

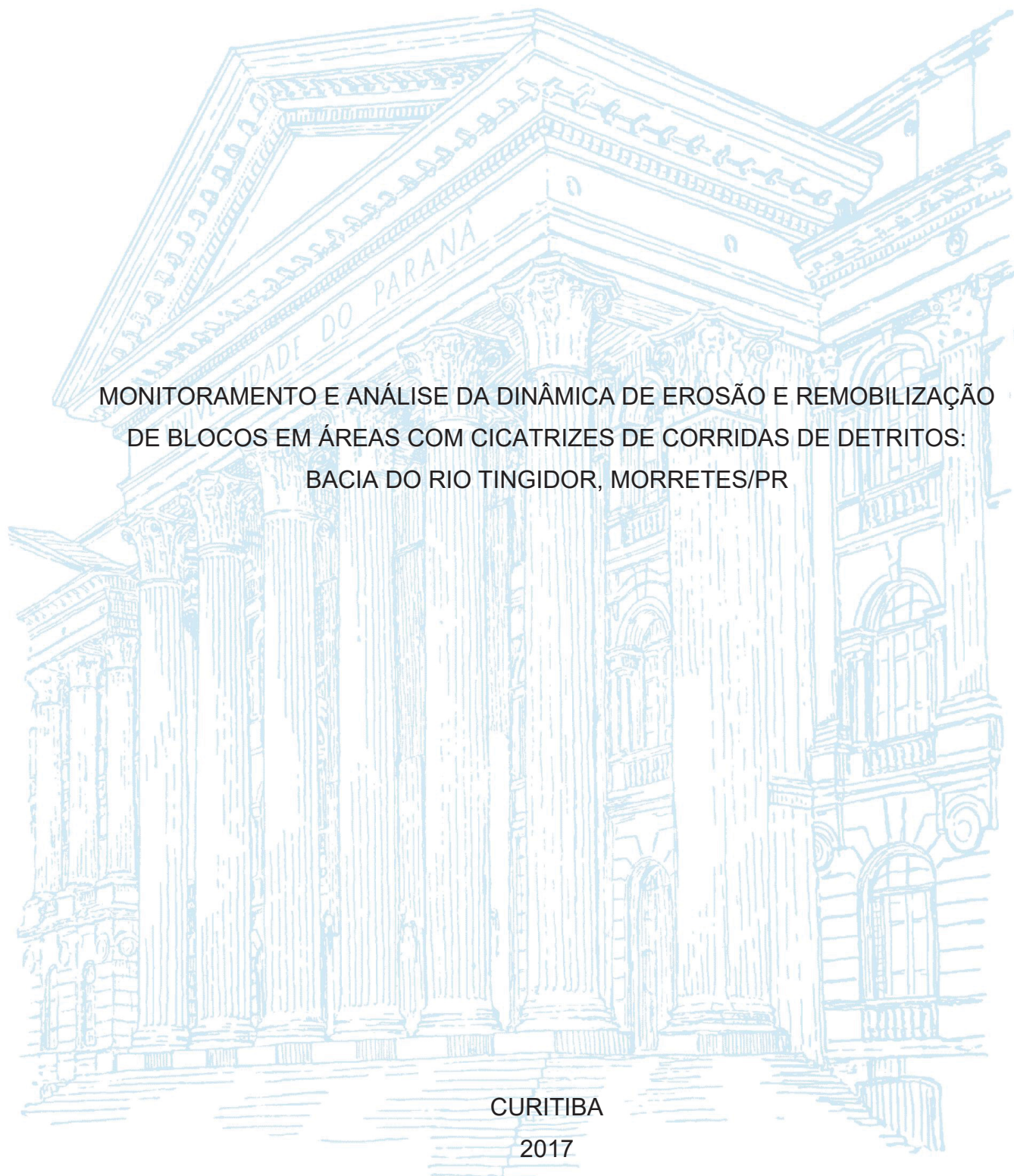
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDRO MARTINS

MONITORAMENTO E ANÁLISE DA DINÂMICA DE EROSIÃO E REMOBILIZAÇÃO
DE BLOCOS EM ÁREAS COM CICATRIZES DE CORRIDAS DE DETRITOS:
BACIA DO RIO TINGIDOR, MORRETES/PR

CURITIBA

2017



ALESSANDRO MARTINS

MONITORAMENTO E ANÁLISE DA DINÂMICA DE EROÇÃO E REMOBILIZAÇÃO
DE BLOCOS EM ÁREAS COM CICATRIZES DE CORRIDAS DE DETRITOS:
BACIA DO RIO TINGIDOR, MORRETES/PR

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação
em Geografia, Setor de Ciências da Terra,
Universidade Federal do Paraná, como requisito para
à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Everton Passos

CURITIBA

2017

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

M386m

Martins, Alessandro

Monitoramento e análise da dinâmica de erosão e remobilização de blocos em áreas com cicatrizes de corridas de detritos: Bacia do Rio Tingidor, Morretes/PR [recurso eletrônico] / Alessandro Martins. – Curitiba, 2017.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

Orientador: Everton Passos .

1. Erosão – Rio Tingidor, Bacia do (PR). 2. Taludes (Mecânica do solo). 3. Erosão de Cicatriz. I. Universidade Federal do Paraná. II. Passos, Everton. III. Título.

CDD: 551.48308162

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS DA TERRA
Programa de Pós Graduação em GEOGRAFIA
Código CAPES: 40001016035P1


ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM GEOGRAFIA


No dia trinta e um de Outubro de dois mil e dezessete às 14:00 horas, na sala 107, Edifício João José Bigarella, Centro Politécnico, Jardim das Américas, do Setor de CIÊNCIAS DA TERRA da Universidade Federal do Paraná, foram instalados os trabalhos de arguição do mestrando **ALESSANDRO MARTINS** para a Defesa Pública de sua Dissertação intitulada: "**MONITORAMENTO E ANÁLISE DA DINÂMICA DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS EM ÁREAS COM CICATRIZES DE CORRIDAS DE DETRITOS: BACIA DO RIO TINGIDOR, MORRETES/PR.**". A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: **EVERTON PASSOS** (UFPR), **ALEX SORIA MEDINA** (UFPR), **LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS** (UFPR). Dando início à sessão, a presidência passou a palavra ao discente, para que o mesmo expusesse seu trabalho aos presentes. Em seguida, a presidência passou a palavra a cada um dos Examinadores, para suas respectivas arguições. O aluno respondeu a cada um dos arguidores. A presidência retomou a palavra para suas considerações finais. A Banca Examinadora, então, e, após a discussão de suas avaliações, decidiu-se pela Aprovado do aluno. O mestrando foi convidado a ingressar novamente na sala, bem como os demais assistentes, após o que a presidência fez a leitura do Parecer da Banca Examinadora. A aprovação no rito de defesa deverá ser homologada pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais do programa. A outorga do título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, **EVERTON PASSOS**, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Observações:

Curtiba, 31 de Outubro de 2017.


EVERTON PASSOS
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


ALEX SORIA MEDINA
Avaliador Externo (UFPR)


LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS
Avaliador Interno (UFPR)

OBS: este documento é válido por 60 (sessenta) dias a contar da data.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS DA TERRA
Programa de Pós Graduação em GEOGRAFIA
Código CAPES: 40001016035P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ALESSANDRO MARTINS**, intitulada: "**MONITORAMENTO E ANÁLISE DA DINÂMICA DE EROÇÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS EM ÁREAS COM CICATRIZES DE CORRIDAS DE DETRITOS: BACIA DO RIO TINGIDOR, MORRETES/PR.**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 31 de Outubro de 2017.



EVERTON PASSOS
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



ALEX SÔNIA MEDINA
Avaliador Externo (UFPR)



LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS
Avaliador Interno (UFPR)

OBS: este documento é válido por 60 (sessenta) dias a contar da data.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor orientador, Prof. Dr. Everton Passos, pela orientação incentivo e pelas suas palavras que motivaram e me deram forças para superar as dificuldades e excesso de atribuições junto a pesquisa. Obrigado Prof. Dr. Everton por me apoiar nessa etapa da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR, que vem oportunizando conhecimento de excelência, onde busquei aproveitar ao máximo essa oportunidade conquistada.

Ao Prof. Dr. Claudinei Taborda da Silveira por participar da banca de qualificação e suas ricas sugestões;

Ao Professor Dr. Leonardo José Cordeiro Santos por participar da banca de qualificação e defesa com importantes contribuições de sua rica experiência;

Ao Professor Dr. Alex Soria Medina por participar da banca de defesa com importantes contribuições e amizade;

À secretaria de Pós-Graduação em Geografia da UFPR, pela disposição;

À Adriana Cristina Oliveira, Luiz Carlos Zem pela atenção, dedicação e gentileza; Alexandra e Daniel por estarem sempre prontos.

Ao amigo Adriano que esteve sempre presente nos trabalhos de campo dando apoio e força;

À minha esposa Milena, sogro Antônio Fischer e sogra Lucia Rachid pelo apoio nos momentos de ausência, com os cuidados e carinho com meu filho André e auxílio nos momentos difíceis.

Aos familiares que sempre estiveram acompanhando de perto e dando incentivo para os estudos.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Geografia do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná, pelas ricas aulas que contribuíram para minha vida profissional.

“O maior desafio que a vida propõe é não desistir dos novos desafios”

Alessandro Martins

RESUMO

A presente pesquisa constitui-se apresentar uma proposta metodológica para monitoramento de processos erosivos e de remobilização de blocos rochosos, realizado em cicatrizes de corrida de detritos da bacia hidrográfica do rio Tingidor, afluente da bacia hidrográfica do rio Jacareí, localizado no Distrito de Floresta, município de Morretes no Estado do Paraná – Brasil. Para o monitoramento dos processos erosivos a pesquisa utilizou-se da técnica de monitoramento por estacas, muito utilizada em voçorocas, adaptada por pinos de metal fixados na cicatriz da corrida de detritos possibilitando mensurar os processos erosivos entre o período de outubro de 2015 até maio de 2016, data em que o monitoramento de erosão foi interrompido pela queda dos pinos das seções por erosão e/ou movimentos translacionais rasos. No monitoramento de movimentos de blocos rochosos foi utilizado o método relativo estático com equipamentos GNSS, para obter coordenadas UTM, pontos fixados em blocos rochosos, tendo como referência um marco geodésico instalado na área seguindo os critérios definido pelo IBGE, o procedimento possibilitou identificar deslocamento planimétricos dos blocos rochosos. O material remobilizado pela corrida de detritos das vertentes composto por solos, colúvios, saprólitos, blocos de rocha de diversos tamanhos e vegetação com árvores de grande porte. Ao passar pelo canal de drenagem esses materiais alteraram as características morfológicas e estruturais do fundo do vale devido à alta energia que atingiram, cavando o segmento inferior da vertente original em forma de “V” para um formato em “U”, originando taludes verticalizados expondo os materiais constituintes das vertentes compostos por solos, colúvios com blocos e matacões e o elúvio, no canal expondo o leito rochoso atual que era recoberto pelo material sedimentar mencionado e com material aluvial, deixando ao longo do fundo de vale blocos e matacões dispersos sobre o leito rochoso e aluviões recentes. Mesmo com apenas meio ano de registro o monitoramento possibilitou evidenciar que há significativa instabilidade de materiais inconsolidados dispostos no leito, bem como nas vertentes adjacentes, além de movimentação de blocos rochosos, em particular referente aos últimos o monitoramento deve apresentar resultados mais precisos a médio e longo prazo com necessários ajustes identificados no desenvolvimento da pesquisa. Entretanto os resultados alcançados já possibilitam apontar considerações conclusivas a respeito da eficiência dos procedimentos na análise da evolução do relevo, especialmente da morfologia das encostas marginais ao talvegue do leito fluvial moldadas pelo evento citado.

Palavras-chave: Monitoramento. Erosão em cicatriz; Blocos rochosos.

