prossegue-se a classificação dos Testemunhos, para obtenção das informações necessárias a elaboração do projeto (COHIDRO, SEM DATA).

Nos taludes de corte próximos ao distrito, nota-se a pouca profundidade dos solos e a formação de rochas sedimentares muito próxima a superfície, além da mudança de coloração de cinza claro para vermelho ao longo da profundidade, indicando o acúmulo de sais e óxidos de ferro. A Figura 19 mostra um perfil geológico, nota-se que o solo possui baixa profundidade, com fraca coesão e altamente erodível, característica das areias, podemos ver ainda que foi utilizado uma calda de cimento que não surtiu efeito pois já ocorreu deslizamento de solo da superfície como também queda de blocos de rochas.



Figura 19: Formação de rochas próximos a superfície. Fonte: O AUTOR.

3.4 Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo no distrito Alto dos Coelhos é descrito da seguinte forma: uso do solo pela população e pela a implantação do empreendimento de engenharia que está relacionado a própria edificação do canal adutor do sertão alagoano.

O distrito Alto dos Coelhos, tem esse nome devido a uma família de pequenos agricultores cujo sobrenome se chamava Coelhos, atualmente conta com uma população 610 habitantes, segundo dados do recadastramento do SUS realizado pelo agente de saúde. A maioria usa o solo para a agricultura de subsistência, comércio de hortaliças, pecuária e ovinos.

As propriedades ao longo do canal do sertão se tonaram valorizadas devido ao potencial transformador da água, mas ainda há terrenos sem nenhum tipo de cultivo. Segundo observações e indagações com os proprietários das terras sobre o fato de não estarem usando o solo para produzir, eles respondem que não sabem lidar com outros tipos de cultivo que se

adequem aos solos de baixa fertilidade e pouca profundidade (planossolo háplico/nátricos) típicos do distrito, além da falta de incentivo (projetos e técnicos) por parte do governo para auxiliar nas empreitadas.

Alguns proprietários intensificaram a degradação do solo tornando-o salinizado, devido ao pensamento errôneo de que jorrando água em excesso obteriam um bom desenvolvimento de lavouras. Com o umedecimento do solo e o transporte dos minerais e da matéria orgânica, os solos já pouco fértil foi ainda mais degradado e como consequência houve perdas de plantações quase que em sua totalidade.

A construção do canal do sertão causou desde o início vários transtornos para a população, os mais relevantes foram desapropriação de casas, indenizações de propriedades rurais, barulho excessivo de explosivos, tráfego de máquinas pesadas, excesso de poeira, interrupção de acessos as propriedades rurais, limitações de horários quanto a mobilidade de trafegar pela estrada de terra que dar acesso a cidade de Delmiro Gouveia, principal cidade onde ocorre as transações e comércio. Quando o trecho foi entregue pouco tempo depois ocorreram três óbitos por afogamento nas proximidades do distrito.

Um outro problema foi a degradação do pavimento e o achatamento de tubulações de esgoto devido ao elevado tráfego de máquinas pesadas a qual o pavimento de paralelepípedo não foi projetado para suportar. Nestas fases a população teve que conviver com os problemas quanto a ligação a única rede de esgoto do distrito.

A obra impôs limitações de mobilidade durante o processo construtivo e até os dias de hoje, além de provocar degradação de várias áreas ao longo do canal, seja na etapa de obtenção de jazidas de material, seja na interferência no regime de drenagens naturais de águas pluviais. Na Figura 20 podemos ver o canal do sertão interceptando a rede de esgoto e dois riachos do distrito de Alto dos Coelhos.



Figura 20: Ação antrópica de engenharia no distrito Alto dos Coelhos. Fonte: MODIFICADO DO GOOGLE EARTH

Houve modificações na paisagem e no regime de drenagens fluviais devido a construção do canal do sertão. Podemos ver essas transformações na paisagem observando as Figuras 21 e 22, que são imagens do ponto de estudo antes e após a construção do canal do sertão, só nesse trecho da Figura 22 nota-se a construção de uma passagem subterrânea e um ponto de bueiros para passagem da rede de esgoto do distrito. Podemos vislumbrar nessas imagens ao longo do canal do sertão na longitudinal que houve o desmatamento das já escassas espécies vegetativas da caatinga.



Figura 21: Paisagem antes da construção do canal. Fonte: O AUTOR



Figura 22: Paisagem antes da construção do canal. Fonte: O AUTOR

O uso do solo para a obtenção de jazidas de materiais que atendam as especificações técnicas prevista no projeto executivo para a execução das camadas de terraplenagem se torna um fator complicado, pois os solos do distrito apresentam baixas profundidades ocasionando dessa forma, maior exploração da superfície para se conseguir um determinado volume de

material e como consequência há uma maior degradação da superfície. Na Figura 23 é possível ver a degradação ocorrida na busca por material.



Figura 23: Ponto de extração de material para os taludes do canal do sertão. Fonte: AUTOR.

3.5 Área de estudo

○ **DISTRITO ALTO DOS COELHOS**

A localização geográfica do ponto de estudo é $09^{\circ}21.404'S$ e $37^{\circ}54.470'W$ com uma elevação 275 m, localizado ao sul da cidade de Água Branca a uma distância de 11 km da cidade sede e a 10 km da cidade de Delmiro Gouveia medidos em linha reta a partir do *Google Earth*. O distrito apresenta relevo plano com poucas ondulações. O solo do distrito segundo observação do mapa de solos PARAHYBA et.al. (2007) é um Planossolo Háplico (**SX**), possui características areno-argilosas de coloração cinza claro com fraca cimentação, ausência ou pouca percepção do horizonte O e A, sendo um tipo de solo que oferece condições propícias ao desenvolvimento de feições erosivas, pois é um solo pobre em relação a camada de matéria orgânica e possui pouca profundidade, não chegando a atingir mais que 1,0 m a partir da superfície. É comum algumas manchas de solo do tipo Neossolos Regolítico (**PR**). A Figura 24 mostra o mapa de localização do Distrito Alto dos Coelhos.

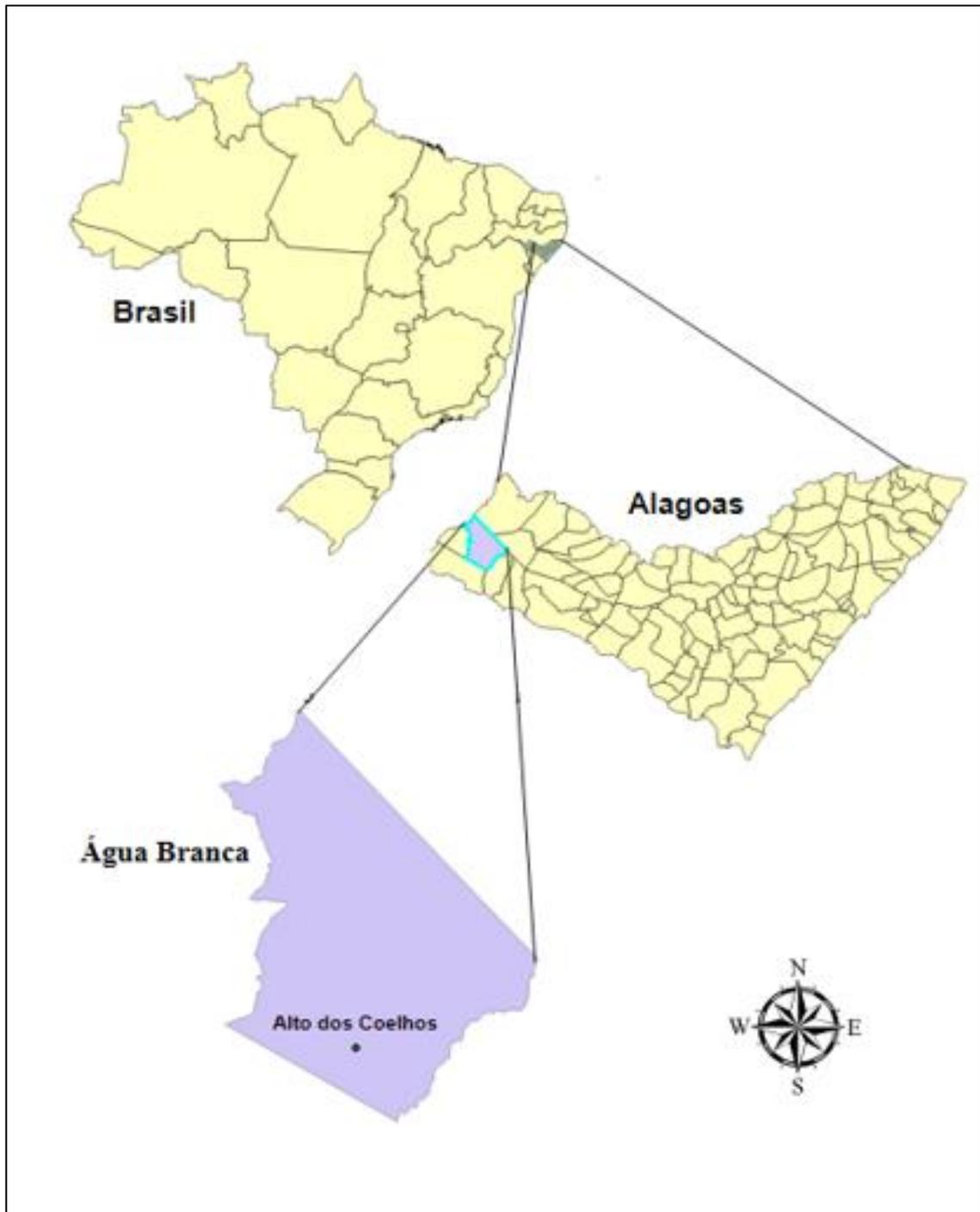


Figura 24: Mapa de localização do distrito Alto dos Coelhos. Fonte: O AUTOR.

Na Figura 25 é possível notar a localização do distrito de Alto dos Coelhos e sua proximidade da cidade de Delmiro Gouveia-AL, de modo que o relevo e as condições climáticas do distrito de Alto dos coelhos são similares as de Delmiro Gouveia-AL.

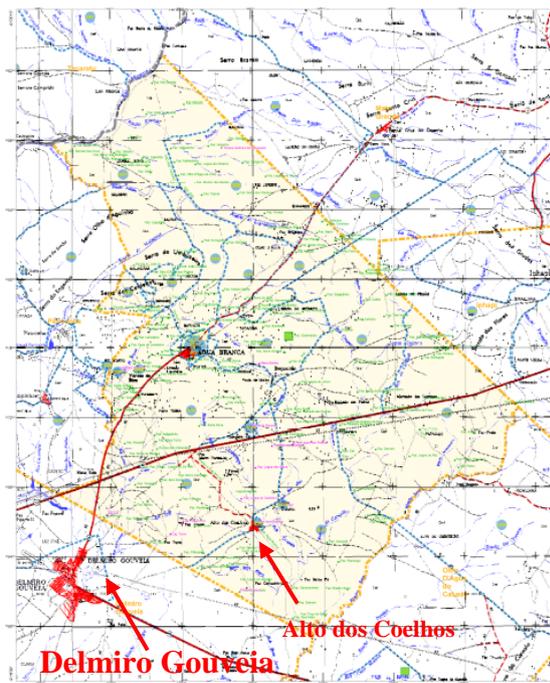


Figura 25: Localização do Distrito Alto dos Coelhos. Fonte: IBGE, 2010

▪ **Clima**

O clima do distrito de Alto dos Coelhos está inserido na porção referentes aos 70% de Água Branca com clima do tipo semiárido de classificação do *koppen* BSh com características de clima diferenciado em relação a cidade sede, sendo quente e seco e se aproximando das condições climáticas de Delmiro Gouveia de classificação do *koppen* BSh. Possui períodos e estações bem definidos pela pluviosidade, com chuvas convectivas nos períodos de novembro a janeiro e chuvas de inverno começando de maio a julho. A temperatura média anual de Delmiro Gouveia é de 25,4 °C.

▪ **Vegetação**

A vegetação predominante do distrito é a caatinga hiperxerófila e hipoxerófila. Em relação ao tipo de vegetação que compõem o revestimento superficial dos taludes do canal do sertão, a principal vegetação é a caatinga hipoxerófila, sendo em sua grande maioria composto por jurema.

▪ **Relevo**

A porção onde está localizada a cidade sede de Água Branca é a unidade geoambiental do planalto da Borborema responsável por 30% de seu território, caracterizada pelos vales

curtos e acentuados, presença de maciços e pequenas superfícies altas. A outra porção referente aos 70% está inserido na parte da depressão sertaneja com relevo constituído de ondulações leves, clima predominante é o semiárido, com vegetações da caatinga hiperxerófila e hipoxerófila. (PARAHYBA, 2007)

O relevo do distrito está inserido na depressão sertaneja, caracterizado por serras nos horizontes, localiza-se a cerca de 3 km da serra do Caraunã, que possui a maior altitude entre as vizinhanças do distrito atingindo 596 m, a Serra Negra e o Serrote da Manissobra. Sendo esses dois últimos localizados a aproximadamente 6 km do distrito e possui relevos mais suaves. Em geral o distrito apresenta-se com ondulações pequenas, possui relevo diferente da cidade sede.

▪ Solo

Segundo estudos realizados por PARAHYBA (2007) em Água Branca- AL foi possível classificar os tipos de solos encontrados e fazer o referido mapa de solos. Na Figura 26 temos o mapa de solos do território de Água Branca- AL.

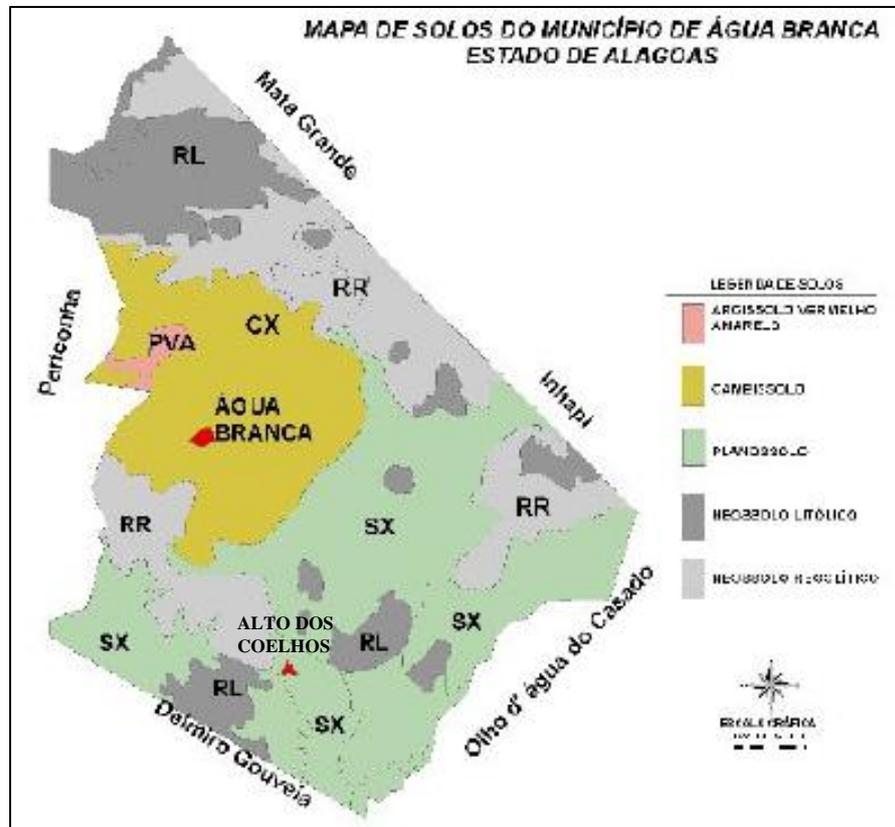


Figura 26: Mapa de Solos de Água Branca -AL. Fonte: Modificado de PARAHYBA et. al. 2007

Na Tabela 3 é possível observar as principais classes de solos de Água Branca – AL. Nestes os solos com horizonte da camada A são fracos a moderados, com exceção para os Argissolos que são de moderados a proeminente.

Classes de Solos	Área (ha)	% da área total
Planossolos Háplicos/Natricos Eutróficos e Distróficos	17.149,0	37,71
Neossolos Regolíticos Eutróficos e Distróficos	11.010,0	24,21
Cambissolos Háplicos Eutróficos e Distróficos	9.396,0	20,66
Neossolos Litólicos Eutróficos e Distróficos	7.437,0	16,36
Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos e Distróficos	399,0	0,88
Área urbana	81,0	0,18
Total	45.472,0	100,00

Tabela 3: Principais Classes de solos do mapeamento do município de Água Branca- AL. Fonte: PARAHYBA et. al. 2007.

O solo encontrado na maior porção do distrito é do tipo **SX** (Planossolo Háplico eutrófico textura arenosa média), de cor cinza claro, com características areno-argilosas de difícil condição de infiltração, ou seja, possui grandes dificuldades de permeabilidade. O solo apresenta grandes quantidades de sódio, baixo desenvolvimento de camadas férteis, pouca profundidade e a composição das camadas ao longo da profundidade são pouco distinguidas.

O solo possui algumas características de solo expansível, tipo de solo que expande quando entra em contato com água e se contrai devido à perda de água por evaporação. Quando secos são extremamente duros, assemelhando-se às rochas, mas ao submergi-los em água dissolvem-se rapidamente.

A Figura 27 mostra um perfil do solo do distrito Alto dos Coelhos com 60 cm de profundidade próximo a uma jazida de material. Nesta imagem nota-se o acúmulo de solo fino de coloração cinza claro.



Figura 27: Perfil de solo próximo a uma jazida de material. Fonte: O AUTOR

Fazendo algumas visitas de campo através da identificação do solo de forma tátil visual foi possível observar vários aspectos do solo que recobre os taludes quando submetido a saturação completa. Vale destacar os seguintes comportamentos: desmancham-se rapidamente quando submergido em água, o solo é bem graduado, não resiste a pequenos esforços axiais sem trincar, a coesão das argilas não consegue manter uma boa união das partículas de solo, quando se joga água na mão depois de ter feito o ensaio da moldagem da bolinha a mão fica praticamente limpa de resíduos de argila.

○ O CANAL DO SERTÃO EM ALTO DOS COELHOS

As características de localização do canal do sertão no distrito Alto dos Coelhos no ponto de estudo compreendem as fases do 2º trecho da obra realizados e em operação desde 2013, correspondentes as primeiras etapas de construção com extensão dos trechos 1 e 2 totalizando 64,7 km (INFRAESTRUTURA URBANA, 2015).

A vegetação predominante nos taludes do canal é do tipo hipoxerófila composto por juremas em sua grande maioria.

A obra favoreceu ao distrito em relação a geração de emprego nas fases de construção dos trechos e na valorização de propriedades rurais após a construção, pois uma grande margem que o delinea oferece seções trapezoidais com condições topográficas favoráveis, onde a água atinge grandes distâncias através da força da gravidade. O distrito do Alto dos Coelhos conta

com grande potencial de desenvolvimento para a implantação de técnicas de irrigação com os devidos acompanhamentos técnicos. A Figura 28 mostra uma vista panorâmica superior do canal do sertão margeando o distrito de Alto dos Coelhos e a localização do ponto de estudo, nela podemos ver o canal em seção trapezoidal margeando o distrito, além de um PA (ponte aqueduto).



Figura 28: Vista do canal do sertão margeando o distrito Alto dos Coelhos, ponto de referência serra do Caraunã alt. 596 m. Fonte: O AUTOR

O canal do sertão no distrito de Alto dos Coelhos enfrenta os seguintes problemas: degradação dos solos como no caso do uso excessivo de água, abertura de valas na crista do talude, degradação da estrada de terra e a presença de animais pastando a já escassa vegetação de gramíneas e fazendo veredas por onde a água encontra melhores condições de promover o transporte de massas dos taludes. Na Figura 29 nota-se ovelhas próximo a área de estudo, esses animais contribuem para a degradação do sistema de proteção vegetal dos taludes.



Figura 29: Criação suprimindo a vegetação do talude. Fonte: O AUTOR

A abertura de valas na crista do talude para inserção de tubos de captação de água, muitas vezes contribui para a intensificação de processos erosivos, pois na maioria das vezes abre-se a vala, mas não é realizado o seu fechamento. A Figura 30 mostra uma vala aberta com tubo 50 mm criando uma condição para o processo de movimentação de massas e intensificação de ravinamentos.



Figura 30: Abertura de valas na crista do talude. Fonte: O AUTOR

4. METODOLOGIA

O método adotado neste trabalho consistiu em dividir uma superfície dos taludes do canal do sertão na direção longitudinal. Foram escolhidas duas faixas de análise, sendo uma denominada lateral esquerda, e a outra lateral direita. A maior incidência dos focos erosivos ficou localizada entre essas duas laterais, o que justifica a escolha de estudar essas superfícies e avaliar possíveis formações de feições erosivas, além de acompanhar o desenvolvimento das ravinas centrais.

Após a escolha das feições em início de processo erosivo, prosseguiu-se uma enumeração das ravinas centrais de 1 a 4, a fim de acompanhar a evolução. A Figura 31 mostra o esquema da área de estudo com as dimensões reais medidas *in loco*.

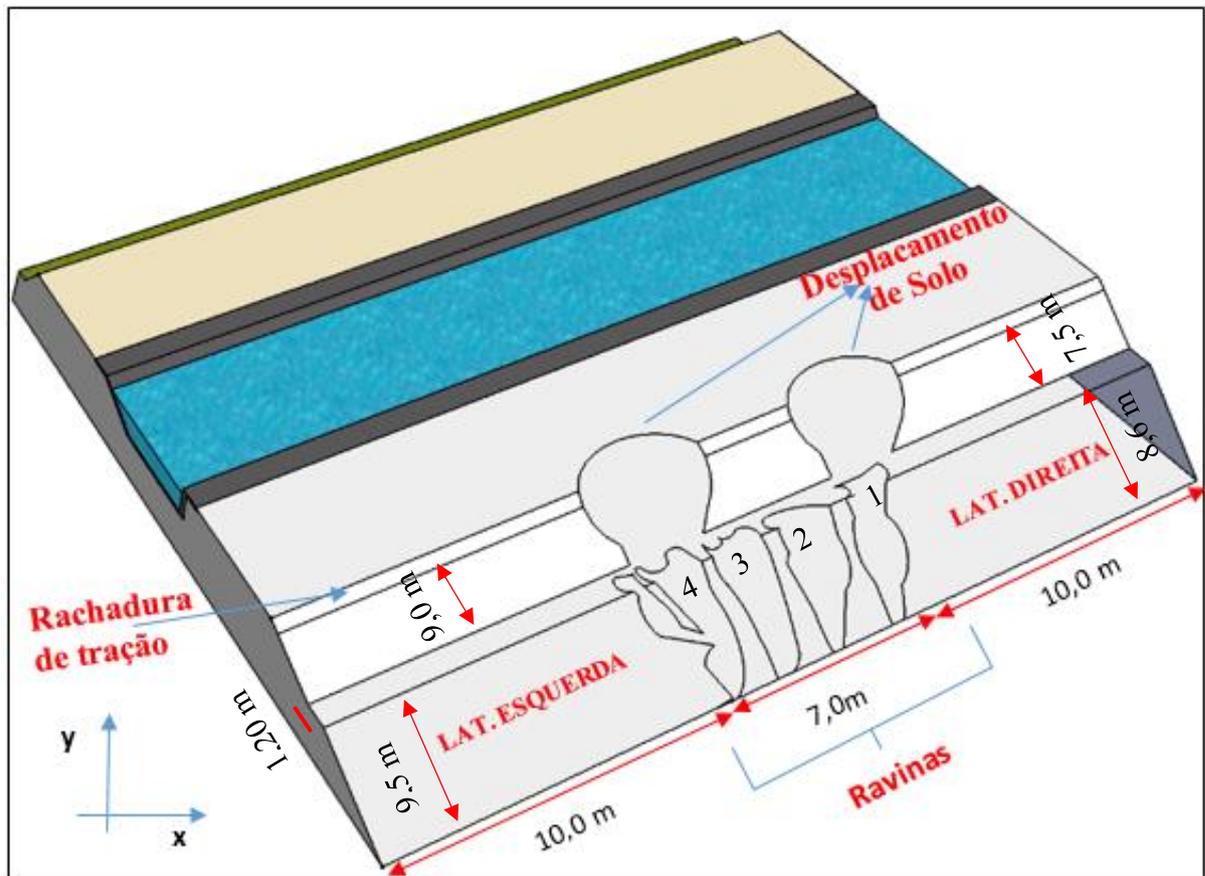


Figura 31: Esquema de estudo das superfícies. Fonte: O AUTOR

Para a análise das condições em que se encontram as erosões superficiais em taludes do canal do sertão, os procedimentos utilizados para análises foram:

- a) Fotografias das feições erosivas mensalmente obtidas a partir do mês de março de 2016;
- b) Levantamento métrico de comprimento, profundidade e extensão das ravinas centrais mensalmente começando a computar os dados a partir dos meses de junho a setembro de 2016. Neste período os taludes enfrentaram as precipitações de inverno;
- c) Coleta de amostras de solo das laterais colhidas no centro do talude semanalmente para análise laboratorial de teor de umidade e verificações de pH;
- d) Levantamento diário de temperaturas das ravinas centrais com respeito a medidas de temperatura interna, externa e umidade relativa do ar.

As medições das ravinas foram aferidas utilizando a proposta vista nos trabalhos de CHEROBIN (2012), onde o autor mostra a relação entre os tipos de voçorocas conectadas ou não a rede de drenagem e as suas relações com a gênese do processo erosivo.

Foram aplicados os seguintes princípios básicos para avaliar e estudar os processos erosivos, dentre estes pode-se citar: medições e observações em campo, coleta de dados de chuva da estação pluviométrica de Delmiro Gouveia- AL através do hidroweb, devido as condições de clima do distrito estarem mais próximas da cidade de Delmiro Gouveia - AL, fotografias das feições e a utilização de ensaios de laboratório, para avaliar as possíveis causas do aparecimento das ravinas.