ABSTRACT

The present research consists of a monitoring of erosive processes and remobilization of rock blocks, carried out on the scars of debris running from the hydrographic basin of the Rio Tingidor, a tributary of the hydrographic basin of the Jacaré river, located in the District of Floresta, municipality of Morretes in the Paraná State - Brazil. For the monitoring of erosive processes, the research used the pile monitoring method, widely used in gullies, adapted by metal pins fixed to the scar of the debris run. This monitoring technique made it possible to measure the erosive processes between the period from October 2015 to May 2016, the date on which the erosion monitoring was interrupted by the fall of the section pins by shallow translational movements. In the monitoring of rock block movements, the static static method with GNSS equipment was used to obtain UTM coordinates at the same point fixed in the rock block, making it possible to analyze any planimetric displacement of the rock. The material remobilized by the run of debris from the slopes composed of soils, saprolites, blocks of rock of different sizes and vegetation with large trees. When passing through the drainage channel, these materials changed the characteristics of the valley floor due to the high energy they reached, going from a "V" shaped valley to a "U" shape, creating vertical slopes, exposing the rocky bed that it was covered by the mentioned sedimentary material. Thus, the monitoring made it possible to register that there is significant instability of unconsolidated materials and movements of the rock blocks, however, they should present more accurate results in the medium and long term, however the results achieved already make it possible to point out conclusive considerations regarding the efficiency of the procedures in the analysis. the evolution of the relief, especially the morphology of the slopes marginal to the thalweg of the riverbed.

Keywords: Monitoring. Scar erosion; Rocky blocks.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE <u>MONITORAMENTO</u> NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TINGIDOR.....	20
FIGURA 2 – CONFECÇÃO DOS PINOS PARA MONITORAMENTO DE EROSÃO	30
FIGURA 3 – MONITORAMENTO DE EROSÃO E BLOCOS ROCHOSOS NA MARGEM DO RIO TINGIDOR.....	33
FIGURA 4 – SEÇÃO 02 MONITORAMENTO DE EROSÃO NA MARGEM DO RIO TINGIDOR.....	35
FIGURA 5 – SEÇÃO 03 IMPLANTAÇÃO DOS PINOS DE EROSÃO E MONITORAMENTO DA REMOBILIZAÇÃO DOS BLOCOS ROCHOSOS	37
FIGURA 6 – SEÇÃO 04 IMPLANTAÇÃO E MONITORAMENTO DE PINOS DE EROSÃO.....	39
FIGURA 7 – SEÇÃO 05 IMPLANTAÇÃO DOS PINOS DE EROSÃO E MONITORAMENTO DA REMOBILIZAÇÃO DOS BLOCOS ROCHOSOS	41
FIGURA 8 – SEÇÃO 06 ÁREA DE DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS.....	43
FIGURA 9 – NORMAS PARA IMPLANTAÇÃO DE MARCOS GEODÉSICOS	46
FIGURA 10 – IMPLANTAÇÃO DO MARCO GEODÉSICO.....	47
FIGURA 11 – MARCO GEODÉSICO PARA RASTREAMENTO DE COORDENADAS.	48
FIGURA 12 – ANTENA GNSS DUPLA FREQUÊNCIA OBTENDO COORDENADAS NA BASE E NOS PONTOS DE CONTROLE MONITORADOS COM GNSS ROVER.	49
FIGURA 13 – MONITORAMENTO DE EROSÃO NA MARGEM DO RIO TINGIDOR.	54
FIGURA 14 – COORDENADAS UTM DO BLOCO 01 - A DA SEÇÃO 01	55
FIGURA 15 – COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 01 – B DA SEÇÃO 01.....	56
FIGURA 16 – MONITORAMENTO DE EROSÃO NA MARGEM DO RIO TINGIDOR. QUEDA DE BLOCO POR EROSÃO NA BASE DE SUSTENTAÇÃO, SEGUIDO DE ENTULHAMENTO POR OBSTRUÇÃO DO CANAL	59
FIGURA 17 – COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 04.....	60

FIGURA 18 – (A) BLOCO COM PLACA DE METAL PARA MONITORAMENTO. (B) REMOBILIZAÇÃO DO BLOCO ANTES DA OBTENÇÃO DAS COORDENADAS PARA MONITORAMENTO.	61
FIGURA 19 – SEÇÃO 03 ÁREA DE MONITORAMENTO DE EROÇÃO E BLOCOS ROCHOSOS (A); PINOS DE MONITORAMENTO DE EROÇÃO (B); REMOBILIZAÇÃO DE SOLO POR MOVIMENTO DE MASSA RASO (C).....	63
FIGURA 20 – COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 05.....	64
FIGURA 21 – SEÇÃO 04 - ÁREA DE MONITORAMENTO DE EROÇÃO E BLOCOS ROCHOSOS APRESENTANDO PEQUENOS MOVIMENTOS DE MASSA.....	66
FIGURA 22 – MOVIMENTO DE MASSA RASO (A); MOVIMENTO DE MASSA COM ENTULHAMENTO DO CANAL (B); PROCESSOS EROSIVOS DESCOBRINDO BLOCO NA CICATRIZ (C).	69
FIGURA 23 – COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 04.....	70
FIGURA 24 – MONITORAMENTO DA DINÂMICA DE SEDIMENTOS; (A) ÁREA COM ACUMULO DE SEDIMENTOS REGISTRADO ANTES DO MONITORAMENTO NOV. 2013. (B) REMOBILIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS (2015); (C) MONITORAMENTO APÓS CHUVAS DO VERÃO DE 2016.....	72
FIGURA 25 – MONITORAMENTO DA DINÂMICA DE SEDIMENTOS; (B) REMOBILIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS	73

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DISTRITO DE FLORESTA - MORRETES PR.....	42
GRÁFICO 2 – ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO MÊS DE FEVEREIRO NO DISTRITO DE FLORESTA	51
GRÁFICO 3 – MENSURAÇÃO DA EROSÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 01	51
GRÁFICO 4 – MENSURAÇÃO DA EROSÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 02.....	56
GRÁFICO 5 – MENSURAÇÃO DA EROSÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 03	62
GRÁFICO 06 – MENSURAÇÃO DA EROSÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 04	65
GRÁFICO 7 – MENSURAÇÃO DA EROSÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 05	60
GRÁFICO 8 – MENSURAÇÃO DA EROSÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 06	71
GRÁFICO 9 – MATERIAL REMOBILIZADO EM CM ENTRE OUTUBRO DE 2015 ATÉ MAIO DE 2016	74

LISTA DE SIGLAS

EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GLONASS	- Sistema de Navegação Global por Satélite
GNSS	- Sistema Global de Navegação por Satélites
GPS	- Sistema de Posicionamento Global
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MINEROPAR	- Serviço Geológico do Paraná
PDOP	- Degradação da precisão da posição tridimensional
PPM	- Partes por milhão
SGB	- Sistema Geodésico Brasileiro
SIMEPAR	- Sistema Meteorológico do Paraná
UTM	- Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO	22
2.1 PROCESSOS EROSIVOS	22
2.1.1 Fatores controladores da erosão	23
2.1.2 Formas de erosão	23
2.1.3 Erosão em cicatriz	24
2.1.4 Escorregamentos planares (Translacionais)	25
2.2 TÉCNICAS DE MONITORAMENTO DE EROSÃO	25
2.3 MONITORAMENTO DE REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS ROCHOSOS	26
2.3.1 Técnica por posicionamento de receptores GNSS	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 MÉTODO DE MONITORAMENTO DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS	28
3.1.1 Determinação da densidade do solo	30
3.1.2 Localização e características das seções	31
3.1.3 Clima e características pluviométricas	41
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O MONITORAMENTO DE BLOCOS ROCHOSOS INSTÁVEIS	44
3.2.1 Materialização da base de rastreamento	45
3.2.2 - Monitoramento de blocos rochosos	48
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	50
4.1 SEÇÃO 01 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS	51
4.1.1 Mensuração de processos erosivos	51
4.1.2 Remobilização de blocos rochosos	55
4.2 SEÇÃO 02 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS	57
4.2.1 Mensuração de processos erosivos	57
4.2.2 Remobilização de Blocos Rochosos	59

4.3 SEÇÃO 03 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS	61
4.3.2 Remobilização de blocos rochosos	63
4.4 SEÇÃO 04 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS.....	65
4.4.1 Mensuração de processos erosivos	65
4.5 SEÇÃO 05 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS.....	67
4.5.1 Mensuração de processos erosivos	67
4.5.2 Remobilização de blocos rochosos	69
4.6 SEÇÃO 06 MONITORAMENTO DA DINÂMICA DOS SEDIMENTO.....	71
4.6.1 Mensuração de processos erosivos	71
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
6 REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

A pesquisa busca avaliar com uso de uma proposta metodológica a dinâmica de processos erosivos e em particular movimentos de blocos rochosos em cicatrizes produzidas por movimentos de massa na sub-bacia hidrográfica do rio Tingidor, o qual é afluente do rio Jacareí, cuja bacia hidrográfica foi significativamente afetada por movimentos desta natureza. Localizado na porção norte da Serra da Prata no Distrito de Floresta, pertencente ao município de Morretes no Estado do Paraná – Brasil, processos estes recorrentes ao longo de toda Serra do Mar e com significativos danos produzidos e inúmeras catástrofes gerados pelos sedimentos mobilizados.

Os movimentos de massa do tipo corrida lama com detritos ocorreram em 11 de março de 2011 na Serra da Prata. O processo erosivo produziu além das maiores cicatrizes nas áreas fonte do material mobilizado, este quando fluiu deixou alterações evidentes ao longo no leito do rio e estendendo-as de forma confinada ao segmento inferior das vertentes adjacentes a qual passa a ser tratada nesta pesquisa como cicatriz.

A evolução dos processos de morfogênese vem expondo no segmento inferior das encostas blocos rochosos envoltos em material inconsolidados e recobertos por colúvios e solos. Esses processos, desencadearam a remobilização dos blocos rochosos por ação gravitacional e processos erosionais, que configuram a ação morfodinâmica. Esses movimentos de massa, atingiram a planície aluvial da bacia hidrográfica do Rio Jacareí, bem como, a baía de Paranaguá.

A partir da análise das técnicas de monitoramento dos processos erosivos no procedimento combinado a dos blocos rochosos. buscou-se adaptar e aprimorar as técnicas de monitoramento de erosão em cicatriz. Neste sentido Guerra e Cunha (2001), afirmam que os estudos sobre os processos erosivos são extremamente importantes para o entendimento das ações do pretérito, presente e dando subsídios para compreensão do futuro.

A partir desse direcionamento, surgiram algumas indagações em relação à pesquisa. Como avaliar a dinâmica da cicatriz de corrida de detritos da bacia hidrográfica do rio Tingidor através do monitoramento da remobilização dos materiais inconsolidados e blocos rochosos?

Com base nas observações realizadas em campo ao longo do rio Tingidor e segmentos inferiores das encostas e fundo do vale, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- a) Após Corrida de detritos no rio Tingidor as cicatrizes apresentaram maior suscetibilidade aos processos erosivos devido aos taludes apresentarem inclinações superiores aos 45 graus, com alguns locais chegando próximo aos 90 graus, desprovidos de cobertura vegetal.
- b) A erodibilidade dos materiais inconsolidados remanescentes ao longo do talvegue transformaram o fundo do vale em feição similar a um canal de desmoronamento análogo a uma vossoroca, com evolução que pode ser relacionada aos processos erosivos similares.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é realizar o monitoramento da dinâmica dos processos erosivos e remobilização de blocos rochosos nas cicatrizes da corrida de detritos na bacia do rio Tingidor, em Morretes/PR. Com base nesse objetivo foram elaborados os objetivos específicos:

- Monitorar e mensurar o volume de materiais inconsolidados erodido na cicatriz de movimento de massa de cada seção implantada no rio Tingidor;
- Coletar e registrar fotograficamente alterações na morfologia local e no processo de monitoramento dos materiais envolvidos;
- Monitorar a remobilização de blocos rochosos por coordenadas UTM de alta precisão;
- Disponibilizar as coordenadas para análise das variações de posicionamento dos blocos rochosos e alterações na exposição dos pinos para futuras pesquisas;

A presente dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos, onde o primeiro traz a introdução da pesquisa com a justificativa e relevância do estudo, justificativa, hipóteses e objetivos e sua respectiva estrutura, apresentando a área de estudo, e suas características.