4.1 Análise de Laboratório

4.1.1 Teor de umidade

Os ensaios de teor de umidade foram realizados no laboratório de saneamento da UFAL- *Campus do Sertão* seguindo os seguintes passos, coleta de materiais das laterais, pesagem das amostras em balança de precisão, uso de capsulas de material cerâmico, utilização de estufa á $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e dessecador para aguardar o resfriamento das amostras. Foi deixado a amostra em estufa por um período de 24 h.

- **1º passo**

Foi coletado material das laterais direita e esquerda do talude, colocado em sacos plásticos para evitar a perda de umidade da amostra. Na Figura 32 temos as amostras em (a) e em (b) a pesagem do material.



(a)



(b)

Figura 32: Etapas de ensaio. (a) amostra em sacos plásticos. (b) balança. Fonte: O AUTOR

- **2º Passo**

Em seguida utilizou-se a estufa por um período de 24 h, e posteriormente o dessecador e a balança para determinação do teor de umidade da amostra. Na Figura 33 podemos ver em (a) a mostra na estufa e em (b) a mesma amostra no dessecador aguardando o resfriamento.



(a)



(b)

Figura 33: Em (a) amostra de solo em estufa, (b) utilização de dessecador. Fonte: O AUTOR.

- **3º Passo**

Utilizou-se a Equação 04 para a determinação do teor de umidade segundo a norma do DNER-ME 213/94.

$$h = \frac{mbu - mbs}{mbs - m} \times 100 \quad (04)$$

Onde:

h = teor de umidade do solo (%);

mbu = massa de solo úmido mais a massa da capsula (g);

mbs = massa de solo seco mais a massa da capsula (g);

m = massa da capsula (g).

4.1.2 Limites de Atterberg

De acordo com BRAJA (2007), a definição dos limites de Atterberg, ou Limites de Consistência são de grande importância em obras de engenharia, pois através destes consegue-se obter os limites de liquidez (LL) e limites de Plasticidade (LP). Com estes, determina-se o índice de Plasticidade do solo (IP), que é a base do sistema unificado de classificação dos solos através da seguinte Equação 05:

$$IP = LL - LP \quad (05)$$

- **Limites de Liquidez**

O limite de liquidez é determinado como sendo a relação entre a variação do teor de umidade da amostra para coletar pontos em gráfico semi-logaritmo que correspondam a aproximadamente uma reta. Neste gráfico são plotados a umidade *versus* o número de golpes para fechar uma ranhura central de 2 mm. Essa reta é chamada de reta de fluidez e o valor LL é a porcentagem do teor de umidade correspondente a 25 golpes (BRAJA, 2007).

▪ Limites de Plasticidade

O limite de plasticidade é obtido fazendo-se uma bolinha com uma porção de 3g usando uma placa de vidro a qual faz-se um cilindro rolando a amostra sobre esta. Tenta-se dar a forma de um cilindro de 3 mm de diâmetro por 100 mm de comprimento. Quando se consegue, e nota-se que estão ocorrendo fissuras coleta-se parte do cilindro pesa e leva para a estufa e determina-se o teor de umidade, e repete-se esse procedimento três vezes. O resultado não deve diferir em 5% da média das amostras (NBR 7180, 1984).

A Figura 34 mostra a instrumentação e a amostra de solo do canal do sertão para o ensaio de LL e LP.



Figura 34: Instrumentos para ensaio de LL e LP. Fonte: O AUTOR

4.1.3 Ensaio de pH

A determinação do pH (potencial hidrogeniônico) é composto por uma escala que vai de 0 a 14, em que os valores compreendidos de 0 a 7 são considerados ácidos, enquanto os valores próximos de 7 são considerados neutros. Já os valores acima de 7 são considerados básicos.

A determinação dos níveis de pH do solo se torna importantes, pois vegetações em meio ácido possuem poucas chances de desenvolvimento. Em muitos casos é preciso fazer uma calagem do solo através de estabilizações alcalinas com a inserção de calcários, para elevar os

teores de cálcio e magnésio no solo, mantendo assim, as condições ideais para o desenvolvimento da vegetação (LOPES et. al, 1991).

Os ensaios de pH foram realizados semanalmente no laboratório de saneamento da UFAL- *Campus do Sertão* para ambas as laterais utilizando o pHmetro da Kasvi, que realiza leituras de pH. Os procedimentos adotados foram os seguintes.

▪ 1° Passo

Utilizou-se diluição de uma amostra de 20g de solo em 20 ml de água destilada com pH neutro, prosseguindo-se em seguida agitação com bastão de vidro por 10 minutos para obter uma solução homogênea do solo a ser ensaiado. A Figura 35 mostra as etapas para obter o pH da amostra em (a) tem-se o béquer com 20g de solo e uma medida de 20ml de água, já em (b) tem-se a amostra pronta após prosseguido 10min de agitação com bastão de vidro.



(a)



(b)

Figura 35: Etapas de ensaio de pH, em (a) preparação da amostra, (b) solução pronta para medição. Fonte: O AUTOR

▪ 2° Passo

Após a solução pronta prosseguiu-se com a determinação do pH com o pHmetro da Kasvi introduzindo o sensor na amostra preparada e fazendo a referida leitura. Os resultados de pH ao longo de todo o estudo encontram-se em Apêndice item 8.5 e as médias foram apresentadas em forma de gráficos e tabelas. Na Figura 36 podemos ver como se deu a aferição do pH da amostra.



Figura 36: Uso do phmetro para obtenção do pH do solo. Fonte: O AUTOR.

4.2 Trabalhos de Campo

4.2.1 Levantamentos Métrico e Visual

- **1º Passo**

Os trabalhos de campo foram de grande relevância, primeiramente para ter um contato direto com o problema em estudo, em seguida para tentar visualizar sua gênese e registrar através de fotografias e medições, serviu ainda para realizar análises tátil-visual do solo, como: verificar a textura, composição granulométrica etc.

Foi realizado um levantamento diário de temperaturas e umidade relativa do ar internas e externas com relógio termo higrômetro em cada uma das 4 ravinas centrais a fim de verificar as condições climáticas a que as ravinas estavam submetidas. Os quantitativos são apresentados em forma de tabelas e gráficos nos resultados e em Apêndice 8.4. A Figura 37 mostra como se deu a aferição das medidas de temperaturas internas, externas e umidade relativa do ar, através da utilização de um relógio termo higrômetro colocado no interior de cada ravina e o seu sensor externo colocado na superfície do solo fora da ravina.



Figura 37: Obtenção dos valores de temperatura externos, internos e umidade relativa do ar. Fonte: O AUTOR.

▪ 2° Passo

Uma segunda interação com o estudo de campo foi a realização de levantamentos quantitativos das feições erosivas centrais abaixo dos deslocamentos do talude superior. Foram realizadas medições de largura, profundidade e extensão para cada ravina. Foram medidos, também, as larguras, profundidade e extensão dos deslocamento que se encontravam na parte superior do talude.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Cálculo do fator de Erosividade (R)

Os índices pluviométricos de Água Branca diferem dos de Delmiro Gouveia devido às condições, de relevo e clima. Como as condições de relevo e clima do distrito de Alto dos Coelhos estão mais próximas das de Delmiro Gouveia-AL, foi utilizado a série histórica de pluviometria de Delmiro Gouveia para a determinação do fator de erosividade (R).

O surgimento dos vários problemas de deslizamentos e ravinamentos nos taludes do Canal do Sertão tiveram iniciado seu processo devido as chuvas convectivas de verão, caracterizadas pela alta intensidade das precipitações em janeiro de 2016, estas motivaram a escolha por este estudo.

Os registros de pluviometria ocorridos em janeiro de 2016 para a cidade de Delmiro Gouveia-AL atingiram uma média histórica de 253 mm de precipitação segundo dados da SEMARH (ALVES, 2016).

Foram calculados os respectivos valores de erosividade médio dos meses e anos para os valores de precipitação mensal acumulada para uma serie de 20 anos. Esses valores demostram os meses que apresentam maiores capacidades de desenvolver processos erosivos.

A partir dos dados pluviométricos da estação de Delmiro Gouveia nº 937013 que fornece a base de dados sobre séries históricas de precipitações ao banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), calculou-se o fator EI30 que se refere a energia que água possui de causar erosão. O fator EI30 foi calculado com a utilização da Equação 02 usando os dados pluviométricos de uma serie de 20 anos. Com a Equação 03 foi obtido o valor da **R** (erosividade da chuva anual) que é um dos fatores da EUPS. Os dados estão dispostos na Tabela 4.

PERIODO	Media total mensal	Media Total Anual (1995/2015)	EI30
1995	43,63		214,64
1996	38,43		172,99
1997	54,83		316,43
1998	13,44		29,00
1999	38,98		177,22

2000	45,91		234,01
2001	37,02		162,29
2002	41,98		200,96
2003	27,92		100,46
2004	36,73		160,12
2005	70,80		488,73
2006	41,84	486,94	199,87
2007	47,83		250,93
2008	38,93		176,83
2009	49,58		266,74
2010	52,39		292,93
2011	56,65		334,55
2012	16,78		42,26
2013	31,24		121,64
2014	44,74		223,99
2015	22,50		69,62
∑EI30= R			4236,20

Tabela 4: Valores do índice de erosividade média anual para a estação pluviográfica de Delmiro Gouveia - AL.
Fonte: O AUTOR.

Os dados da Tabela 4 permitiram observar que os valores do índice de erosividade (**EI30**) médios anual e a erosividade total (**R**) ao longo dos 20 anos apresentaram valores baixos de acordo a classificação da Tabela 1. Observou-se também que, de acordo com a Tabela 5 o índice de erosividade média por meses revelou valores de 408,48 MJ*mm/há*h*mês para o mês de maio, sendo o mês com maior probabilidade de ocorrência de erosões. Esse resultado é compreensível, visto que, ocorrem chuvas de inverno nesse período de maio a julho. Porém, o mês mais preocupante é fevereiro com um índice de erosividade de 389,77 MJ*mm/há*h*mês, quando as chuvas são de alta intensidade e apresentam maior potencial de causar erosões, pois encontra a superfície do solo seca e mais exposta as elevadas temperaturas de verão.

EROSIVIDADE MENSAL			
MESES	MEDIA	EI30	R
JAN	33,78	138,89	
FEV	61,98	389,77	
MAR	56,73	335,39	
ABR	47,00	243,55	
MAI	63,71	408,48	
JUN	58,07	348,95	
			4241,89

JUL	53,95	307,88
AGO	27,52	98,04
SET	14,94	34,72
OUT	16,86	42,61
NOV	22,41	69,15
DEZ	29,98	113,41
ANUAL	486,94	2530,85

Tabela 5: Valores de Erosividade mensal ao longo dos 20 anos (1995/2015) de precipitação. Fonte: O AUTOR

5.2 Temperaturas e Umidades Relativas do Ar

São dispostos médias de temperaturas interna, externa e umidade relativa do ar para as quatro ravinas centrais em estudo. Os valores de temperaturas interna, externa e umidade relativa do ar foram medidos diariamente.

A Tabela 6 mostra os valores de temperaturas (interna e externa) máxima e mínima diária e médias de temperatura, além das médias de umidade relativa para os meses de junho a setembro para as quatro ravinas centrais, além de apresentar o desvio padrão da amostra para as temperaturas interna e externa para cada ravina em estudo.

MÉDIAS GERAIS DE TEMPERATURA						
		Ravinas	1	2	3	4
Diárias	T ^o _{interna} Máx		46,5	42,9	44,0	44,6
	T ^o _{interna} Min.		25,1	25,1	25,4	25,7
	T ^o _{externa} Máx.		39,9	39,2	40,0	38,8
	T ^o _{externa} Min		25,1	24,8	24,6	25,9
Médias	$\bar{T}^o_{interna}$		32,0	31,3	30,6	29,9
	Desvio. P.		4,31	3,94	3,28	2,53
	$\bar{T}^o_{externa}$		30,9	30,5	31,1	31,5
	Desvio. P.		3,67	3,55	3,86	3,72
	UR (%)		47,5	48,4	52,3	52,2

*UR (%) refere-se a Umidade Relativa do ar em porcentagem.

Tabela 6: Valores de máxima, mínima e medias de temperatura para as ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.

Pode-se observar na Tabela 6 que a ravina 4 é a feição erosiva que apresenta maior profundidade, pois sua temperatura média interna é a menor entre as quatro ravinas, esse fato ocorre devido as paredes laterais dessa ravina criarem uma espécie de sombra que diminui a incidência de raios solares e a temperatura interna. Já as ravinas 1 e 2, mostraram-se mais rasas

e com temperaturas médias internas maiores que a do ambiente. Neste caso, isso se deve pela falta de cobertura e maior incidência de raios solares. A umidade relativa do ar também é maior nas ravinas mais profundas e menor nas mais rasas.

A Figura 38 apresenta um gráfico de valores médios de temperatura externas e internas de cada ravina ao longo de todo estudo. Esses dados permitiram observar a evolução das profundidades das ravinas. Uma questão relevante neste gráfico pode ser vislumbrada pelo sentido da seta, que indica a diminuição da temperatura interna como uma correlação com a profundidade das ravinas.

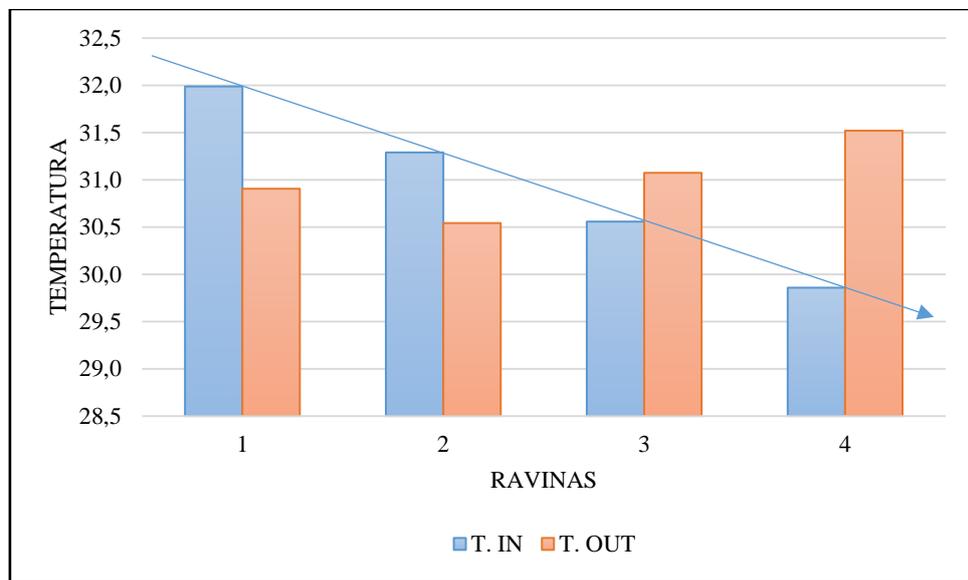


Figura 38: Temperaturas médias internas e externas de cada ravina. Fonte: O AUTOR.

Durante os meses observados no estudo notou-se que, nos períodos de chuva de inverno os padrões pluviométricos foram baixos. A camada perceptível de umidade chegou a atingir apenas 10 cm de profundidade, não ocorrendo altos níveis de saturação da camada.

As chuvas que ocorreram durante o período dos meses de maio a julho de 2016 foram de baixa intensidade e de curta duração, não chegando a ocorrer precipitações em 2 dias seguidos durante a semana de cada mês. Uma outra característica do clima nesse período foi a presença de insolação e aumento da temperatura após pequenas precipitações, como resultado dessa variação de temperatura aplicados a um solo com a presença de argila em alguns pontos do talude, foi frequente o desprendimento de partículas de solo devido atividades da argila com

relação a expansão e contração dentro das ravinas observadas. A Figura 39 mostra que na ravina 4 apesar de haver uma camada bastante arenosa em sua superfície, em seu interior eram bastante visíveis as rachaduras e o desprendimento de solos argilosos submetidos a grandes variações de temperatura, isso se dar tanto na ravina 4 como nas demais ravinas em estudo.



Figura 39: Expansão e contração do solo nas paredes da ravina 04. Fonte: O AUTOR

5.3 Médias mensais de teores de umidade e pH do solo

O maior valor do teor de umidade do solo durante o período de pesquisa foi para a lateral direita do talude, com apenas 9,89 %, o respectivo valor do pH na semana S5 do mês de Junho 2016 foi de 8,4 (em Apêndice 8.5), o que indica características básicas ou alcalinas, sendo necessário a correção do pH com enxofre em pó e sulfatos de ferro para diminuir a alcalinidade e assim obter um bom desenvolvimento da vegetação, tendo em vista que vegetações se desenvolvem melhor em ambientes com pH neutro. O menor teor de umidade do solo revelou valor de 0,67%, e pH de 6,36 para lateral esquerda na semana S3 de setembro 2016 (em Apêndice 8.5).

A Tabela 7 mostra as médias mensais de teores de umidade e pH, nota-se que o mês mais úmido de junho apresentou um pH > 7,0 com características básicas, já em agosto o mês mais seco possui pH < 7,0 levemente ácido. Dessa forma, o melhor período para realizar uma possível proteção dessas laterais com uso de biomantas, geomantas ou hidrossemeadura devem ocorrer antes dos meses de inverno, pois o pH não varia muito em relação aos meses secos e

chuvosos. Uma outra observação importante é que durante o período do estudo a lateral direita apresentou no geral pH básico enquanto a lateral esquerda apresentou no geral pH ácido.

MÊS	TEOR DE UMIDADE (%)		pH	
	LAT. DIR	LAT. ESQ.	LAT. DIR	LAT. ESQ.
JUN	4,34	4,66	7,60	7,66
JUL	3,94	4,23	8,17	7,54
AGO	1,93	1,62	6,87	5,89
SET	2,81	2,48	7,87	6,59

Tabela 7: Médias de umidade e pH. Fonte: O AUTOR.

A Figura 40 apresenta a amostra de solo da semana S5 (em Apêndice 8.5), que teve o maior teor de umidade durante todo o estudo, nesta fica claro a diferença entre as amostras de solo das laterais esquerda e direita, respectivamente. Nota-se que a amostra da lateral esquerda possui características bastante arenosa, com grãos relativamente mais soltos. Já na lateral direita a amostra apresenta-se com mais capacidade de manter as partículas do solo juntas e de reter água, além de possuir maior concentração de argila.



Figura 40: Material das Laterais em análise no período de maior teor de umidade. Fonte: O AUTOR.

A Figura 41 mostra os valores médios do teor de umidade (%) e o referido pH medidos semanalmente para a lateral direita e esquerda de cada mês. É evidente que a umidade da lateral esquerda foi maior para os meses mais chuvosos, junho e julho, e menor nos meses mais secos

agosto e setembro, isso se deve ao material da lateral esquerda ser mais poroso (arenoso). E da mesma forma como oferece boa permeabilidade para a infiltração, também perde umidade rápido devido à alta porosidade.

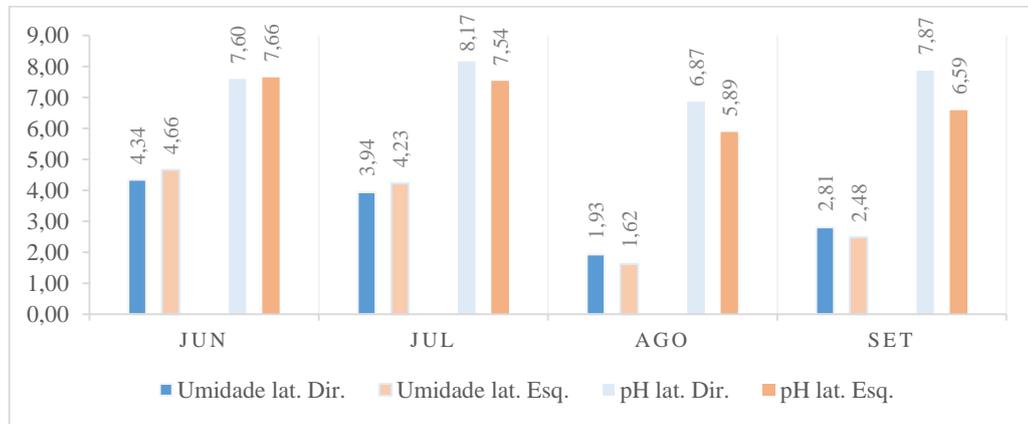


Figura 41: Médias de umidade (%) e pH, para as 4 ravinas ao longo dos quatro meses em estudo. Fonte: O AUTOR.

Algumas amostras de solo foram coletadas para a determinação dos Limites de Atterberg, a fim de serem submetidas aos ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, porém não foi possível realizar esses experimentos devido a porção fina ser bastante arenosa. Sendo assim, de acordo com a especificação da norma, nestes casos, o solo foi classificado como não líquido e não plástico. O que faz todo o sentido já que no local onde foi coletado a amostra de solo para o ensaio, ocorreram grandes deslizamentos de terra e o surgimento de sulcos e ravinas por conta que o solo possui características arenosas e não possui resistência quanto ao aumento no teor de umidade. Nestes ocorrem ravinamentos sem qualquer resistência do solo quando submetido a chuvas.

A Figura 42 mostra um material arenoso e quebradiço sem possibilidade de obtenção de LL e LP. Segundo a norma do DNER-ME 122/94 para LL e DNER-ME 082/94 para LP classifica-se o solo como não líquido e não plástico.



Figura 42: Material arenoso, quebradiço, não líquido e não plástico. Fonte: O AUTOR

5.4 Levantamento métrico

Durante o período da pesquisa foram realizadas medições *in loco* do tamanho das aberturas das feições erosivas com o objetivo de acompanhar as evoluções, mesmo considerando o tempo curto de análise. A Tabela 8 mostra a variação das medições nos meses de junho e julho. Essas medições foram realizadas sempre após a incidência de chuva ou no fim de cada mês, computando o maior valor. As dimensões das ravinas centrais tiveram suas ampliações nos meses de junho a julho em poucos centímetros, principalmente por alargamento das paredes laterais devido a saturação superficial. Houve aumento da degradação das bermas em profundidade e diminuição das extensões devido a deposição dos sedimentos no pé do talude. Nos demais meses não houve alteração das dimensões permanecendo os valores de julho.

RAVINAS	Medidas de Ravinas (JUNHO)			Medidas de Ravinas (JULHO)		
	Larg. (m)	Prof.(m)	Ext.(m)	Larg. (m)	Prof.(m)	Ext.(m)
1	0,60	0,20	7,00	0,65	0,21	6,95
2	1,35	0,65	6,00	1,43	0,68	6,00
3	1,35	0,52	5,00	1,45	0,54	5,00
4*	1,45	0,65	7,00	1,52	0,75	6,80

*Duas ravinas interligadas, na tabela a de maior dimensão.

Tabela 8: Dimensões das ravinas no mês de junho/julho 2016. Fonte: O AUTOR

A Figura 43 mostra o alargamento das paredes da ravina 04 nos períodos de junho a julho. Neste período houve alargamento em todas as ravinas do talude em estudo, além do

surgimento de pequenos sulcos dentro dos deslocamentos próximo ao topo do talude. Notou-se ainda, um pequeno aumento de rachaduras de tração na direção longitudinal ao canal do sertão na crista do talude, estas estão avançando em direção às paredes de concreto do canal.



Figura 43: Alargamentos das paredes laterais das ravinas. Fonte: O AUTOR.

Nos dois deslocamentos próximos ao topo do talude que se estende até as bermas, foi carregada uma quantidade significativa de sedimentos, o que causou um sobrepeso sobre a rala vegetação de jurema. No período deste estudo foi observado o surgimento de pequenos sulcos e quase nenhum desenvolvimento de vegetação no interior dos deslocamentos, como pode ser observado na Figura 44.



Figura 44: Surgimento de sulcos dentro dos deslocamentos próximos a crista do talude. Fonte: O AUTOR.

As rachaduras por tração ao longo do topo do talude na direção longitudinal podem estar relacionadas a má execução das obras de terraplenagem, devido as elevadas alturas e o perigo com as máquinas pesadas nas bordas dos aterros. Para tentar contornar esse problema, é comum a realização de um aterro com maiores dimensões com a finalidade de atender as especificações de projeto. Porém, com esse artifício pode ocorrer que essas bordas deslizem carregando material e deixando a superfície do talude desprotegido e sujeito a formação de focos erosivos. A Tabela 9 mostra as medidas dos deslocamentos na parte superior do talude.

DESCRIÇÃO	DIÂMETRO (m)	PROF. (cm)	EXTENSÃO (m)
Deslocamento Dir.	4,5 ~ 5,0	25 ~ 40	7,5
Deslocamento Esq.	4,6 ~ 5,0	25 ~ 35	8,4

Tabela 9: Medidas dos deslocamentos acima das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR

Na Figura 45 nota-se a gravidade dos deslizamentos na crista do talude do Canal do Sertão. No local onde ocorreu os deslocamentos é possível observar o grande volume perdido, pois existe uma diferença em comprimento de 1,80 m em relação onde não ocorreu deslizamentos. Esse volume de solo causou a intensificação de processos erosivos (ravinas) na parcela do talude inferior (depois das bermas), causando também sobrecarga na vegetação.

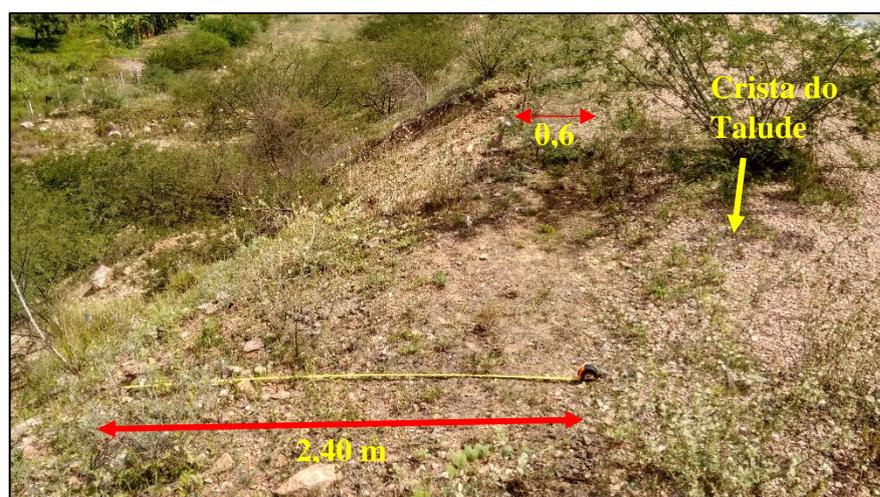


Figura 45: degradação do topo do talude por deslizamento. Fonte: O AUTOR.