O segundo capítulo trata do embasamento teórico conceitual apresentando estudos de caso, bases conceituais referentes as ações geomorfológicas atuantes na área de estudo.

No terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para o monitoramento da remobilização dos materiais inconsolidados e desenvolvimento da pesquisa.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos no monitoramento dos processos erosivos, remobilização dos blocos rochosos e ações geomorfológicas na cicatriz da corrida de detritos.

O quinto capítulo traz as considerações finais e recomendações para futuros trabalhos de monitoramento.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está inserida no Distrito de Floresta pertencente ao município de Morretes PR. O acesso para o Distrito se dá pela Rodovia BR 277, Km 48, onde se encontra uma base com marco geodésico materializado na residência do Sr. Osni, localizada na planície da bacia hidrográfica do rio Jacareí. O acesso às seções de monitoramento, é feito por estrada não pavimentada que sai da BR 277 até a foz do rio Tingidor, dando continuidade pelo canal do rio.

As seções de no maciço Serra da Prata, estão junto a Unidade de Conservação Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, Lei Federal nº 10.227 de 23 de maio de 2001.

Nesta área os movimentos de massa mencionados foram de grande magnitude abrindo cicatrizes ao longo dos vales do rio principal o rio Jacareí e alguns afluentes da margem direita e transportando materiais inconsolidados, detritos de vegetação e fragmentos rochosos com dimensões granulométricas das frações de solo a fragmentos de rocha com variados diâmetros, desde os mais finos originados dos depósitos arcóscios aos grandes matacões das áreas fontes que formaram grandes cicatrizes de escorregamento e desprendimento de blocos. Atingindo os vales da Serra da Prata e a planície da bacia hidrográfica do rio Jacareí a jusante, alcançando ainda, o estuário da Baía de Paranaguá, (PINTO, PASSOS, CANEPARO, 2012; SILVEIRA et al., 2013; MARTINS et al. 2012).

As seções de monitoramento de solos e remobilização dos blocos rochosos foram instaladas em cicatrizes de corrida de detritos na bacia hidrográfica ao longo do vale do rio Tingidor, afluente do Rio Jacareí (FIGURA 01), entre as coordenadas geográficas 25°34'29" S, 48°40'29" W (montante – 708m); 25°33'48" S e 48°42'58" W (jusante – 22m); 25°35'11" S, 48°40'44" W (montante – 820m), e 25°33'55" S,

48°42'08" W (Jusante – 24m). As coordenadas da jusante foram obtidas com base nos pontos extremos do leque de deposição da corrida de detrito na foz do rio.

Na bacia hidrográfica do rio Jacareí predomina as características do domínio geomorfológico da Serra do Mar (figura 01). Composta pelas serras de elevadas altitudes, com formas de vertentes côncava, convexa e retilínea.

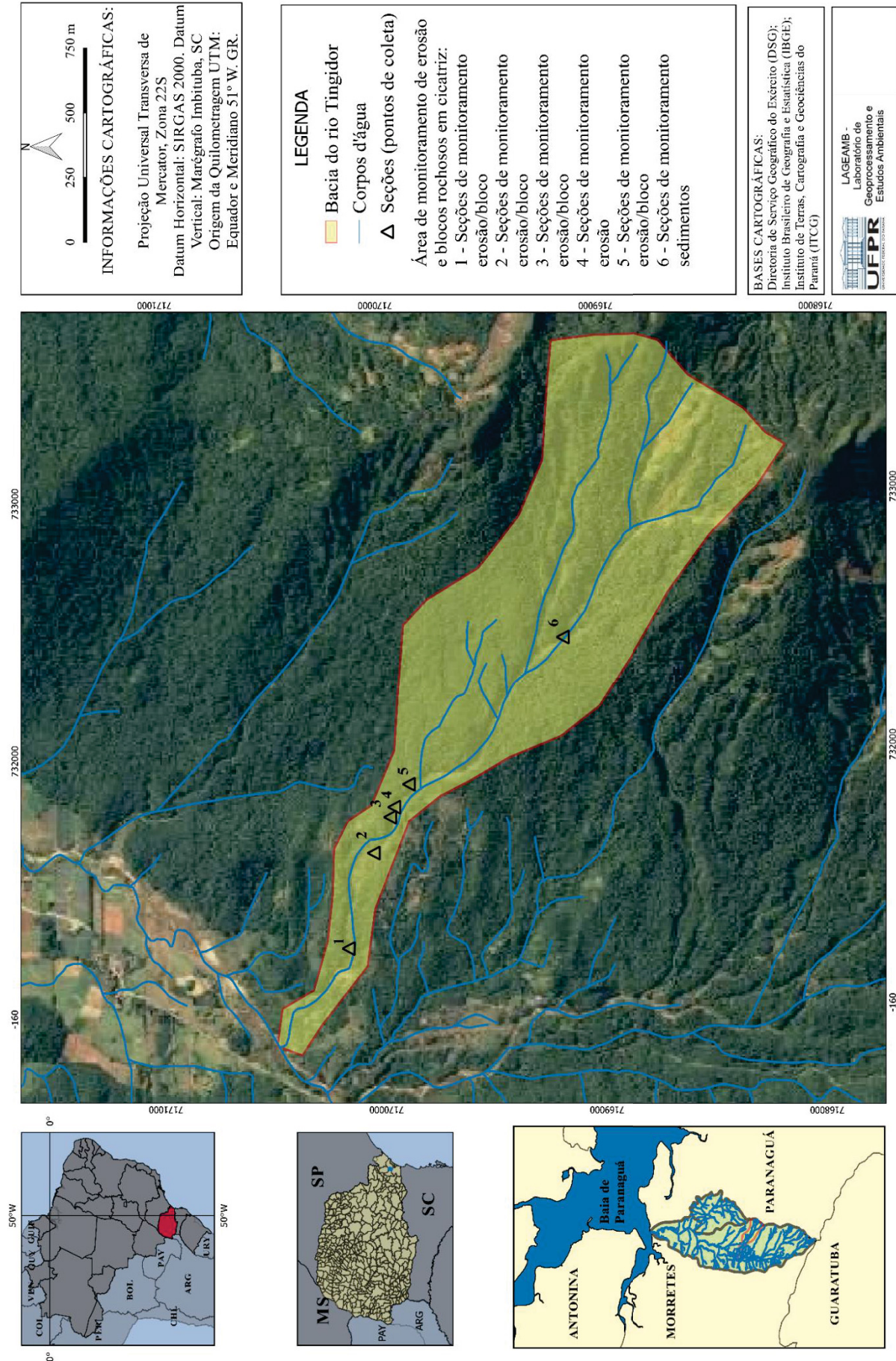
A caracterização geológica litoestratigráfica da Serra da Prata compreende um complexo Gnáissico-Migmatítico e Granítico-Gnáissico do período arqueano-proterozóico inferior 2,5 – 1,8 milhões de anos (MINEROPAR, 2001; 2005), Bigarella *et al* (1978) tem como referência o relevo da unidade fisiográfica identificada de Serra do Mar como:

A Serra do Mar apresenta relevo bastante dissecado e a drenagem um padrão dendrítico, adaptado às direções das estruturas relacionadas com falhas, fraturas e contatos litológicos, que condicionam lineamentos maiores e segmentos locais da rede de drenagem. Com frequência, ocorre o padrão de drenagem em treliça, com trechos com traçado retilíneo e incisões em ângulos agudos, mostrando a forte influência de direções estruturais importantes. Nas vertentes mais íngremes, a drenagem encontra-se encaixada nas linhas estruturais, originando vales profundos em forma de "V". (BIGARELLA *et al.* 1978).

O rio Tingidor está inserido na porção ocidental da Serra da Prata em uma área que apresentam altitudes que variam de 20 metros aos 1.500 metros em relação ao nível do mar. Essas altitudes estão associadas à formação geológica na porção oriental da Serra da Prata, composta por blocos rochosos cristalinos pertencentes ao complexo Gnáissico Migmatítico da Serra do Mar paranaense (BIGARELLA *et al*, 1978; MINEROPAR, 2001).

O leito fluvial do Rio Tingidor, apresenta várias dimensões ao longo do canal desde ao mais estreito entre 2,50 metros até com mais de 15 metros. A morfologia do vale em geral encaixado em forma de "V", o qual após o evento de 11/03/2011, teve a seção inferior das vertentes reconfigurada e o leito passou ser disposto na porção final da vertente em forma de calha ou de "U" configurando o atual leito maior do rio como uma voçoroca.

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE MONITORAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TINGIDOR



FONTE: O autor (2017).

Os desníveis topográficos da Serra da Prata condicionam a uma variação climática classificada como clima de região litorânea no tipo Cfa, conforme classificação de Köppen denominado clima subtropical superúmido mesotérmico e com verões quentes nas altitudes até 700 m e Cfb subtropical superúmido mesotérmico, mas com verões amenos acima dessa altitude, (MAACK, 1981; NIMER 1990; BONALDI, 2009).

Outro fator marcante na Serra da Prata é a Floresta Ombrófila Densa, que de acordo com (RODERJAN, KUNIYOSHI e GALVÃO, 1993) a classificação está condicionada, conforme aponta Bigarella et al (1978), pelas características climáticas, associada às altitudes e o acúmulo de umidade que vem do oceano ocasionando as chuvas orográficas. Condição que é reforçada nos estudos de Vanhoni e Mendonça (2008).

Para Maack (1981) o relevo e altitude influenciam diretamente nas temperaturas das massas de ar úmidas que entram em contato com a Serra do Mar paranaense. Essas características contribuem para os elevados índices pluviométricos da região, condicionando para a formação diversificada da vegetação Ombrófila na área de estudo, que são classificadas de acordo com as altitudes em vegetações de terras baixas, que se encontra na planície litorânea com altitude inicial de 0 a 50 metros de altitude; Submontana de 50 a 600 metros; Montana de 600 a 1.200 metros; Alto Montana acima dos 1.200 metros, associando nesses ambientes o predomínio de solos profundos (VELOSO et al., 1991; SEMA, 2002, EMBRAPA, 2013).

A geomorfologia da área de pesquisa está localizada na porção ocidental da Serra do Mar paranaense apresenta-se em constante evolução através dos processos erosivos e movimentos de massa. As ações erosivas nas encostas da área de pesquisa são potencializadas pelos condicionantes da elevação da Serra da Prata que apresenta em maior parte declividades superiores aos quarenta e cinco graus, aumentando a energia de escoamento do rio Tingidor (BIGARELLA, 2003).

2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

2.1 PROCESSOS EROSIVOS

Entender os conceitos sobre os processos erosivos se torna fundamental para o desenvolvimento dessa pesquisa. Sendo assim, busca-se nesse trabalho compreender os principais agentes erosivos atuantes na cicatriz da bacia hidrográfica do rio Tingidor.

De acordo com Bigarella (2003), os processos erosivos lineares podem ocorrer de forma perceptível ou imperceptível no ambiente. Uma ruptura no equilíbrio potencializa os agentes erosivos quando associados aos fatores condicionantes de uma vertente. De modo geral, quando ocorre deslizamentos, corrida de detritos e outros movimentos de maior magnitude, formam cicatrizes no canal de deslocamento desses movimentos de massa, ocasionando em maiores volumes de remoção de material em curto prazo de tempo.

Em ambientes que apresentam menores declividades, essas ações atuam de forma menos evidente e pouco perceptível devido as formações vegetais, cobertura do solo com camada de folhas, galhos que protegem a camada superior dos agentes erosivos, apresentando ações erosivas nesses casos em um espaço temporal maior. Com base nesse aspecto Bigarella (2003) conceitua a erosão como:

Erosão – O conceito de erosão (do latim: **erodere**) está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Implica na fragmentação mecânica das rochas ou na decomposição química das mesmas, bem como na remoção superficial ou subsuperficial dos produtos do intemperismo. [...] Em sentido amplo, a erosão consiste no desgaste, no afrouxamento do material rochoso e na remoção dos detritos através dos processos atuantes na superfície da Terra; (BIGARELLA, 2003, p. 884 – 885).

Nesse contexto, a desagregação das partículas dos materiais inconsolidados proporcionam deslocamentos dos sedimentos, por meio da remoção, transporte e deposição dos materiais sedimentares por ação da gravidade, tendo como principal condutor a água. (LEPSCH, 2002; GUERRA e GUERRA, 2005).

2.1.1 Fatores controladores da erosão

Guerra (2005) demonstra que a erosividade depende de índices pluviométricos para exercer a ação erosiva. Desta forma, a erosividade apresenta um conjunto de fatores condicionantes e controladores da erosão, como tamanho das gotas, velocidades e distribuição, ângulo, direção e intensidade da chuva, frequência e duração.

A ação erosiva nas vertentes depende do poder erosivo das gotas de chuva e da água corrente (erosividade), do escorregamento e do fluxo de massas terrosas, e da erodibilidade do solo e da rocha. A erosividade é controlada principalmente pela intensidade das chuvas numa unidade de tempo em mm/m^2 (BIGARELLA, 2003, p. 900).

Outro fator controlador da erosão é a erodibilidade que ocorre de acordo com as características do solo. Essas características são apontadas como um conjunto de fatores, entre eles: intensidade de chuva, propriedade do solo, cobertura do solo, saturação do material inconsolidado, declividade da vertente, textura, matéria orgânica, densidade e propriedades físicas e químicas controladoras da desagregação das partículas dos materiais inconsolidados. Esse conjunto de fatores condicionantes potencializam as ações erosivas quando as chuvas apresentam escoamento superficial elevado (BIGARELLA, 2003).

2.1.2 Formas de erosão

Nessa pesquisa foram abordadas as principais formas de erosão que se encontram nos taludes das cicatrizes formadas pelos deslizamentos que ocorreram em março de 2011, nas margens do rio Tingidor, na Serra do Mar paranaense. As três principais formas de erosão associadas ao estudo são compostas pela erosão hídrica ocasionada pelo salpicamento, erosão laminar e erosão entre sulcos.

Para Guerra (2003), a erosão hídrica por salpicamento é a primeira etapa dos processos erosivos de origem hídrica. Ocasionalmente pelo impacto das gotas de chuva, que recebem a denominação de efeito *splash*, quando a gota bate no material inconsolidado remove partículas nas áreas desprotegidas do relevo. Esse processo é também conhecido no Brasil por salpicamento, essa ação pode formar uma crosta por impacto das gotas e selamento da camada superior do solo, diminuindo a infiltração da água na superfície e aumentando ação erosiva por escoamento superficial, dando início ao processo erosivo laminar (GUERRA, 1999; BIGARELLA, 2003).

A erosão laminar ocorre após a ação do salpicamento no material inconsolidado, iniciando a remoção da camada superior do solo durante o escoamento superficial da água. A formação das ravinas e canais difusos aumentam o potencial da erosividade. Esses processos erosivos são comuns em ambientes tropicais e subtropicais, podendo intensificar de acordo com volumes pluviométricos, declividade do relevo, falta de cobertura vegetal, entre outros fatores que condicionam a retirada das partículas do material inconsolidado (GUERRA, 2007; LIMA L., 2008).

Portanto, quando a camada superior do material inconsolidado encontra-se saturada, o acúmulo de água aumenta, dando início ao escoamento superficial no terreno, carreando as partículas desagregadas e abrindo as pequenas ranhuras que tendem a evoluir para uma feição erosiva mais intensa por fluxo concentrado laminar. (BIGARELLA, 2003).

A erosão em sulcos ocorre na superfície do solo devido ao escoamento superficial, e aparecem a princípio na forma de ranhuras e pequenos sulcos. A evolução desse processo se dá com o aumento da energia que se acumula sobre a superfície e aprofunda o sulco com a concentração da enxurrada em determinados locais.

As profundidades das feições erosivas estão relacionadas às formas de escoamento e frequências, podendo ocorrer na superfície ou subsuperfície. Os fatores controladores são condicionados pelas intensidades de chuvas que podem partir das chuvas ocasionais até as mais frequentes, conseqüentemente, as profundidades também acompanham as intensidades pluviométricas ocasionando ranhuras superficiais até ravinamentos profundos. (BIGARELLA, 2003; IMESON, 2006).

2.1.3 Erosão em cicatriz

De acordo com Casseti (1991), as alterações do relevo são resultantes do intemperismo e das ações erosivas atuantes nas encostas. Essas áreas são potencializadas pela declividade, características que Guerra (2007) explica, como processos atuantes da evolução das vertentes.

Sendo assim, as características que a cicatriz apresenta com ângulo superiores aos quarenta e cinco graus de inclinação, apresenta como fator condicionante para um equilíbrio do talude, característica que acelera os processos erosivos por apresentar instabilidade.

2.1.4 Escorregamentos planares (Translacionais)

Os deslizamentos planares ou translacionais são comuns nas encostas da Serra do Mar, devido às altas declividades. Esse movimento apresenta um plano de ruptura de forma retangular estreita, atingindo comprimentos variados, dependendo da extensão e declividade da vertente. As profundidades desse escorregamento geralmente são rasas, oscilando entre 0,5 e 5,0 m de profundidade (GUIDICINI E NIEBLE, 1984).

De modo geral, os movimentos planares ocorrem nos períodos de verão com o maior índice pluviométrico, saturando o manto de material inconsolidado até chegar à rocha. Esses movimentos ocorrem com muita frequência no Brasil, principalmente nas regiões litorâneas, com vários registros de ocorrências na Serra do Mar das regiões sul e sudeste do Brasil (FERNANDES E AMARAL, 1996; VIEIRA, 2007).

2.2 TÉCNICAS DE MONITORAMENTO DE EROÇÃO

De acordo com Guerra (2005), o monitoramento de erosão é uma das diversas técnicas que mensura o volume de solos erodidos em um determinado local. Para Andrade (2014), a aplicação da técnica de pinos exigiu adaptações no método de monitoramento para adequação na área de estudo. Fator que fez a diferença na avaliação da dinâmica superficial dos materiais erodidos na encosta urbana em Juiz de Fora - MG.

Para Mathias *et.al.* (2010) o uso das estacas contribuiu de forma expressiva em sua pesquisa de análise da dinâmica evolutiva dos processos erosivos, ainda ressalta, a importância das adaptações que visam o aprimoramento das técnicas atuais na busca de recursos técnicos que venham proporcionar melhor resultados da pesquisa.

O estudo realizado por Loureiro (2012), seguiu a metodologia descrita por Guerra (1996), para o monitoramento do recuo das bordas de uma voçoroca com uso de estacas. O autor partiu da técnica tradicional para uma adaptação metodológica com uso de pinos de erosão e a partir dessa técnica, foram realizadas medições das bordas com as estacas e medições da parede da voçoroca com os pinos de metal. Técnica simples e de baixo custo, eficiente na mensuração de processos erosivos superficiais difusos, de fácil averiguação para mensuração da erosão na voçoroca,

possibilitando melhor análise da dinâmica da voçoroca que se encontra na bacia hidrográfica do rio São Pedro no Rio de Janeiro.

De acordo com Nascimento (2016), a pesquisa de monitoramento desenvolvida no talude com verticalização de 90° de declividade da margem direita do rio São Francisco no Estado do Sergipe, apresentou dados significantes para o monitoramento dos processos erosivos no período de um ano.

Para Mathias *et.al* (2010) em sua pesquisa busca avaliar as diversas técnicas de monitoramento de processos erosivos por estacas. O aprimoramento das técnicas por adaptações visa a praticidade na implantação e leitura, fator que apontou melhores condições para obtenção dos resultados dos processos erosivos. Essas adaptações aprimoram o método para aplicabilidade em ambientes diferentes em relação as pesquisas tradicionais realizadas em voçorocas.

2.3 MONITORAMENTO DE REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS ROCHOSOS

O monitoramento dos movimentos de blocos busca por meios de dados quantitativos realizar uma análise de remobilização em ambientes declivosos aos quais apresentam instabilidade em determinados pontos que podem gerar riscos para sociedade. Diante disso, deve-se analisar os quatro movimentos básico de deslocamento por gravidade.

A queda de Bloco ou blocos consiste no desprendimento e deslocamento em queda livre por gravidade a jusante. Para o tombamento de blocos os movimentos são rotacionais impulsionados por pressões ou descalçamento do bloco por processos erosivos ou obras de infraestruturas. Os movimentos de rolamento de blocos são causados por forças hidrológicas ou perda de estabilidade por descalçamento em encosta ocasionada por erosão. O deslocamento é um movimento que ocorre em queda livre por descompressão, alívio de pressão dos blocos rochosos ou por variações térmicas em blocos ou afloramentos rochosos (AUGUSTO, 1995; GUERRA, 1997; INFANTI, 1998).

2.3.1 Técnica por posicionamento de receptores GNSS

O Sistema de Navegação Global por Satélite (Global Navigation Satellite System - GNSS), surgiu em 1960 com lançamento do primeiro satélite em 1978, colocado em órbita o GPS (Global Position System) pelos Estados Unidos para uso exclusivo das Forças Armadas e disponibilizado ao uso civil a partir de 1980. Após a

liberação o uso se expandiu para todo mundo, com diversas finalidades de uso do GNSS, apresentando destaque entre os sistemas e métodos mais utilizados na geodésia, topografia pela Engenharia Cartográfica e áreas afins em diversos trabalhos. Essa técnica é baseada em *Global Navigation Satellite* composta por constelações de satélites que fornece serviços 24 horas por dia em toda a superfície terrestre (BERNARDI, 2002).

O sistema GLONASS (Sistema de Navegação Global por Satélites) foi desenvolvido com a mesma finalidade militar de posicionamento e navegação dos Estados Unidos. O projeto de desenvolvimento do sistema de navegação iniciou-se em 1976 e finalizou-se como um sistema de navegação global por satélite completamente operacional em 2011, ao término, resultou-se em uma constelação de satélites suficientes para obter cobertura global (VAZ, 2013).

Para trabalhos geodésicos o uso do sistema GPS e GLONASS deve ter no mínimo quatro satélites operando simultaneamente sem interrupções durante o trabalho. Caso ocorra paradas na obtenção de dados na operação do equipamento, deve-se repetir o procedimento ou aumentar o tempo de rastreamento (MONICO, 2000).

A técnica de rastreamento com receptores GNSS dupla frequência apresenta maior precisão nas coordenadas obtidas. Para isso, recomenda-se posicionar a antena receptora na estação Base e o receptor da coletora *Rover* utilizando o método relativo estático, onde as antenas devem permanecer estacionárias no período do levantamento. De acordo com o método de posicionamento relativo estático recomenda-se 20 minutos até algumas horas, dependendo da precisão que se busca, podendo variar de 0,1 a 1 ppm. Para alcançar essa precisão vai depender de uma linha de base com comprimento inferior a 10 km, sob condições ionosféricas favoráveis e planejamento para ocupação e obtenção dos melhores resultados (IBGE, 2008; MONICO, 2000).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa utilizou-se dois métodos de monitoramento para análise do comportamento geomorfológico da cicatriz do canal após movimentos de massa ocorridos em março de 2011.