Uma sugestão para a atenuação dos problemas de ravinamentos na porção inferior do talude e nos deslocamentos na parte superior do talude acima descritos deve passar por serviços manuais de correção dessas superfícies e controle do pH. É interessante o uso das técnicas de biomantas, mas é preferível a aplicação das geomantas pela maior resistência às intempéries e à fotodegradação. Esta técnica (geomanta) pode ser empregada em conjunto com as espécies de capim Buffel e plantas nativas que ofereçam boa resistência nas épocas de secas através das técnicas de hidrossemeadura.

Todas as técnicas descritas nas referências deste trabalho conseguem atingir um determinado controle dos processos erosivos. A seguir descreve-se uma análise das técnicas com os referidos pontos sobre a respectiva aplicação, assim como a justificativa da escolha das geomantas em conjunto com as técnicas de hidrossemeadura para uma melhor correção dos processos erosivos superficiais em taludes do distrito de Alto dos Coelhos.

- Sobre o concreto projetado é preferível a aplicação em taludes mais íngremes. Além disso, deve-se usar um bom sistema de drenagem para evitar erosões internas.
- As biomantas são boas pela capacidade que possuem de se auto degradar, além de fornecer adubo as espécies em desenvolvimento. Em contrapartida, pode ocorrer a degradação antes de um bom desenvolvimento das vegetações;
- As geomantas conseguem desempenhar uma melhor performance, pois possuem maior resistência às intempéries, garantem uma boa resistência ao maciço através de suas fibras, fornecem melhores condições de infiltração, ajudam no desenvolvimento da vegetação, além de conciliarem o que dizem as normas sobre a utilização da vegetação nativa como forma de proteção de taludes;
- A hidrossemeadura pode ser usada de forma individual ou em conjunto com as técnicas de biomantas e geomantas.

As técnicas de geomantas combinadas com a hidrossemeadura são apropriadas para a contenção de processos erosivos, mas uma sugestão interessante para toda a obra do canal do sertão seria a sua aplicação apenas em pontos críticos, ou seja, onde existam materiais mais erodível ou grandes comprimentos de rampa, onde a probabilidade da ocorrência de processos erosivos seja mais intensa.

5.5 Matriz de Risco

A elaboração da matriz de risco tem como objetivo avaliar os impactos antes e após a construção da obra do Canal do Sertão. Essa matriz leva em conta os critérios para avaliação do risco de acordo com o proposto por MELLO (2009).

- Severidade do grau de influência do impacto em áreas vizinhas a obra;
- Indicativo da probabilidade de percepção do impacto;
- Área de influência a qual indica onde o impacto traz consequências.

Para os critérios de avaliação a pontuação varia de 1 a 5, sendo 1 o menor fator e 5 o maior. Esta análise foi realizada a partir da avaliação dos potenciais riscos por atividades antrópicas realizadas no meio ambiente, e que de certa forma, afetaram o distrito de Alto dos Coelhos. A matriz de risco revela alguns dos impactos considerados de maior importância antes e após a construção do canal do sertão.

A Tabela 10 apresenta a matriz de risco em conjunto com uma análise pontual de cada impacto. Sabe-se que com a construção dessa obra existe ainda outros impactos que foram influenciados. Os impactos considerados mais relevantes foram listados na abaixo.

ANALISE DE RISCO						
ATIVIDADE	IMPACTOS	Critérios de Avaliação			Produto	
		Severidade	Probabilidade	Área de influencia		
Obra de terraplenagem do Canal do Sertão	FASE CONSTRUTIVA	Desmatamentos	3	4	3	24
		Exploração de jazidas	4	3	4	48
		Má execução de terraplenagem	5	3	3	45
		Falta de proteção dos taludes	5	4	3	60
		Desapropriação	3	3	1	9
		Poluição	3	4	3	36

Obra de terraplenagem do Canal do Sertão	FASE DE OPERAÇÃO	Deslizamentos de terra	4	4	3	48
		Degradação visual dos taludes	5	5	1	25
		Insegurança pela população	2	3	4	24
		Vegetação ineficiente	4	4	2	32
		Assoreamento de bueiros	4	2	2	16
		Falta de gerenciamento	4	5	3	60

Tabela 10: Análise de riscos e impactos ambientais. Fonte: O AUTOR.

Os impactos gerados pela implantação da obra do canal do sertão são diversos, principalmente os que afetam diretamente o meio ambiente. Essa matriz pode ser usada como um dispositivo para dispendir recursos no controle de feições erosivas na fase de operação, além de servir para traçar planos de mitigação e gerenciamento dos riscos causados pela obra.

Em relação à execução da obra pode-se afirmar que revelou um risco elevado, tanto por questões econômicas, quanto para o meio, pois houve perdas de solo local, rupturas de camadas e degradação visual dos taludes. A obtenção dos valores da matriz de riscos da Tabela 10 é um processo subjetivo que utiliza os critérios da Tabela 02 para realizar a referida pontuação. Nos parágrafos que se segue há uma explicação da referida pontuação referente aos impactos considerados na matriz.

Os desmatamentos, exploração de jazidas e a poluição são considerados riscos diretos ao meio ambiente, sendo que a exploração de jazidas possui maior risco por conta que, para explorar é preciso gastar energia e desmatar. Essas atividades geram poluição devido ao uso de máquinas pesadas.

A ausência de gerenciamento da obra é considerada o maior risco na fase de operação tendo em vista que, a falta de uma fiscalização mais rigorosa acarreta problemas como: a conservação da obra, degradação dos taludes, insegurança pela população. Os deslizamentos de

terra são riscos que podem ocorrer, tais como: soterramento de superfícies a jusante, perda da vegetação de proteção do talude, degradação visual, enfraquecimento das camadas de compactação etc. O assoreamento de bueiros foi considerado de menor importância, devido a área de influência, e a probabilidade de ocorrência ser considerada baixa.

A insegurança por parte da população diante da obra do canal retornou um valor próximo ao médio em relação ao maior risco, pois ela tem um valor próximo ao máximo em relação a área de influência, onde o impacto traz consequência, principalmente em questões sociais. A vegetação ineficiente retornou um valor um pouco acima da média por conta que, esse impacto em relação a obra mostra valores altos de severidade e área de influência.

5.6 Redes de Interação Aplicados ao Canal do Sertão

O método das redes de interação aplicados a obra do Canal do Sertão foi realizado da seguinte forma: foram listadas as atividades potenciais causadoras de instabilidade dos taludes, bem como os problemas, ou seja, os impactos por elas gerados.

A rede de interação foi realizada com o objetivo de listar as principais atividades/impactos ambientais, além de, ao final de cada análise referente a cada atividade mostrar os impactos por ela gerados e apresentar uma sugestão de mitigação para cada atividade.

Na Figura 46 abaixo podemos observar a aplicação do método de avaliação de impactos ambientais, utilizando as redes de interações. Esse método permite visualizar os principais impactos ambientais correspondentes a cada atividade (quadricula em azul) praticada nas fases de construção e operação, nota-se ainda, nas quadriculas em verde uma possível reparação dos impactos gerados.

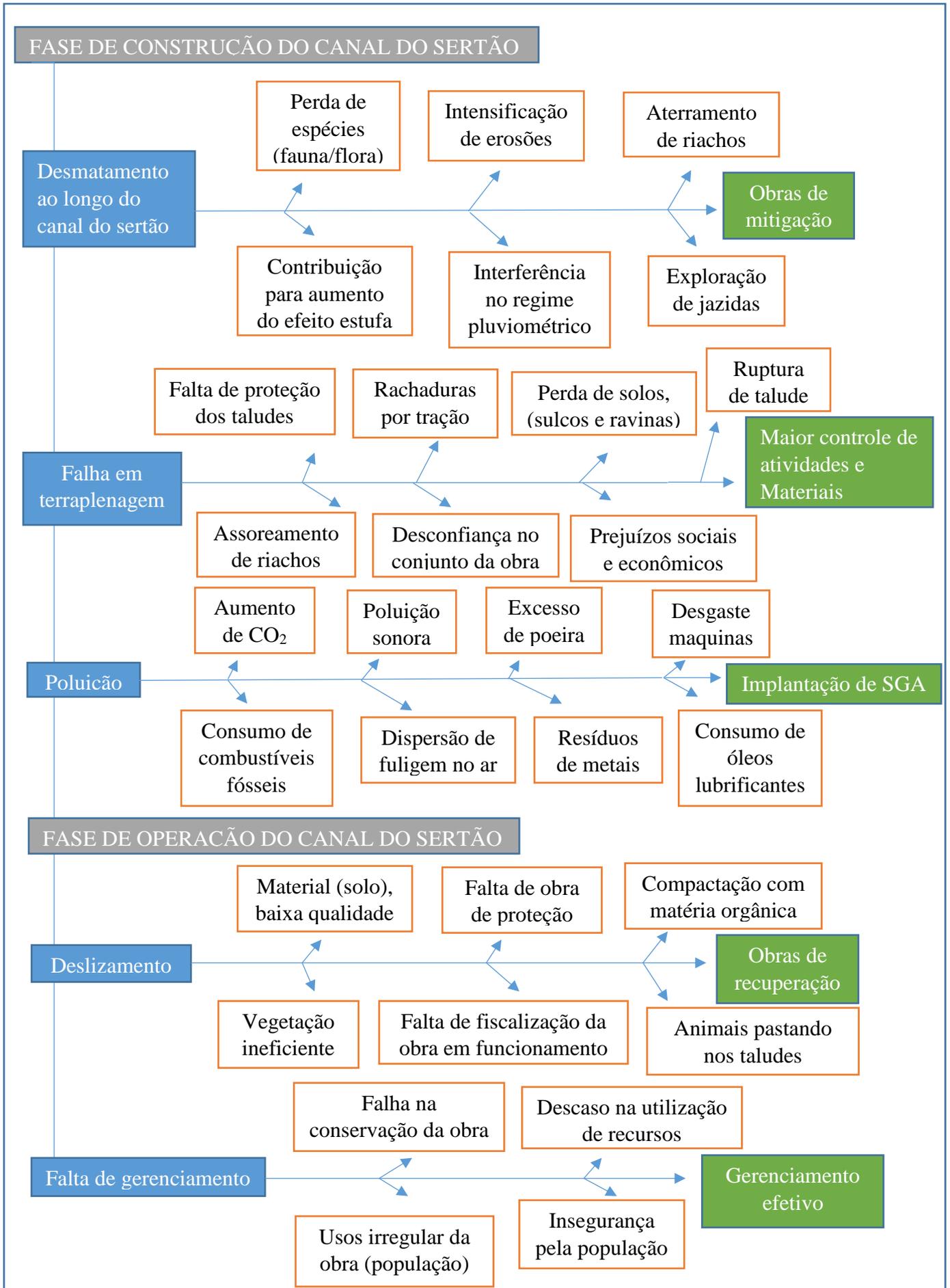


Figura 46: Redes de interações do Canal do Sertão. Fonte: O AUTOR.

6. CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu conhecer como se desenvolvem os processos erosivos, bem como os fatores que os desencadeiam. Além disso, foram abordados os problemas que esses processos erosivos podem causar em obras de engenharia e em ambientes agrícolas. Por fim, mostraram-se quais as técnicas de recuperação, prevenção e controle para o tipo de erosão do local. Realizou-se ainda, através de dois métodos de avaliação de impactos ambientais (matriz de risco e redes de interações) análises sobre os principais impactos gerados pela construção do canal do sertão.

A Obra do Canal do Sertão foi analisada em duas vertentes, sendo a avaliação sobre o uso e ocupação do solo, e os problemas ocasionados como reflexo da utilização do local para a construção da obra, e por fim, os resultados pós obra nos taludes de terra da construção.

No que diz respeito ao uso e ocupação do solo, notou-se que houve uma falta de gerenciamento mais efetivo da obra do Canal do Sertão, que pode ser visualizado na matriz de riscos ambientais e nas redes de interações. Por este fato, os problemas relacionados aos taludes do Canal foram agravados, podendo ser atribuídos também, pela criação de pastoreio que suprimiu a vegetação local já escassa. Essa atividade agrícola local intensificou os processos erosivos nos taludes, causando deslizamentos, isso pode ser visualizado nas redes de interações na fase de operação.

Alguns parâmetros do solo presente nos taludes do Canal foram analisados, tais como temperatura interna e externa das ravinas, umidade relativa do ar e pH. Esses parâmetros permitiram fazer uma análise do comportamento das ravinas no período da pesquisa. Foi possível constatar que a temperatura se mostrou relativamente alta, com valores máximos atingindo cerca de 46°C, e média mensal de aproximadamente 37°C. Dessa forma, ainda que essas medições tenham sido realizadas antes do período de chuvas intensas no Sertão, pode-se afirmar que a longa estiagem local deixa o solo altamente seco, o que aumenta a porosidade do material. Essa porosidade influencia diretamente na infiltração da água superficial, o que agrava o carreamento das partículas de solo e agrava a ocorrência de processos erosivos principalmente nas partes mais íngremes do talude.