O primeiro método trata-se do monitoramento de erosão descrito por Cunha & Guerra (1996), adaptado para análise da erodibilidade e mensuração da perda de material inconsolidado da cicatriz formada pelo movimento de massa.

O segundo método trata-se do monitoramento da remobilização dos blocos rochosos com utilização de equipamento GNSS dupla frequência, conforme recomendações técnicas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em concordância com as normas do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, para rastreamento e homologação das coordenadas (IBGE 1983). Nesse método adotou-se o posicionamento Relativo Estático, com uso dos receptores GNSS L1 - L2, técnica que oferece precisão de ordem milimétrica, atendendo as recomendações para análise dos movimentos dos blocos (MONICO, 2000).

3.1 MÉTODO DE MONITORAMENTO DE MATERIAIS INCONSOLIDADOS

Para o monitoramento dos processos erosivos, adotou-se o método de monitoramento de erosão com uso de pinos de metal, técnica aplicada por (DE PLOEY e GABRIELS¹, 1980 apud CUNHA & GUERRA, 1996), para avaliação do volume de material inconsolidado erodido.

O método descrito por Cunha & Guerra (1996) utilizado no Brasil em monitoramento de processos erosivos em voçorocas, foi adaptado para monitoramento de erosão em cicatriz formada pela corrida de detritos no canal fluvial do rio Tingidor. A técnica descrita apresentou eficiência na mensuração de erosão em várias pesquisas realizadas (ROCHA e SOUZA FILHO, 1996; WOLMAN, 1959; DE PLOEY e GABRIELS, 1980).

Sobre esse método, Cunha & Guerra (1996) descreve que:

O monitoramento desses pinos consiste em se fazer visitas periódicas a essa área, podendo ser a cada semana, de quinze em quinze dias, ou uma vez por mês, e medir a altura desses pinos, acima do solo. Com isso, à medida que o solo vai sendo erodido, os pinos vão ficando cada vez mais expostos. O monitoramento deverá ser feito por aproximadamente um ano e, ao final desse período, é possível estimar a perda de solo, em termos de espessura e de volume (caso seja determinada a densidade aparente desses solos), não só em valores médios, para encosta como um todo, mas também quais as porções da encosta monitorada sofreram maiores perdas, e quais as partes que sofreram pouca ou nenhuma erosão (CUNHA & GUERRA, 1996, pag. 150-151).

¹ DE PLOEY, J. & GABRIELS, D. Measuring Soil Loss and Experimental Studies. In: Soil Erosion. Orgs M.J. Kyrkby e R.P.C Morgan. John Wiley & Sons, 63 – 108, 1980.

Para implantação do monitoramento foi necessário realizar adaptações no formato e tamanho dos pinos, para fixação na cicatriz com declividades entre 60° e 90° na maioria das seções. As estacas ou pregos sugeridos pela metodologia foram substituídas por pinos de metal, confeccionados com vergalhões de 30 cm, onde, 20cm é para fixar na cicatriz e 10 cm ficam expostos para mensurar os processos erosivos dos taludes. Essa adaptação visa deformar menos o talude durante a fixação dos pinos, sendo assim, busca-se a melhoria contínua do método tradicional.

Para implantação do monitoramento de erosão e materiais inconsolidados foram realizadas em três etapas, sendo a primeira composta por reconhecimento de campo e planejamento, a segunda etapa pela confecção dos materiais e a terceira com a execução da implantação.

O estudo foi organizado a partir de pesquisas teóricas e práticas com a implantação do monitoramento da dinâmica das cicatrizes de corrida de detritos. A definição de onde implantar as seções de monitoramento dos processos erosivos foi realizada com apoio de imagens de satélite, em áreas que ocorreram os deslizamentos da bacia hidrográfica do Rio Jacaré.

A primeira etapa foi realizada campanhas de campo para o reconhecimento da área de pesquisa. A expedição de reconhecimento foi pelo vale do Rio Tingidor, onde o ambiente apresentava grau de dificuldade médio devido a existência de detritos rochosos instáveis que se encontram entulhados no vale e pela recomposição da vegetação que dificulta o avanço. Diante disso, o deslocamento foi lento pelo vale, dificultando a conclusão do acesso final para definir o local de monitoramento das seções de erosão e blocos rochosos, exigindo programação de dois dias de reconhecimento de campo para definição dos locais de implantação das seções de monitoramento.

O critério de definição para escolha dos matacões foi visual, sendo identificado blocos aparentemente instáveis ao longo das cicatrizes da corrida de detritos do rio Tingidor.

Na segunda etapa foi realizada a confecção dos pinos de erosão (FIGURA 2), com vergalhão de construção civil. As barras de ferro foram cortadas em tamanhos iguais, com trinta centímetros e diâmetro de 0.6 mm., posteriormente foram pintadas para facilitar visualização após a implantação no campo, destacando dez centímetros de cor amarelo na parte que fica exposta no talude da cicatriz. Conforme a parte fixada

vai se expondo no talude com ações erosivas, a coloração diferente (laranja) vai se destacando no perfil, possibilitando maior agilidade no registro dos dados de erodibilidade.

FIGURA 2 - CONFECÇÃO DOS PINOS PARA MONITORAMENTO DE EROSÃO



FONTE: O autor (2016).

Na terceira etapa foram realizadas as implantações das seis seções de monitoramento de erosão ao longo do vale do rio Tingidor, no período de 01 a 03 de setembro de 2015. A implantação foi realizada com a fixação de cinquenta pinos em cada seção, totalizando 300 pinos nas seis seções, com espaçamento médio de 60 a 80 cm entre os pinos de monitoramento.

3.1.1 Determinação da densidade do solo.

Para realizar a estimativa de massa do material remobilizado nos processos erosivos, foi necessário determinar a densidade do solo de cada seção monitorada. Para isso, foram coletadas uma amostra em cada seção de monitoramento e realizado os cálculos de densidade aparente do solo (EMBRAPA, 2011).

O método de kopeck do anel volumétrico consiste na “coleta de amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço denominado Kopeck. (EMBRAPA, 2011).

De acordo com os procedimentos recomendado pela EMBRAPA (2011), deve-se:

- Determinar ou anotar o volume do anel ou cilindro que contém a amostra.
- Pesar o conjunto e anotar o peso, ou transferir a amostra para lata de alumínio numerada e de peso conhecido, e pesar.
- Colocar na estufa a 105 °C, após 24 e 48 horas, retirar, deixar esfriar e pesar. (2011, p. 29).

O cálculo para densidade aparente é realizado por $(g / cm^3) = a / b$, onde:

a = peso da amostra seca a 105 °C (g)

b = volume do anel ou cilindro (cm³)

A densidade aparente do solo expressa a relação entre a massa de sólidos e o volume total de um certo corpo de solo: (densidade= massa/volume):

$$d_p = \frac{m_s}{V_s}$$

As densidades dos solos são expressas em gramas por centímetros cúbicos ou quilogramas por metro cúbico e as amplitudes de variação situam-se dentro dos seguintes limites:

- Solos argilosos, de 0,90 a 1,25 g/cm³
- Solos arenosos, de 1,25 a 1,60 g/cm³
- Solos húmicos, de 0,75 a 1,00 g/cm³
- Solos turfosos, de 0,20 a 0,50 g/cm³

Sendo determinante de que quanto maior a densidade do solo, maior será sua compactação, limitando a infiltração de água no solo e, conseqüentemente, maiores serão os volumes de escoamento superficial potencializando a erosividade.

3.1.2 Localização e características das seções:

Seção 01 - Monitoramento de processos erosivos e remobilização de bloco rochoso.

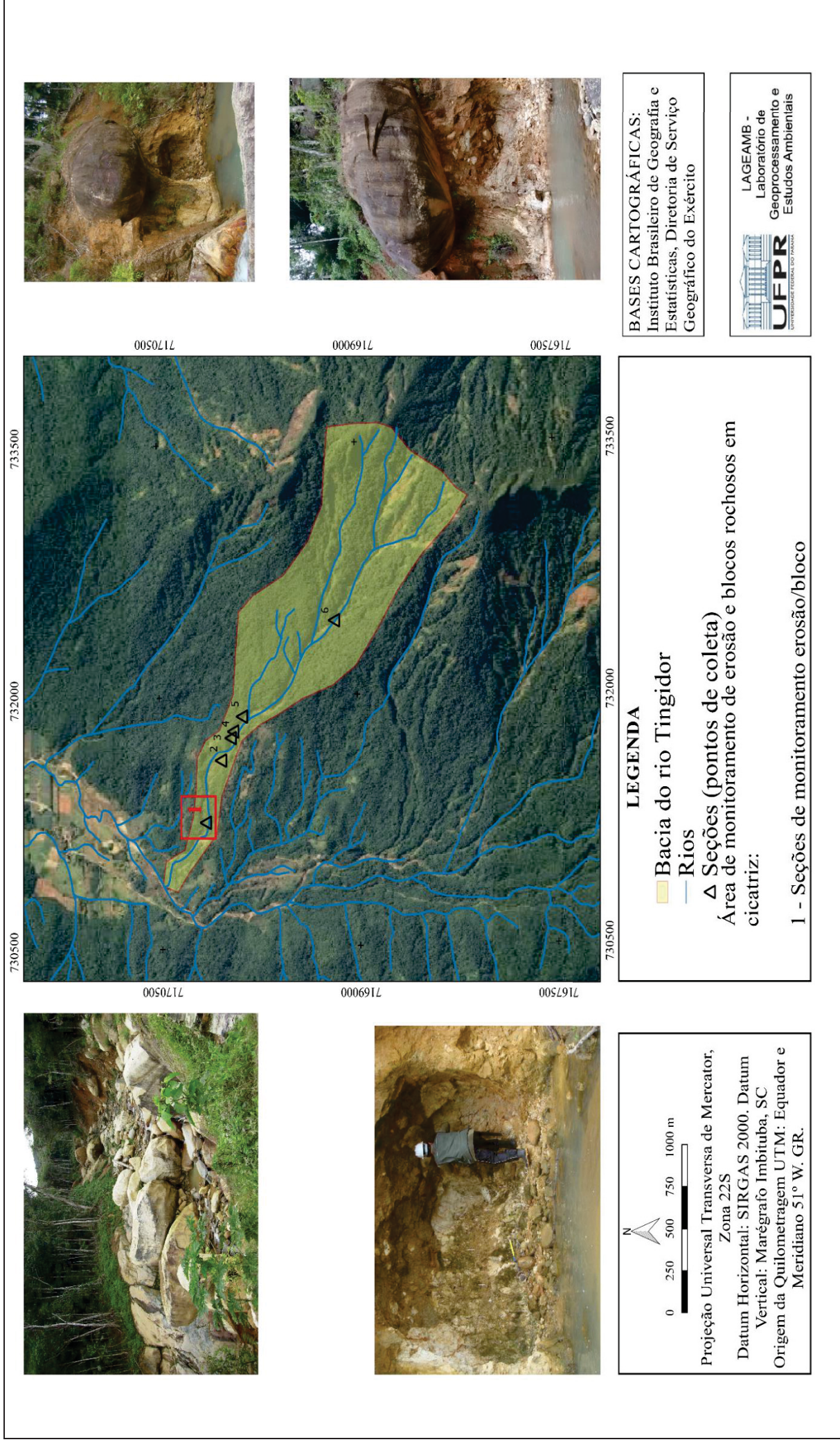
Localizada na jusante do rio Tingidor em uma área que apresenta potencial para o desencadeamento dos processos erosivos nas cicatrizes da corrida de detritos no rio Tingidor. Esta seção de monitoramento recebe no período de verão chuvas intensas. Sendo possível observar presença expressiva de transporte de matacões, seixos e cascalhos, característica do canal que potencializa a remobilização dos materiais inconsolidados.

Para analisar a dinâmica da cicatriz foram fixados pinos de metal na base do bloco rochoso para avaliar a evolução dos processos erosivos. Juntamente a esses processos, busca-se monitorar a instabilidade dos blocos, através do sistema GNSS dupla frequência (vide descrição detalhada no item 3.3 a seguir), com o método que possibilita analisar movimentações planimétricas, analisadas pelas diferenças de coordenadas UTM sobre o mesmo ponto fixado por plaquetas cravadas no bloco (tais procedimentos combinados foram repetidos nas demais seções onde existiam blocos aflorantes). Os blocos na cicatriz em contato com materiais inconsolidados da seção de monitoramento estão em taludes com declividade próximo aos noventa graus, característica recorrente ao longo do vale. Essas condições são potencializadas com os elevados índices pluviométricos registrados no período de verão, favorecem a movimentação destes por solapamento erosivo ou simples liquefação da massa inconsolidada. Desta forma, este monitoramento (FIGURA 3) possibilita análise quantitativa por mensuração de deslocamento dos blocos rochosos que estão em contato na zona úmida do rio Tingidor.

A infiltração da água no solo e a saturação hidrogeomorfológica são fatores que podem gerar instabilidade da cicatriz, podendo ocorrer variações no fluxo subterrâneo por meio do nível freático, associado a outros fatores condicionantes para ocorrência dos processos que proporcionam a remobilização dos materiais.

Dessa forma, o processo de monitoramento é realizado com base nas alterações que ocorrem no perfil da cicatriz. E por meio dos registros realizados se torna possível mencionar os processos erosivos e movimentos dos blocos em determinado período de monitoramento.

FIGURA 3 - MONITORAMENTO DE EROÇÃO E BLOCOS ROCHOSOS NA MARGEM DO RIO TINGIDOR



FONTE: O autor (2017).

Seção 02 - Monitoramento de erosão em cicatriz e remobilização de bloco rochoso.

Nessa seção os materiais inconsolidados encontram-se totalmente suscetíveis a erosão por falta de cobertura vegetal. Esse fator contribui para o desencadeamento de ações erosivas que atuam na dinâmica e equilíbrio natural da vertente. Essa área (Fig. 04) foi alterada abruptamente na corrida de detritos pela força exercida pelos matacões ao longo do vale, deixando cicatriz com taludes de aproximadamente noventa graus, em maior parte da seção monitorada.

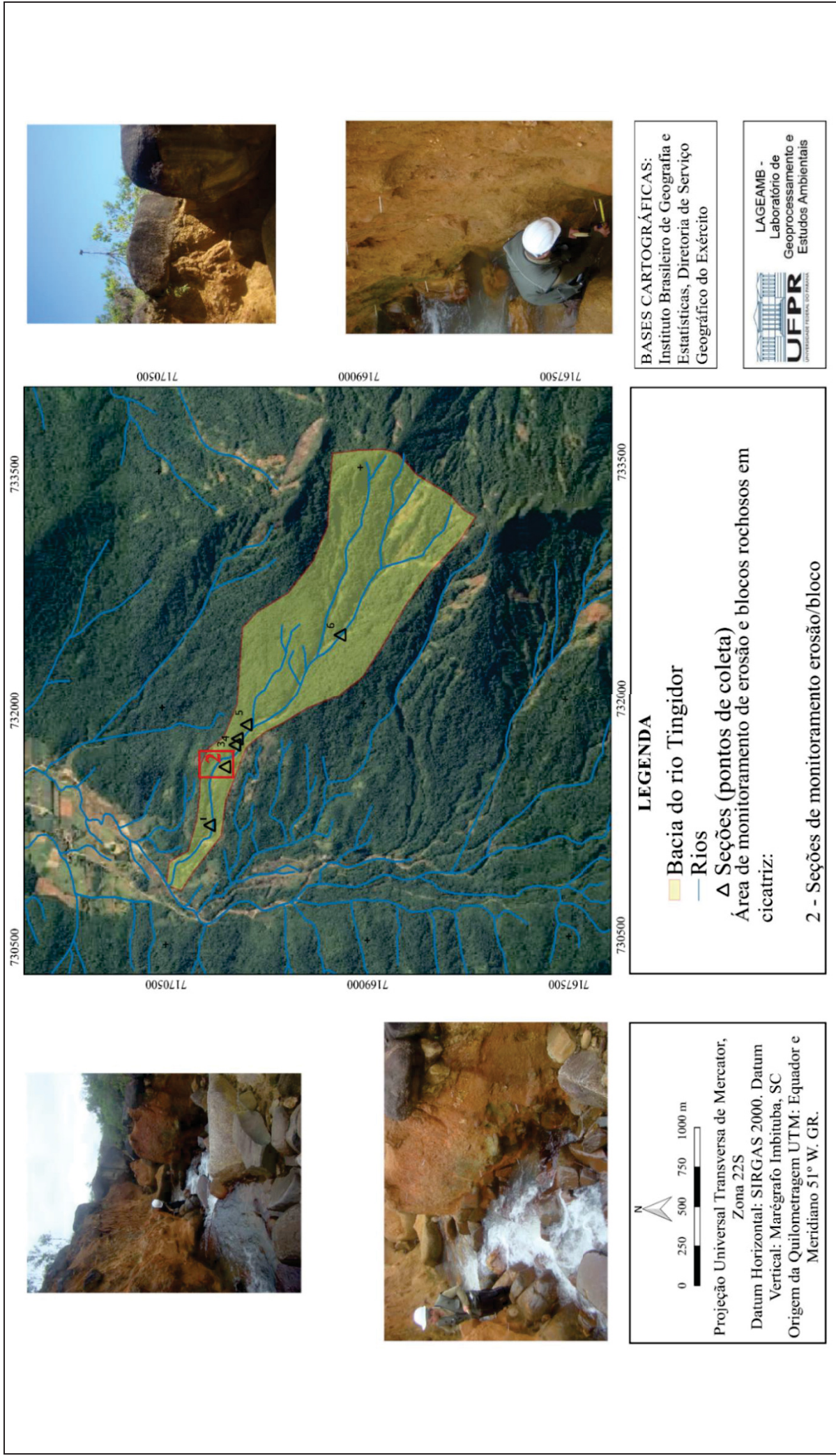
As características apresentadas pela cicatriz potencializam a ocorrência de processos erosivos e movimentos de blocos. Nessa área, o canal do rio foi estrangulado em uma faixa entre dois e três metros por uma distância de aproximadamente de vinte metros. Nesse percurso o fluxo do rio Tingidor é mais energético, exercendo maior pressão nas margens, principalmente em períodos de chuvas intensas com as cheias atuando diretamente nos taludes.

Essa seção de monitoramento está implantada na zona de produção de sedimentos, com a presença expressiva de matacões e sedimentos finos em barra formada por obstrução do canal decorrente de movimentos de blocos da cicatriz do rio Tingidor. A fixação e espaçamento entre os pinos no talude dessa seção foi uniforme ao longo do perfil, sendo colocado os pinos de metal um pouco acima do fluxo normal do canal até uma altura próximo a borda da cicatriz.

Essa é uma das áreas que o método dos pinos de metal auxilia para análise da evolução da cicatriz do rio Tingidor. Apresentando um estrangulamento do canal (FIGURA 4) em relação a outros pontos que o canal é mais largo.

Dessa forma, o monitoramento busca avaliar o alargamento do canal e entulhamento por matacões que se desprendem das margens do rio. A pesquisa busca dados sobre o volume de material erodido. Esses dados são importantes para análise da remobilização dos blocos que estão sobrepostos aos taludes da cicatriz.

FIGURA 4 - SEÇÃO 02 MONITORAMENTO DE EROÇÃO NA MARGEM DO RIO TINGIDOR



FONTE: O autor (2017).

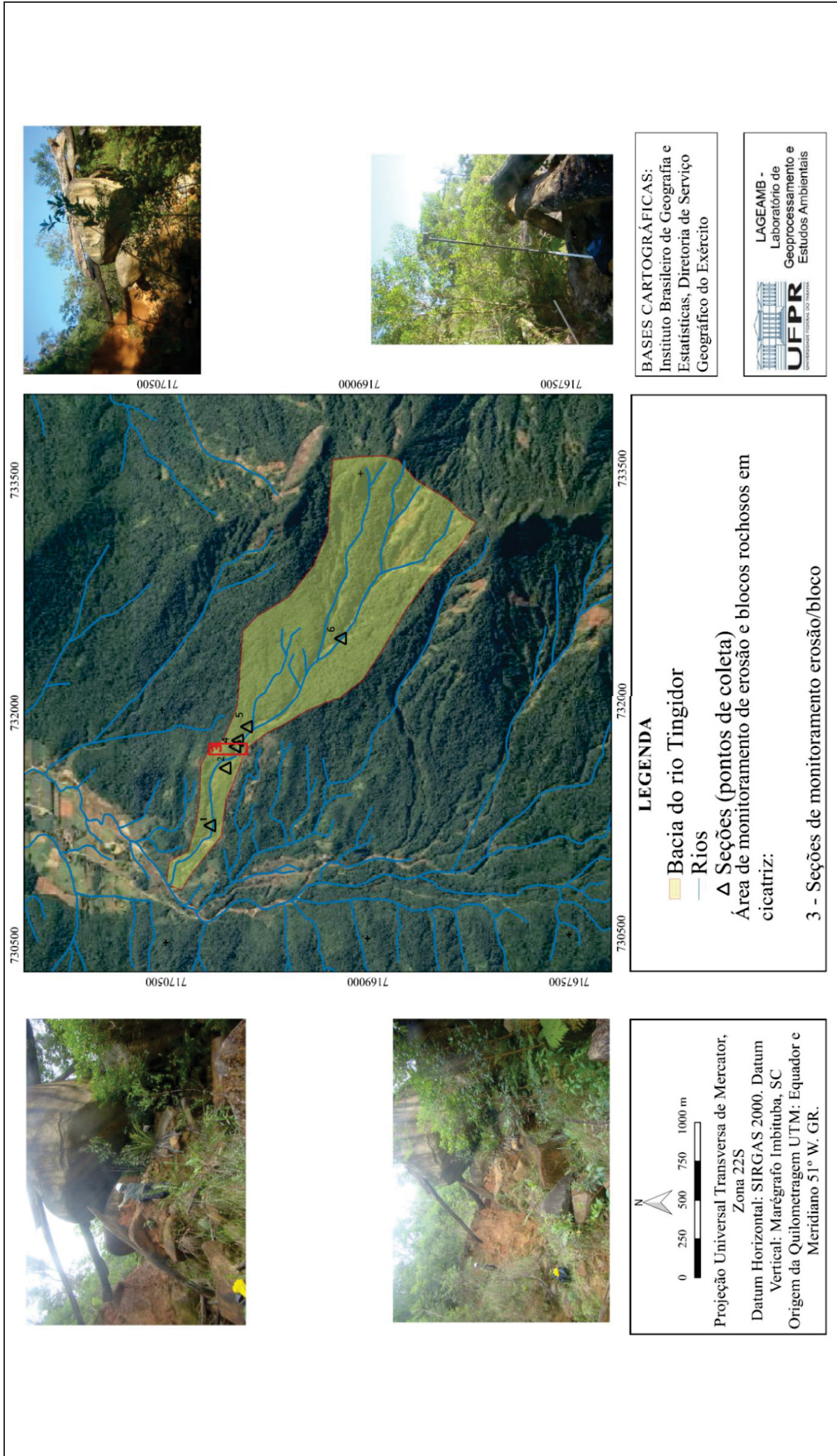
Seção 03 - Monitoramento de erosão e remobilização de bloco rochoso

A implantação do monitoramento da seção três foi realizada em uma feição erosiva na cicatriz de corrida de detritos. A cicatriz apresenta baixo índice de recomposição da vegetação com presença de solos expostos, o que indica um processo erosivo ocorrendo nessa área (FIGURA 5).

Nessa seção encontra-se blocos remobilizados entulhados sobre os materiais inconsolidados com processos erosivos atuantes na base desses matacões. A partir dessas características, o monitoramento gera dados sobre os processos erosivos que indicam volumes de remobilização dos materiais inconsolidados da base de estabilidade dos blocos entulhados.