O pH foi um parâmetro importante para a determinação da condição do solo quanto aos níveis de acidez e alcalinidade. Como os solos apresentam características ácidas e as chuvas também possuem essa característica, deve-se prever um tratamento de calagem das superfícies

com calcário para correção de um pH que se adeque ao bom desenvolvimento da vegetação. Uma vez que, as espécies nativas vegetativas são importantes para o aumento da resistência superficial ao carreamento das partículas e se desenvolvem em ambientes neutros ou levemente básicos.

Analisando particularmente a vegetação de proteção dos taludes e levando-se em consideração o período das chuvas intensas que podem ocorrer na região, notou-se a falta de vegetação rasteira e a pouca densidade de vegetação média hiperxerófila (juremas) de baixa estatura. As poucas ocorrências de Juremas na região têm sua eficiência reduzida, além de apresentarem apenas galhagem nos períodos de verão. Outra observação é a presença de Algarobas na crista do talude e junto as paredes de concreto do canal. As Algarobas apresentam alta estatura e raízes superficiais não apresentando pinhão, além de tombarem com facilidade, estas podem causar problemas de rachaduras junto as paredes do canal e desagregar grandes quantidades de solo dos taludes em caso de tombamento.

Por fim, sobre as técnicas de recuperação das áreas degradadas, inicialmente sugere-se a efetiva implantação de um processo de regularização das superfícies antes de aplicar a técnica escolhida. Todas técnicas apresentadas podem ser aplicadas para evitar o deslizamento de massa e a formação de feições erosivas, buscando atender um propósito designado. No entanto, o uso do concreto projetado por realizar a impermeabilização do maciço deve dispor de dispositivos para realizar a drenagem da água do seu interior.

A aplicação de técnicas de biomantas, geomanta e hidrossemeadura devem ser realizadas nos períodos próximos ao inverno de maio a junho onde o clima contribuem para o desenvolvimento das vegetações. As biomantas ou geomanta combinadas com a hidrossemeadura podem utilizar sementes ou mudas do capim Buffel que resiste bem ao clima semiárido mesmo em épocas de verão. Essas técnicas podem ser aplicadas de forma facilitada visto que há disponibilidade de água do próprio canal. A vegetação média seria melhor desempenhada por catingueiras em vez de juremas, estas possuem folhas mais largas que conseguiriam um melhor resultado na interceptação das chuvas.

Os métodos de avaliação de impactos ambientais utilizados neste trabalho serviram para fazer uma reflexão sobre como determinadas atividades de engenharia causam impactos sobre o meio ambiente e ao mesmo tempo nortear recursos para a tomada de decisão em relação obras de mitigação e controle.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, A. B. **Emergência e Gestão do Risco**. Curso sobre Operações e Segurança de Barragens, Instituto da Água. Out/2006. DISPONIVEL EM < <http://www.civil.ist.utl.pt/~joana/DFA-riscos-net/riscos-curso-seguran%C3%A7a-2006-nova%20versd%C3%A3o.pdf>>. ACESSADO EM 10/11/2016.

ALVES, E. **Delmiro Gouveia foi a cidade com o maior volume de chuva em todo estado de Alagoas, diz SEMARH**. Jan/2016. DISPONIVEL EM < <http://www.radar89.com.br/noticias/delmiro-gouveia-foi-a-cidade-com-o-maior-volume-de-chuva-em-todo-estado-de-alagoas-diz-semarh> >. ACESSADO EM 10/08/2016.

ANDRADE, A. G.; PORTOCARRERO, H.; CAPECHE, C. L. **Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas**. Comunicado técnico, Dez/2005. DISPONIVEL < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/966296/1/comtec332005contr olevocorocas.pdf> > ACESSADO EM 13/05/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682**: Estabilidade de Taludes. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Determinação do Limite de Plasticidade out/1984.

BASTOS, C. A. B. **Estudo Geotécnico sobre Erodibilidade de Solos Residuais não Saturados**. Set/1999. Tese de Doutorado. DISPONIVEL EM < http://bdm.unb.br/bitstream/10483/16532/1/2017_AtilaDaSilvaFerreira_tcc.pdf >. ACESSADO EM 19/012/2016.

BRAJA, M. D. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**, 6. ed. – São Paulo: Thomson Learning, 2007.

CARVALHO, J. C.; LIMA, M. C. & MORTARI, D. **Considerações sobre prevenção e controle de voçorocas**, 2001. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Goiânia - GO.

CHEROBIN, S. F. **estimativa de erosão e sua relação com os diferentes mecanismos erosivos atuantes**: Estudo da voçoroca vila alegre. 2012. Ouro Preto/MG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto. 116 p.

CODEVASF. A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Codevasf conclui plano para uso da água do Canal do Sertão Alagoano**. Set/2013.

DISPONIVEL EM < <http://www.alagoas24horas.com.br/494526/codevasf-conclui-plano-para-uso-da-agua-do-canal-do-sertao-alagoano/> >. ACESSADO EM 19/012/2016.

COHIDRO, Consultoria de estudos projetos. **Memorial descritivo:** Canal adutor do Sertão de Alagoas. Mai/2008.

COUTO, B. O. C. **Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos.** Set/2015. Ouro Preto/MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo de Geotecnia (NUGEO)-125 p.

DESCONVERSA. **Processos modeladores do relevo:** Saiba tudo sobre erosão e intemperismo. Ago/2016. DISPONIVEL EM < <https://descomplica.com.br/blog/geografia/resumo-relevo/> >. ACESSADO DE 14/08/2016.

DNER-ME 213/94. **Departamento Nacional de Estradas e Rodagem.** 1994. Determinação do Teor de Umidade. DISPONIVEL EM < http://www.ippuc.org.br/cd_caderno_de_encargos/volume%2003_PDF/DNER-ME%20213-94.pdf >. ACESSADO EM 13/09/2016

DNER-ME 122/94. **Departamento Nacional de Estradas e Rodagem.** 1994. Determinação do Limite de Liquidez. DISPONIVEL EM < <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me122-94.pdf> >. ACESSADO EM 10/09/2016.

DNER-ME 082/94. **Departamento Nacional de Estradas e Rodagem.** 1994. Determinação do Limite de Plasticidade. DISPONIVEL EM < <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me082-94.pdf> >. ACESSADO EM 10/09/2016.

DNIT 074/2006 – ES. **Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes.** 2006. Tratamento Ambiental de Taludes e Encostas por Intermédio de Dispositivos de Controle de Processos Erosivos- Especificação de Serviços.

EPROMAM. **Hidrossemeadura.** 2010. DISPONÍVEL EM < <http://www.epromam.com.br/hidrossemeadura.php> >. ACESSADO EM 08/09/2016.

FERREIRA, A. S. **Determinação da Erosividade da chuva com base em dados medidos no Distrito Federal.** Jan/2017. Planaltina/DF. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília. 21 p.

FIGUEIREDO, A. D.; HELENE, P. R. L. **O Controle do Processo de Projeção.** São Paulo: EPUSP, 1993.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; CANIL, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos.** Dez/2011. Circular Técnica. São Paulo – SP, 2011.

GAZETA. **TCU aponta sobre preço no Canal do Sertão.** Jul/2016 DISPONÍVEL EM < <http://gazetaweb.globo.com/gazetadealagoas/noticia.php?c=290888> >. ACESSADO EM 15/09/2016.

GEOFOCO. **O que são: Geomantas.** Fev/2013. DISPONÍVEL EM < <http://geofoco.com.br/o-que-sao-geomantas/> . ACESSADO EM 07/09/2016.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos,** 11ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA, A. J. T. **Ravinas: Processo de formação e desenvolvimento.** Departamento de Geografia – Instituto de Geociências- UFRJ 1997. DISPONÍVEL EM < <file:///C:/Users/Francisco%20jose/Downloads/1753-1796-1-PB.pdf> >. ACESSADO EM 08/11/2016.

IBGE. **Mapa Municipal Estatístico.** Jul/2010 DISPONÍVEL EM: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/censo_demografico_2010/mapas_municipais_estatisticos/al/agua_branca_v2.pdf >. ACESSADO EM 22/05/2016.

INFRAESTRUTURA. **Canal do Sertão é para o pequeno produtor rural.** Jan/2011. DISPONÍVEL EM < <http://www.infraestrutura.al.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/2011/01/canal-do-sertao-e-para-o-pequeno-produtor-rural> >. ACESSADO EM 29/06/2016.

INFRAESTRUTURA URBANA. **Mantas contra erosão.** São Paulo: Pini, dez/2011. DISPONÍVEL EM: < <http://www.infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/14/artigo256243-1.aspx> > . ACESSADO EM 07/09/2016.

INFRAESTRUTURA URBANA. Terceiro trecho do Canal do Sertão de Alagoas, com 28,2 km de extensão, é concluído – saneamento. São Paulo: Pini, Nov/2015. DISPONÍVEL EM: < <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/Saneamento/terceiro-trecho-do-canal-do-sertao-de-alagoas-com-282-365800-1.aspx> > . ACESSADO EM 07/10/2016.

IPT (Instituto de pesquisas tecnológicas). **Cadastro de erosões e inundações:** Profissionais do IPT fizeram o cadastro de problemas ambientais em 645 municípios e 385 distritos de São

Paulo. Mai/2015. DISPONÍVEL EM <
http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=928 > ACESSADO EM 25/08/2016.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)**. In: Bragantia. v. 51 n. 2. Campinas – SP. 1992.

LONDE, P. R.; BITAR, N. A. B. **Importância do uso de vegetação para contenção e combate à erosão em taludes do lixão desativado no município de Patos de Minas (MG)**. Dez/2011. DISPONÍVEL EM <
http://perquirere.unipam.edu.br/documents/23456/54719/importancia_do_uso_de_vegetacao_para_contencao.pdf > ACESSADO EM 25/09/2016.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILERME, L. R. G. **Boletim Técnico: Acidez do solo e calagem**. Jan/1991. DISPONÍVEL EM <
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Acidez_do_solo_lopes_000fh4olxap02wyiv80rn0etnm216ew.pdf > ACESSADO EM 26/11/2016.

MADRUGA, E. L.; SCHELLE, E. L.; TAVARES SALOMAO, F. X. **Uso do capim vetiver (sistema vetiver) no controle de erosão e estabilização de taludes de rodovias, na proteção de drenagens e de áreas marginais**. Mar/2010. DISPONÍVEL EM <
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAk0MAD/sistema-vetiver-aplicado-a-estradas> >. ACESSADO EM 20/08/2016.

MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA; L. M. F.; FRANCISCO, P. R. **M. Cálculo do Balanço Hídrico e da Erosividade para o Município de Cabaceiras-PB**. Jun/2015. DISPONÍVEL EM <
<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015b/multidisciplinar/Balanco%20hidrico.pdf> >. ACESSADO EM 20/10/2016.

MELLO, L. A. O. **Sistema de gestão ambiental**. Notas de Aula. Fev/2009. DISPONÍVEL EM <
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAenr0AE/gestao-ambiental-apostila-completa#> >. ACESSADO EM 30/12/2016.

MIGUEL, R. **Trabalho Sobre Erosão**. Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental. 2014. Joao Pessoa – PB. DISPONÍVEL EM <
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAyfsAK/erosao#comments> >. ACESSADO EM 10/09/2016.

OLIVEIRA, M. C.; SILVA, C. M. M. S.; SOUZA, F. B. **Capim Buffel (*Cenchrus Ciliaris* L.) preservação "ex - situ" e avaliação aprofundada**. Recursos Genéticos e Melhoramento

de Plantas para o Nordeste Brasileiro. Dez/1999. DISPONÍVEL EM <
<http://www.cpsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/capimbuffel.pdf> >. ACESSADO EM
03/09/2016.

PARAHYBA, R. B. V.; LEITE, A. P.; NETO, M. B. O. **Solos do Município de Água Branca, Estado de Alagoas, Brasil** – Resumos do V CBA – Uso e Conservação de Recursos Naturais. Rev. Bras. De Agroecologia/ Out/2007. Vol.2.No.2.

PETROLINA NEWS. **Transposição do Rio São Francisco: Obra de Milhões tem seus Gigantescos Problemas.** Fev/2016. DISPONÍVEL EM <
<http://www.petrolinanews.com.br/2016/02/transposicao-do-rio-sao-francisco-obra.html> > .
ACESSADO EM 20/07/2016.

PINTO, A. V. **Gestão de Riscos e Segurança de Barragens.** Nov/2008. 3º Simpósio de Segurança de Barragens e Riscos Associados. DISPONÍVEL EM <
<http://www.cbdb.org.br/documentos/AVeigaPinto-LNEC-CBDB-BA%20VP.pdf> >.
ACESSADO EM 12/09/2017

PINTO, L. C. T. **Estudo Sobre o Canal do Sertão.** Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. 2017. DISPONÍVEL EM < <http://dados.al.gov.br/dataset/39e70e25-4d9c-4680-b9e8-d709de9f0f94/resource/b2ffd9f1-6bc0-4923-b4cd-625eb4d8ad5f/download/estudosobreocanaldosertaoalagoano.pdf> >. ACESSADO EM 12/10/2017.