Para o monitoramento do bloco dessa seção foi implantado o método de posicionamento Relativo Estático, com uso do receptor GNSS dupla frequência com a técnica de repetição de rastreo por período pré-determinado. A técnica consiste em fixar uma chapa de metal na rocha e após secar a cola se realiza o rastreo. Para o rastreo foi ocupado um equipamento Hiper Plus L1 L2, na base materializada localizada em uma distância aproximada de 2 km do ponto monitorado. Com uso da antena Rover foi rastreado por trinta minutos sobre o bloco para obter coordenada UTM inicial do monitoramento, esse processo passará por repetições sobre o mesmo ponto monitorado nessa seção.

FIGURA 5 - SEÇÃO 03 IMPLANTAÇÃO DOS PINOS DE EROÇÃO E MONITORAMENTO DA REMOBILIZAÇÃO DOS BLOCOS ROCHOSOS



FONTE: O autor (2017).

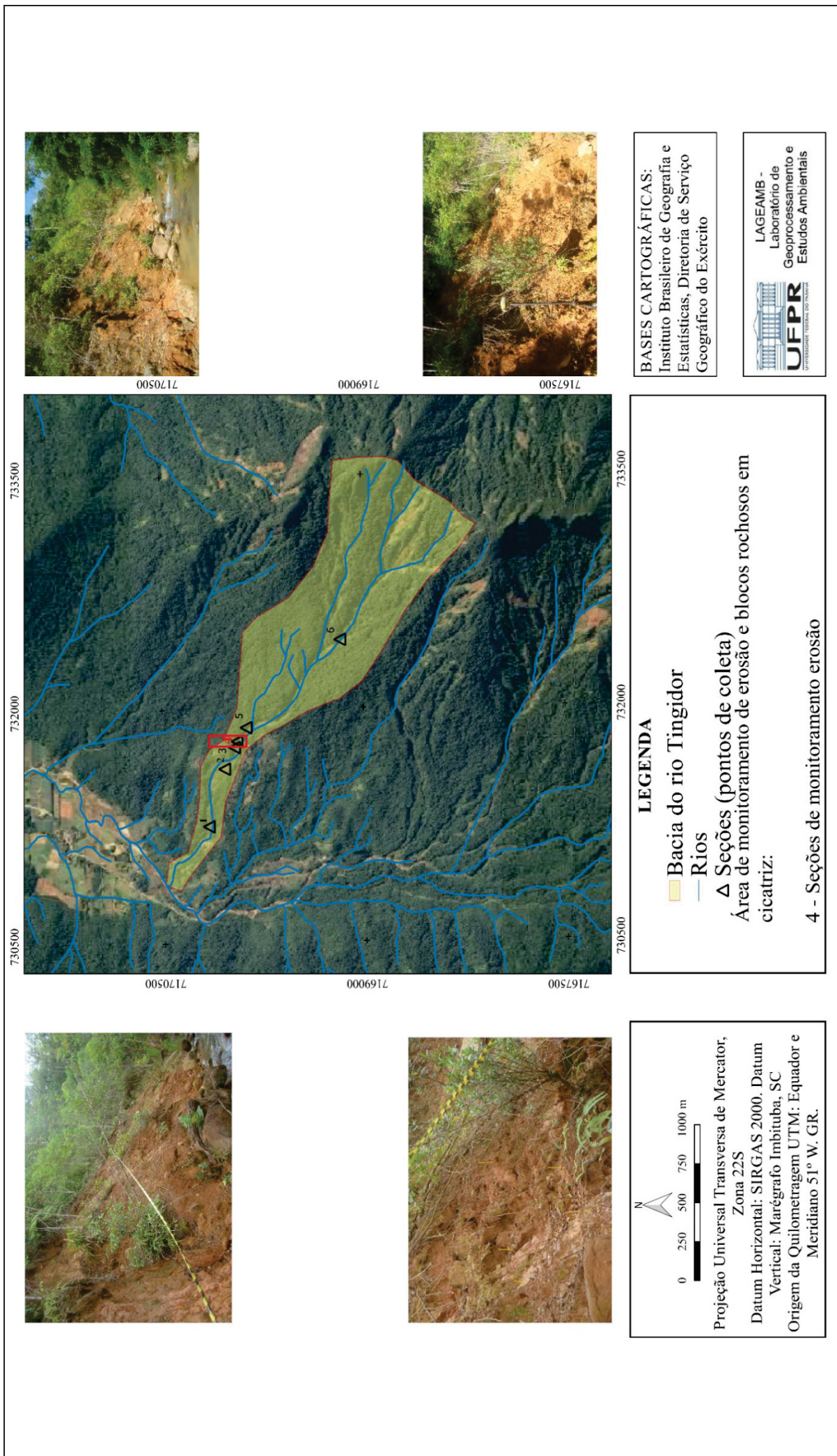
Seção 04 - Monitoramento dos processos erosivos

Nessa seção a cicatriz da corrida de detritos se encontra com solo exposto devido aos processos erosivos que estão ocorrendo. A partir dessas observações foram fixados pinos de monitoramento de erosão, para quantificar remobilização dos processos erosivos.

O monitoramento busca avaliar a dinâmica da cicatriz por meio dos processos erosivos gerados pelos volumes hídricos elevados. Outra característica observada durante a implantação dos pinos de metal, foi a umidade elevada do solo, que dificultou na mobilidade pela cicatriz para fixação dos pinos principalmente na base do tálus (Figura 06). Essa umidade ocorre devido ao contato existente entre o rio e a cicatriz, potencializando novos deslizamentos, remobilização de sedimentos e acúmulo de matacões no leito do rio.

Com relação ao monitoramento de blocos rochosos, a seção não apresenta blocos expostos para a implantação do monitoramento nesse compartimento do leito do rio Tingidor.

FIGURA 6 - SEÇÃO 04 IMPLANTAÇÃO E MONITORAMENTO DE PINOS DE EROSÃO



FONTE: O autor (2017).

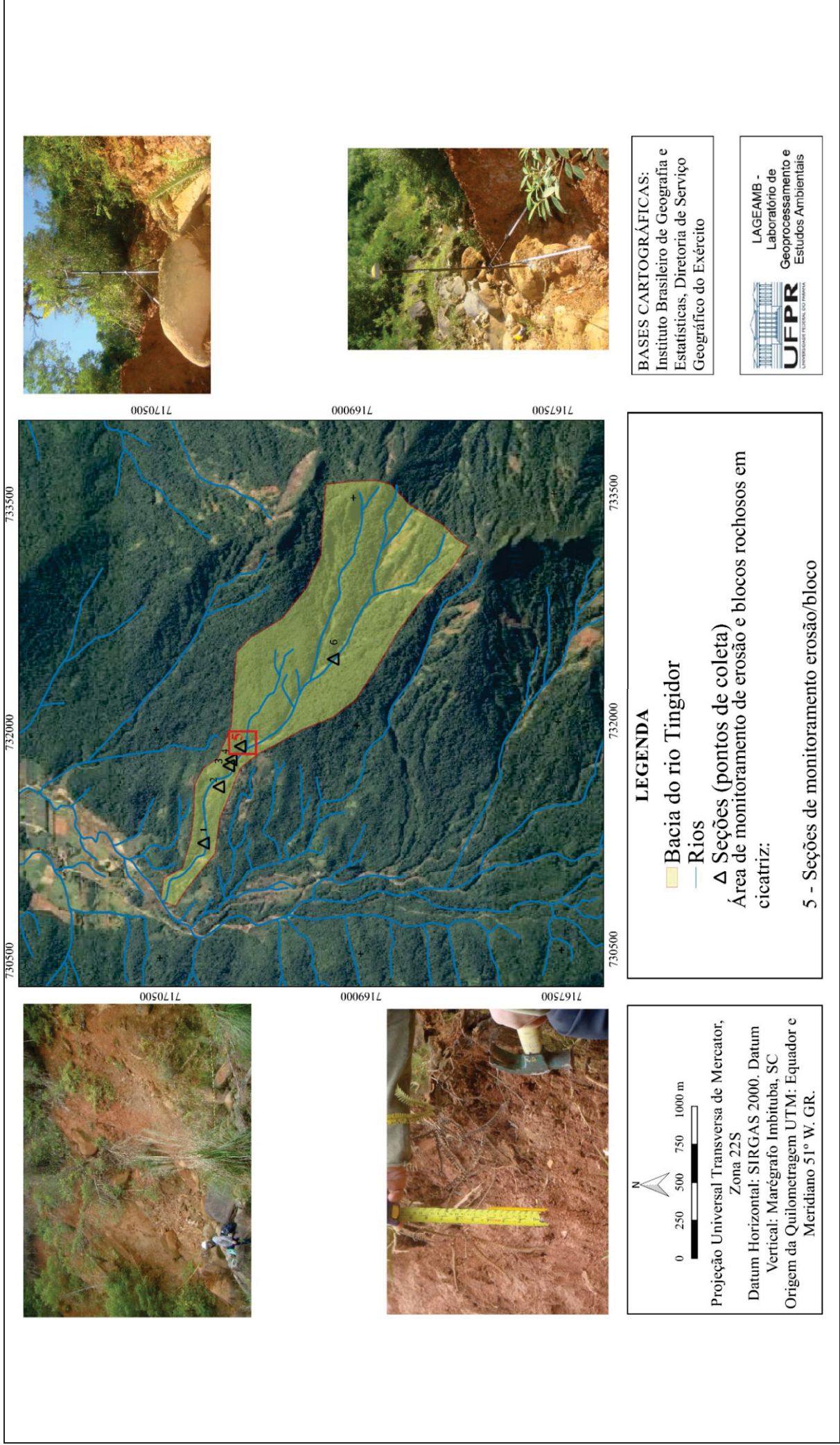
Seção 05 - Monitoramento de erosão e remobilização de bloco rochoso

A cicatriz da seção cinco apresenta talude com aproximadamente 10 metros em relação ao rio, com angulação de declividade superior aos 45° , característica que bastante favorável o escoamento superficial da água no talude, podendo ocasionar a remobilização dos materiais inconsolidados e blocos rochosos, além de escorregamentos e deslizamento por saturação hídrica nos períodos com elevados índices pluviométricos.

O monitoramento da remobilização de materiais inconsolidados dessa seção está localizada na margem esquerda do rio Tingidor. Nessa cicatriz apresentava ausência de vegetação em uma faixa de aproximadamente 20 metros na margem do rio, característica que chamou atenção e motivou implantação do monitoramento para avaliar a evolução da cicatriz, por meio das leituras das exposições dos pinos implantados no perfil da cicatriz.

Para analisar as possíveis remobilizações dos blocos nessa seção, foram fixadas plaquetas topográficas nas rochas e realizado leituras com equipamento receptor GNSS dupla frequência para obtenção de coordenadas UTM nos blocos rochosos. Após a primeira coleta de dados, foi realizada nova leitura após oito meses, para análise de possíveis remobilizações dos blocos. (Figura 7).

FIGURA 7 - SEÇÃO 05 IMPLANTAÇÃO DOS PINOS DE EROÇÃO E MONITORAMENTO DA REMOBILIZAÇÃO DOS BLOCOS ROCHOSOS



FONTE: O autor (2017).