RODRIGUES. B. N. **Estudo de Erosão Hídrica.** 2009. Campo Grande/MS. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 63 p.

SANTOS, H. J. **E Evolução da Avaliação de Impacto Ambiental para Empreendimentos Rodoviários: Uma Análise Descritiva e Aplicada.** 2010. Trabalho de conclusão de Curso em Engenharia Ambiental. Universidade de Passo Fundo. 100 p.

SANTOS, L. M. **Erosão em taludes de corte** – métodos de proteção e estabilização. Fev/2014. Guaratinguetá/SP. Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. 75 p.

SEINFRA. Secretaria de estado da infraestrutura de Alagoas. **Apresentação do Canal do sertão, versal estudantil – 3.** Nov/2015.

SILVA, C.R. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro.** Rio de Janeiro. 2008. DISPONÍVEL EM <

http://www.cprm.gov.br/publique/media/geodiversidade_brasil.pdf >. ACESSADO EM 06/10/2016.

SOBRAL, M. L. V.; SILVA, L. F. M.; FERRETTI, P. C. B.; LIMA, L. L.; SANTOS JR, P. **Revestimento flexível com geomanta reforçada para solo grampeado em taludes de angra dos reis.** Fev/2011. DISPONÍVEL EM < <http://igsbrasil.org.br/wp-content/uploads/2014/07/CCO-2012-Revestimento-flex%C3%ADvel-com-geomanta-refor%C3%A7ada-para-solo-grampeado-em-taludes-de-Angra-dos-Reis1.pdf> >. ACESSADO EM 06/09/2016.

TÉCHNÉ. **Proteção de taludes contra a erosão com pulverização de calda de cal.** Dez/2011. DISPONÍVEL EM < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/178/protecao-de-taludes-contr-a-erosao-com-pulverizacao-de-calda-287906-1.aspx> >. ACESSADO EM 28/07/2016.

TEIXEIRA, W.; TAIOLI, F.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R. **Decifrando a terra**, 2. ed. – São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. **Solos e desertificação do sertão Paraibano.** Artigo, Nov/2011. DISPONÍVEL EM < <http://www.biblionline.ufpb.br/ojs/index.php/logepa/article/viewFile/10862/6956> >. ACESSADO EM 03/09/2016.

VIANNA, M. **Análise de Impactos Ambientais.** Ago/2015. Revisao 2, ppt. DISPONÍVEL EM <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwiH4abfyLjZAhVBQZAKHbRVDSYQFgguMAE&url=http%3A%2F%2Ffestacio.webaula.com.br%2Fcursos%2Fgon028%2Fconteudo_revisao%2Frevisao_av2%2F_ppt%2F_ppt%2F_revisaoav2.ppt&usq=AOvVaw1y2oTqGwVEqmSLgzj8tIFC> ACESSADO EM 19/08/2017.

WICANDER, R.; MONROE, J. S. **Fundamentos de Geologia**, 6. ed. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide planning.** Agr. Handbook. Dez/1978. DISPONÍVEL EM < <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF> > ACESSADO EM 19/08/2016.

WOLNEY, D. **Operário durante obra com concreto projetado.** 2013. Rudder editora. DISPONÍVEL EM < http://rudders.com.br/web/noticiaDetalhe.php?noticia_id=29 >. ACESSADO EM 19/08/2016.

8. APÊNDICE

8.1 Fotografias do mês de junho Frente

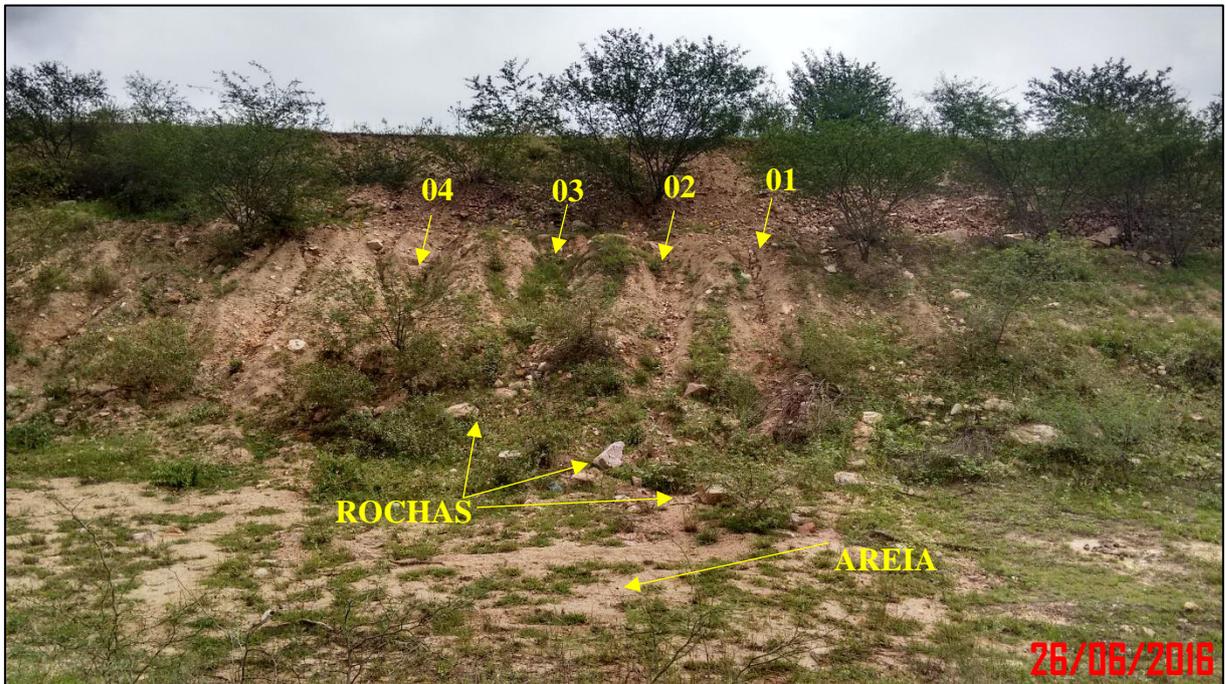


Figura 47: Foto do mês de junho 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.

Lateral direita



Figura 48: Delimitação da lateral direita do talude. Fonte: O AUTOR.

Lateral esquerda



Figura 49: Delimitação da lateral esquerda do talude. Fonte: O AUTOR.

Topo do talude



Figura 50: Deslocamentos de solo na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.



Figura 51: Vista do deslocamento da lateral direita observado do topo do talude. Fonte: O AUTOR.



Figura 52: Vista da ravina 01 do topo do talude. Fonte: O AUTOR.

8.2 Fotografias do mês de julho

Frente



Figura 53: Foto do mês de julho 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.



Figura 54: Foto mais aproximada do mês de julho 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.

Lateral direita

Figura 55: Lateral direita do talude no mês de julho 2016. Fonte: O AUTOR.

Lateral esquerda

Figura 56: Lateral esquerda do talude no mês de julho 2016. Fonte: O AUTOR.

Topo do talude



Figura 57: Deslocamentos da lateral esquerda na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.



Figura 58: Transporte de massas de solo na parte superior do talude danificando a vegetação de proteção. Fonte: O AUTOR.



Figura 59: Desplacamento sobre a ravina 01. Fonte: O AUTOR

A partir das bermas.



Figura 60: Foto das feições erosivas centrais da ravina 04 para ravina 01. Fonte: O AUTOR.



Figura 61: Foto das feições erosivas centrais da ravina 04 para ravina 01. Fonte: O AUTOR.

8.3 Fotografias do mês de Agosto

Frente



Figura 62: Foto do mês de agosto 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.

Lateral direita

Figura 63: Foto da lateral direita para o mês de agosto 2016. Fonte: O AUTOR.

Lateral esquerda

Figura 64: Foto da lateral esquerda para o mês de agosto 2016. Fonte: O AUTOR.

Topo do talude



Figura 65: Deslocamentos da lateral esquerda na parte superior do talude para o mês de agosto 2016. Fonte: O AUTOR.



Figura 66: Foto do mês de agosto 2016 Transporte de massas de solo na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.



Figura 67: Foto para o mês de agosto Desplacamento de solo na lateral direita. Fonte: O AUTOR.

8.4 Fotografias do mês de Setembro

Frente



Figura 68: Foto do mês de setembro 2016 das ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.

Lateral direita

Figura 69: Foto da lateral direita para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.

Lateral esquerda

Figura 70: Foto da lateral esquerda para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.

Topo do talude



Figura 71: Deslocamentos da lateral direita na parte superior do talude para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.



Figura 72: Deslocamentos da lateral esquerda na parte superior do talude para o mês de setembro 2016. Fonte: O AUTOR.



Figura 73: Foto do mês de setembro 2016 transporte de massas de solo na parte superior do talude. Fonte: O AUTOR.

8.4 Tabela de temperaturas diárias

Ravinas	1			2			3			4		
MAIO	T IN (°c)	T OUT (°c)	RH (%)									
26/05/2016	28,8	31,1	74	32,6	33,6	55	31	31,5	55	31,7	31,3	56
27/05/2016	28,4	30,2	69	30,7	29,5	57	31,7	30,5	52	30,7	28,3	54
28/05/2016	28,7	31	74	32,4	33,3	55	30,8	31,3	55	31,6	31,2	56
29/05/2016	32,9	31	60	33,5	31	60	33,9	31,1	63	32,9	31	74
30/05/2016	28,5	31,2	74	32,3	33,1	55	30,7	31	55	31,7	31	56
31/05/2016	36,3	34,2	49	37,3	34,9	46	32,3	33,1	55	30,7	36,3	61
Ravinas	1			2			3			4		
JUNHO	T IN (°c)	T OUT (°c)	RH (%)									
01/06/2016	34,3	34,1	44	36,2	34,7	41	33	37,4	45	30,6	38,8	54
02/06/2016	36,1	32,3	42	37	32,2	40	35,1	33,3	45	32,1	36	55
03/06/2016	35,2	33,2	43	36,6	33,5	41	34,1	35,4	45	31,4	37,4	55
04/06/2016	34,3	34	44	36,3	34,6	41	32,9	37,5	45	30,7	38,8	54
05/06/2016	36,6	34,7	46	35,2	32,1	47	35,5	32,8	48	32	36	55
06/06/2016	36	32,3	42	37	32,4	40	35,2	33,2	45	31,3	33,1	55
07/06/2016	33,2	33,5	44	32,9	33,8	44	31	36,2	46	30,1	37,4	54
08/06/2016	33,9	33,9	40	34,8	34	43	32,3	37,6	46	31	38,4	51

09/06/2016	34,6	34,5	39	33,9	33,8	42	32,3	40	43	31	37,9	51
10/06/2016	33,9	33,3	38	34,2	33,5	36	33,9	38,9	42	32,3	37,3	42
11/06/2016	32,6	32,8	41	32	35,1	42	31,7	33,4	45	31,3	35,9	47
12/06/2016	32,2	32,6	40	31,3	31	40	31,7	35	40	30,4	35,5	44
13/06/2016	33,5	32,2	37	33,5	33,6	37	32,6	34,5	40	30,4	34,8	45
14/06/2016	31,3	33,1	34	30,1	32,2	38	30,7	29,8	35	29,3	31,7	47
15/06/2016	34,5	30	60	32	28	61	32	28,7	67	31	29,3	62
16/06/2016	27,1	24,3	76	27,6	25	75	28,1	26,4	75	27,3	27,1	77
17/06/2016	27,9	26,3	74	27,3	26,6	74	27,6	25,7	75	27,6	28,7	77
18/06/2016	29	31,1	64	28,4	30,7	62	28,4	32,2	67	27,3	31	69
19/06/2016	29,3	29,8	67	29,3	29,3	67	29,2	31,3	72	28,9	31,3	69
20/06/2016	32,5	31,8	49	32,2	31,6	49	31,6	33,3	52	30,1	34,0	56
21/06/2016	32,5	31,8	49	32,2	31,6	49	31,6	33,3	52	30,1	34,0	56
22/06/2016	31	29,1	65	31	28,1	65	30,7	30,8	72	30,7	28,7	66
23/06/2016	30,1	29,5	57	30,1	29,5	56	30,4	29,5	61	30,7	29,1	58
24/06/2016	30,6	29,3	61	30,6	28,8	61	30,6	30,15	67	30,7	28,9	62
25/06/2016	27,7	26,1	74	27,4	26,3	73	26,8	25,5	72	27,6	26,4	73
26/06/2016	27,6	26,7	70	26,8	26,6	72	27,6	28,1	74	28,7	30,3	73
27/06/2016	28	28	49	28	28	49	28	28	49	28	28	49
28/06/2016	28,7	28,6	72	25,5	26,6	73	25,7	25,7	78	28,7	28,6	72
29/06/2016	28	28	49	28	28	49	28	28	49	28	28	49
30/06/2016	28	28	49	28	28	49	28	28	49	28	28	49
Ravinas	1			2			3			4		
JULHO	T IN (°c)	T OUT (°c)	RH (%)									
01/07/2016	31	29,3	52	30,1	29,6	54	29,5	31,4	65	30,4	31,9	58
02/07/2016	31	29,4	52	30,4	29,7	54	29,5	31,5	65	30,4	32	58
03/07/2016	29,9	29,4	67	27,6	27,9	69	28,1	30,2	72	27,9	31,7	70
04/07/2016	27,9	28,5	64	26,7	27,9	70	26,8	28,2	71	26,4	27	68
05/07/2016	28,1	26,9	72	28,7	28	77	27,1	29	82	26,4	26,4	75
06/07/2016	29,6	28,7	61	28,7	28,62	65	28,2	30,06	71	28,3	29,8	66
07/07/2016	29,8	31,6	58	29,5	30,7	57	28,7	28,9	73	26,8	28,7	69
08/07/2016	28,4	28	58	28,1	28,3	59	27,9	27,9	67	28,7	29,5	60
09/07/2016	31	31	61	31,3	30,2	52	30,7	30,5	57	29,5	33	58
10/07/2016	25,1	23,4	78	25,1	23,3	77	25,5	23,5	76	26,2	25,3	74
11/07/2016	28,6	28,5	64	28,5	28,125	61	28,2	27,7	68	27,8	29,125	65
12/07/2016	26,8	25,1	72	26,8	25,1	71	26,8	25,2	72	26,8	26,2	69
13/07/2016	27,7	26,8	68	27,7	26,6	66	27,5	26,5	70	27,3	27,7	67
14/07/2016	30,4	29,3	52	30,4	29,9	52	30,4	30,9	61	30,1	30,8	55
15/07/2016	27,3	28,4	64	27,1	27,3	65	26,8	27,8	67	27,1	27,3	60
16/07/2016	30,1	28,3	50	28,9	29,8	52	28,4	30,3	63	28,4	28,5	56
17/07/2016	30	28,2	49	28,7	29,9	53	28,3	30,3	63	28,3	28,6	57
18/07/2016	28,7	27,7	59	28,3	28,1	60	28,0	28,5	66	28,0	28,2	61
19/07/2016	28,7	27,7	59	28,3	28,1	60	28,0	28,5	66	28,0	28,2	61
20/07/2016	28,7	27,7	59	28,3	28,1	60	28,0	28,5	66	28,0	28,2	61
21/07/2016	27,4	26,2	54	27,1	26,3	56	27,3	25,6	58	27,8	26,5	55

22/07/2016	27,3	26,3	55	27,3	26,3	57	27,1	25,7	57	27,9	26,4	54
23/07/2016	25,2	23,5	78	25,3	23,3	76	25,4	23,4	76	26,1	25,3	74
24/07/2016	25,3	25,6	77	25,4	23,3	76	25,4	23,5	76	26	25,4	74
25/07/2016	26,3	25,4	66	26,3	24,8	66	26,3	24,6	67	27,0	25,9	64
26/07/2016	26,8	27,5	44	27,3	27,6	44	26,8	27,8	50	27,1	28,2	47
27/07/2016	26,6	26,45	55	26,8	26,2	55	26,6	26,2	58	27,0	27,1	56
28/07/2016	26,5	26,5	55	26,8	26,2	55	26,6	26,2	58	27,0	27,1	56
29/07/2016	26,2	25,9	60	26,2	25,3	58	26,7	25,9	60	27,3	26,4	57
30/07/2016	27,3	27,8	60	26,1	25,3	57	26,8	26	61	27,3	26,7	57
31/07/2016	27,3	27,9	57	25,7	26	61	25,7	26	63	25,7	26,7	62
Ravinas	1			2			3			4		
AGOSTO	T IN (°c)	T OUT (°c)	RH (%)									
01/08/2016	27,2	27,7	57	26,1	25,5	57	26,6	25,8	60	27,3	26,5	57
02/08/2016	31,9	31	46	30,4	29,9	46	30,1	30,7	52	28,9	30,7	57
03/08/2016	29,6	29,4	51,5	28,3	27,7	51,5	28,4	28,3	56,0	28,1	28,6	57,0
04/08/2016	29,6	29,4	51,5	28,3	27,7	51,5	28,4	28,3	56,0	28,1	28,6	57,0
05/08/2016	27,1	26,9	57	26,8	26,7	59	26,8	27	58	27,6	27,9	57
06/08/2016	29	31,6	47	29,2	32,1	48	28,7	31,6	48	28,1	29,1	48
07/08/2016	30,7	30,5	41	30,1	31,4	45	28,7	33,1	49	29,2	30,6	45
08/08/2016	28,9	29,7	48,3	28,7	30,1	50,7	28,1	30,6	51,7	28,3	29,2	50,0
09/08/2016	31,6	30,3	40	30,7	29,9	43	31	31,3	41	29,9	31,3	46
10/08/2016	34,5	32,8	37	34,5	34,1	37	33,5	35,8	43	31,3	37,4	41
11/08/2016	29,3	29,5	41	29	29,8	42	29	29,8	42	30	29,9	41
12/08/2016	31,7	34,9	23	31,6	35,2	25	30,4	34,6	30	30,1	33,4	25
13/08/2016	30,7	30,3	37	28,7	28,7	43	28,7	29,5	44	27,6	32,9	45
14/08/2016	31,6	31,1	40	31,3	31,5	41	30,4	31,1	45	30,1	31,3	45
15/08/2016	32,3	30,5	43	32	29,4	43	32,9	30,6	41	31	32,3	43
16/08/2016	32,6	31,4	42	32	29,5	42	32,9	29,7	41	31	32,2	42
17/08/2016	33,2	32,2	41	31,7	29,7	41	32,3	29,5	42	31,3	32,5	42
18/08/2016	34,5	33,7	41	31,7	29,9	42	32	29,4	42	31,7	32,2	41
19/08/2016	34,8	33,6	35	34,5	33,4	34	34,8	33	35	31,3	35	38
20/08/2016	35,2	34,5	33	34,5	33,2	34	34,5	33,7	35	32	34,8	40
21/08/2016	30,7	30,1	41	30,4	30,8	42	29,5	31,6	50	29,7	30,7	49
22/08/2016	32	29,1	39	32,6	30,6	40	31,7	34,1	41	30,4	33,2	41
23/08/2016	32	29,4	39	32,6	31,7	38	32,3	33,6	40	31	33,4	41
24/08/2016	33,2	30,7	50	31	28,9	52	29	28,2	65	28,7	29,5	61
25/08/2016	32	30,3	51	30,7	28,5	54	29	27,6	66	28,7	29,8	60
26/08/2016	35,2	29,1	47	29,9	28,3	58	29,3	27,7	65	28,4	30,3	62
27/08/2016	31,6	29,7	41	31	29,7	41	29,3	29,9	52	29,3	30,2	49
28/08/2016	31,6	30,1	40	31,3	29,2	41	29,5	30,1	53	29,3	30,1	49
29/08/2016	31	28,6	44	30,4	29,1	46	30,4	28,4	48	31,7	30,4	45
30/08/2016	31,3	28,7	44	30,7	29,5	46	30,4	28,9	49	31	29,3	45
31/08/2016	29	26,8	72	29,3	26,9	72	29,3	27,1	73	30,4	27,8	65
Ravinas	1			2			3			4		
SETEMBRO	T IN (°c)	T OUT (°c)	RH (%)									

01/09/2016	30,1	30,5	53	29,5	29,5	52	29	30,4	58	28,4	31,3	57
02/09/2016	36,3	34,1	34	36,5	35,7	34	32,6	34,7	44	31,6	35,8	42
03/09/2016	36,7	34,7	33	36,5	31,1	34	36,5	38,7	35	31,9	35,5	41
04/09/2016	30,4	31,4	44	29,9	32,6	50	29,6	30,9	51	30,4	31	43
05/09/2016	33,1	34	43	32,2	34,8	42	30,1	32,2	53	29,3	30,7	50
06/09/2016	33,2	32,7	40	31	35,1	41	30,7	33,9	44	29	32,7	49
07/09/2016	34,2	31,6	36	32	33,8	41	31	34,4	44	29,5	33,8	47
08/09/2016	39,6	31,7	31	38,7	31,9	32	39,3	31,6	31	37	30,8	33
09/09/2016	38,5	32,6	32	39,5	31,4	31	38,9	32,2	31	36,3	30,2	35
10/09/2016	31,7	28,5	41	32,2	31,1	38	30,1	31,9	46	29,5	33,6	50
11/09/2016	32,5	29,8	40	32,5	30,3	39	30,7	33,8	45	29,9	34,5	51
12/09/2016	34,2	32,0	38,8	33,7	32,5	39,5	32,6	33,2	43,8	31,2	32,7	45,3
13/09/2016	40,7	39,7	22	38,1	37	30	34,2	38,6	35	32,2	37,8	40
14/09/2016	41,4	39,2	21	39,6	38,7	27	36,5	36,6	33	32,6	38,1	37
15/09/2016	41,1	39,5	21,5	38,9	37,9	28,5	35,4	37,6	34,0	32,4	38,0	38,5
16/09/2016	34,5	34,5	31	33,2	34,3	33	32	33,9	36	31,6	33,1	34
17/09/2016	31,6	33,5	36	32,6	33,8	37	32,6	33,9	37	31,6	33,6	36
18/09/2016	33,1	34	34	32,9	34,1	35	32,3	33,9	37	31,6	33,4	35
19/09/2016	44,3	39,7	21	40,9	37,3	22	32,6	37,4	40	29,9	36,7	46
20/09/2016	46,5	39,9	20	42,5	37,5	21	37,8	35,2	30	31	37,6	43
21/09/2016	45,4	39,8	21	41,7	37,4	22	35,2	36,3	35	30,5	37,2	45
22/09/2016	34,5	35	42	32,3	32,2	44	31	31,3	46	31,7	31	43
23/09/2016	33,5	34,3	41	31,7	31,8	44	31	31	45	31,3	30,8	44
24/09/2016	37	36,6	33	36	35,7	32	36,3	38,1	33	35,2	37,9	33
25/09/2016	35,0	35,3	39	33,3	33,2	40	32,8	33,5	41	32,7	33,2	40
26/09/2016	37,3	37,1	33	34,8	36,4	36	34,2	36,2	38	32,5	37,1	39
27/09/2016	38,4	37,3	32	35,5	36,5	34	33,5	36,2	40	32,3	36,9	41
28/09/2016	40,7	37,8	23	42,9	39,2	22	44	39,1	22	44,6	37,4	20
29/09/2016	39,6	35,9	33	35,2	34,5	37	34,2	34,5	39	34,8	36	37
30/09/2016	41,1	36,8	24	36,6	35,4	34	34,5	33,8	40	34,5	36,1	37

Tabela 11: Valores de temperaturas diárias para as 4 ravinas centrais. Fonte: O AUTOR.

8.5 Tabela de teor de umidade, ph e dimensões de ravinas

MÊS		UMIDADE (%)		Ph		MEDIDAS DE RAVINAS			
JUN	DATA	LAT. DIR.	LAT. ESQ.	LAT. DIR.	LAT. ESQ.	RAVINAS	LARG. (m)	PROF.(m)	EXT.(m)
S2	11/06/2016	1,97	2,91	8,02	7,96	1	0,60	0,20	7,00
S3	18/06/2016	1,39	4,72	7,77	7,71	2	1,35	0,65	6,00
S4	25/06/2016	4,11	3,51	6,82	6,33	3	1,35	0,52	5,00
S5	30/06/2016	9,89	7,49	8,40	8,02	4*	1,45	0,65	7,00
JUL	DATA	LAT. DIR.	LAT. ESQ.	LAT. DIR.	LAT. ESQ.	RAVINAS	LARG. (m)	PROF.(m)	EXT.(m)

S1	09/07/2016	3,85	4,04	8,40	7,60	1	0,65	0,21	6,95
S2	16/07/2016	4,17	4,17	8,30	8,20	2	1,43	0,68	6
S3	23/07/2016	2,59	2,12	8,35	7,73	3	1,45	0,54	5
S4	30/07/2016	5,17	6,60	8,43	5,82	4*	1,52	0,75	6,8
AGO	DATA	LAT. DIR.	LAT. ESQ.	LAT. DIR	LAT. ESQ.	MEDIDAS DE RAVINAS			
S1	06/08/2016	3,31	2,87	6,45	5,73	RAVINAS	LARG. (m)	PROF.(m)	EXT.(m)
S2	13/08/2016	1,21	1,20	7,65	6,20	1	0,65	0,21	6,95
S3	20/08/2016	1,19	0,79	6,63	5,56	2	1,43	0,68	6
S4	27/08/2016	2,02	1,61	6,74	6,06	3	1,45	0,54	5
						4*	1,52	0,75	6,8
SET	DATA	LAT. DIR.	LAT. ESQ.	LAT. DIR	LAT. ESQ.	MEDIDAS DE RAVINAS			
S1	03/09/2016	9,05	8,12	8,17	5,62	RAVINAS	LARG. (m)	PROF.(m)	EXT.(m)
S2	10/09/2016	1,61	1,61	8	7,2	1	0,65	0,21	6,95
S3	17/09/2016	0,67	0,67	6,62	6,36	2	1,43	0,68	6
S4	06/09/2016	1,35	1,01	8,18	6,27	3	1,45	0,54	5
S5	30/09/2016	1,35	1,01	8,4	7,51	4*	1,52	0,75	6,8

Tabela 12: Valores de teor de umidade, pH e dimensões de ravinas. Fonte: O AUTOR.