Seção 06 - Monitoramento de área com deposição de sedimentos

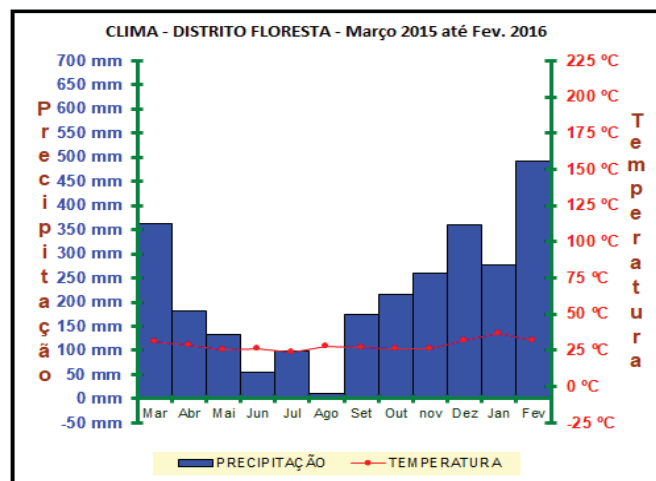
Nessa seção apresenta uma área com acúmulo de blocos e árvores que formaram uma barreira, dando origem a uma base de deposição de sedimentos derivados da corrida de detritos (FIGURA 8). Com base nessas características o monitoramento buscou analisar a dinâmica dessa área, para isso, foram implantados 50 pinos de metal com espaçamento entre pinos de 60 cm em média para analisar a remobilização de sedimentos pela exposição da base dos pinos.

A dinâmica da base de sedimentação depende dos índices pluviométricos da região para analisar o fluxo de deposição e transporte dos sedimentos de fundo.

3.1.3 Clima e características pluviométricas

Os dados levantados durante a pesquisa obtidos do pluviômetro do Simepar, localizado em uma distância de 1.200 metros aproximadamente da área de estudo. Demonstraram índices pluviométricos elevados no verão de 2015/16 e que demonstram que os processos erosivos são potencializados nos meses da primavera e verão quando ocorrem maior intensidades de chuvas (GRÁFICO 1).

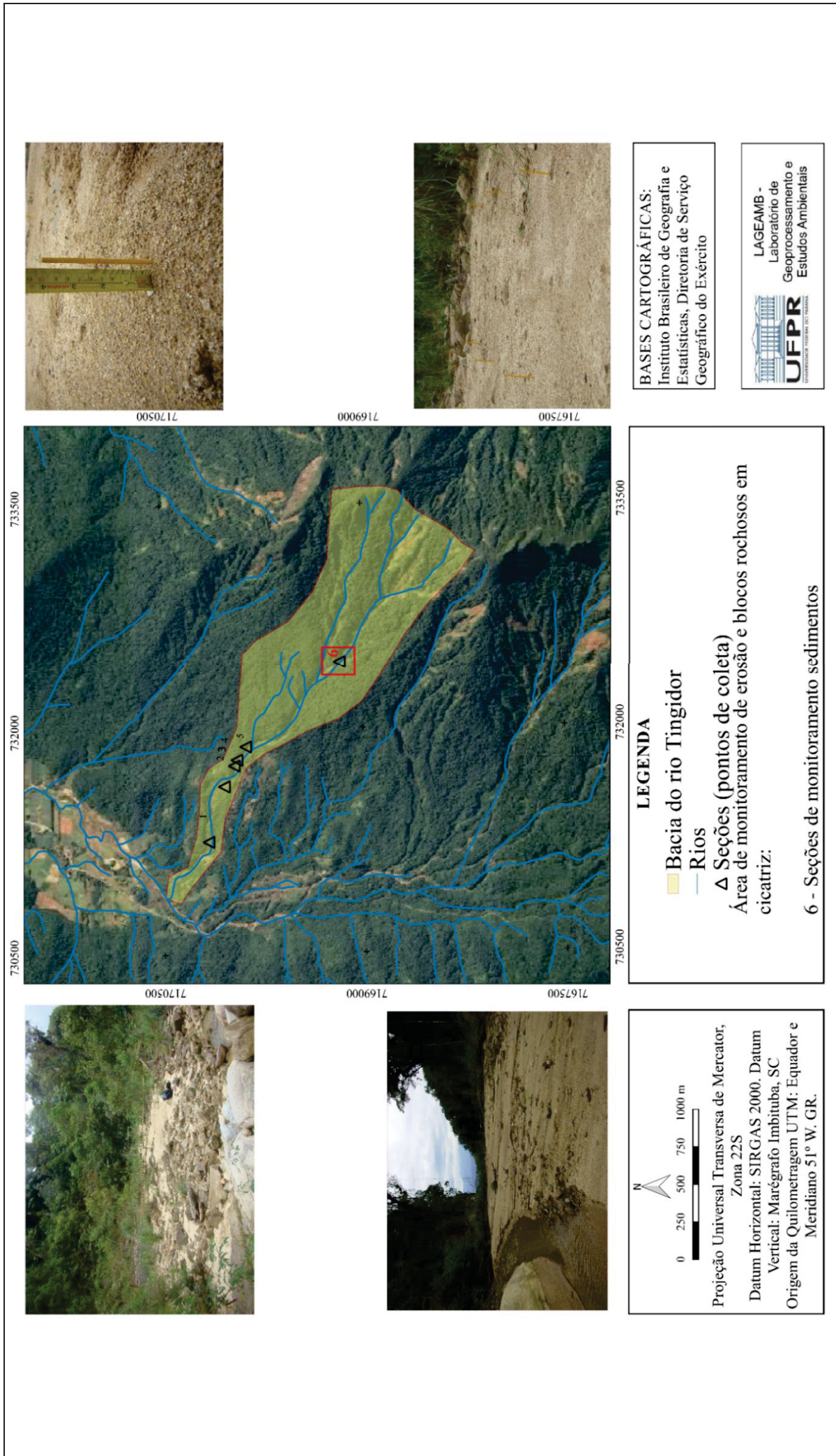
GRÁFICO 1 - ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DISTRITO DE FLORESTA - MORRETES PR.



FONTE: O autor (2016).

De acordo com (Maack, 1968; Kozciak, 2005; Bigarella et al.1978) foram registrados ao longo de décadas médias pluviométricas com variações entre 1.800 e 2.500 mm ao ano na Serra do Mar paranaense. Os índices pluviométricos da área de estudo, apresentam volumes parecidos com os dados obtidos em pesquisas realizadas há décadas.

FIGURA 8 - SEÇÃO 06 ÁREA DE DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS



FONTE: O autor (2017).

As características climáticas da Serra do Mar paranaense potencializam as ações erosivas que ocorrem na área de estudo. Tendo como base desse estudo, a catástrofe que desencadeou a corrida de detritos na bacia hidrográfica do rio Tingidor em março de 2011, que ocasionou grandes mudanças bruscas na paisagem local (PINTO, PASSOS, CANEPARO, 2012; SILVEIRA et al., 2013; MARTINS et al. 2012).

Dessa forma, o método exige maior frequência de observações e coletas de dados, podendo ser realizadas mensalmente ou bimestrais para mensuração dos processos erosivos. No final da pesquisa os valores compilados podem ser estimados por espessura e/ou volume de materiais erodidos (GUERRA, 2005 & GUERRA, 2007).

$$PSE = HS \times EXT \times DA$$

PSD = Perda de solo através de erosão laminar

HS = Altura média da exposição dos pinos de erosão

EXT = Extensão da área monitorada (largura x comprimento)

DA = Densidade aparente do solo (RAMOS 2012).

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O MONITORAMENTO DE BLOCOS ROCHOSOS INSTÁVEIS

Para o monitorando dos matacões selecionados adotou-se o método de posicionamento Relativo Estático, com uso do receptor GNSS L1 - L2, técnica que oferece maior precisão para análise de movimentos na ordem milimétrica (MONICO, 2000).

O procedimento determina que o receptor da BASE do GNSS e antena coletora de coordenadas do receptor ROVER, permaneçam no local de obtenção de dados, exigindo um tempo mínimo de 20 minutos, dependendo do trabalho, podendo ultrapassar horas de rastreamento (IBGE, 2008).

O método de posicionamento Relativo Estático apresenta uma técnica que se baseia em combinações lineares, oferecendo maior precisão e acurácia para pesquisas. Esse método é aplicado por meio de repetições das ocupações no mesmo ponto para obtenção de coordenadas UTM dos matacões monitorados. De acordo com Krueger (2006) o método relativo estático oferece maior precisão para levantamentos com GNSS dupla frequência. Diante dessa característica, foi aplicado o esse método para o monitoramento de blocos rochosos, classificado adequado para a pesquisa desde que sejam seguidas recomendações técnicas do Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística – IBGE, em concordância com as normas do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, para rastreamento e homologação das coordenadas (IBGE 1983).

Para melhorar a precisão dos dados da pesquisa foi materializado um marco piramidal padrão IBGE em uma distância de aproximadamente 2 km dos pontos monitorados, Infraestrutura que possibilitará obter maior precisão na ordem de 0,01 a 1 ppm, com no mínimo 30 minutos de rastreio.

Para monitoramento dos blocos rochosos foram fixadas plaquetas de metal (marcos geodésicos) conforme critérios técnicos definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 1983).

Para se obter maior precisão e acurácia no monitoramento dos matacões, recomenda-se planejamento e programação dos melhores horários da distribuição dos satélites, tempo de rastreio entre outros fatores que determinam a qualidade da precisão PDOP - Dilution Of Precision, reduzindo ao máximo as distorções de sinais dos satélites (Leica, 2004; Monico, 2000 & Gemael, 2004).

3.2.1 Materialização da base de rastreamento

Para o desenvolvimento do monitoramento dos matacões instáveis foi necessário criar uma base com ponto fixo seguindo as recomendações do IBGE, assegurando permanência de estabilidade por tempo indeterminado.

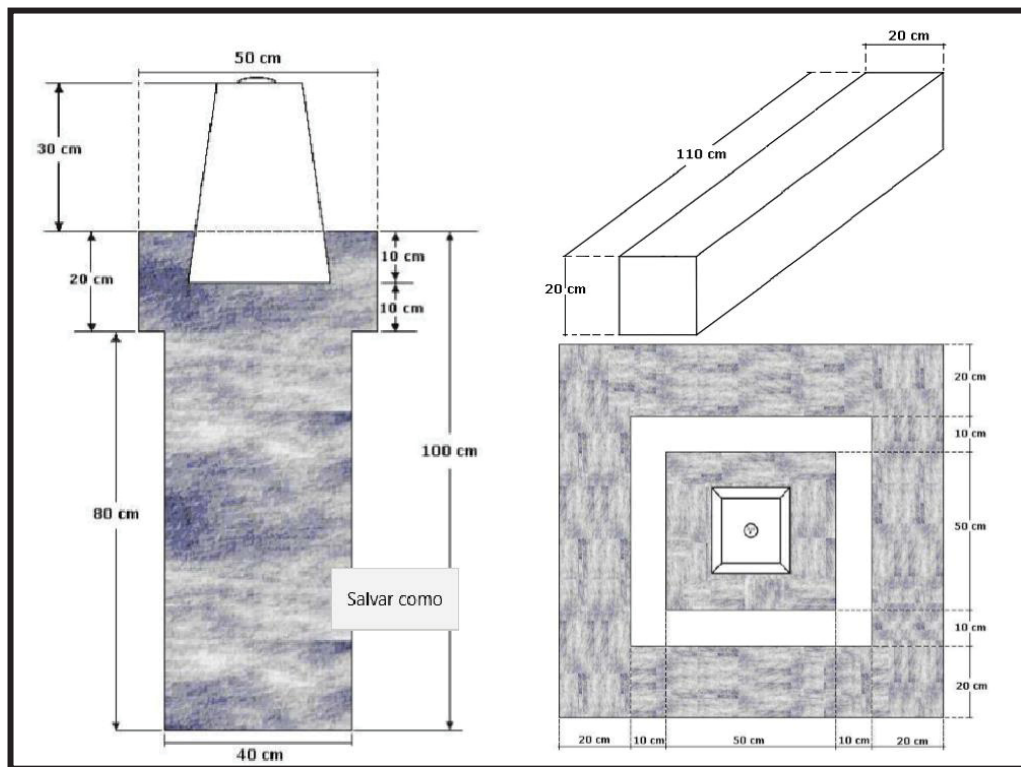
A técnica de materialização de marcos com chapas incrustadas no topo segue um padrão de formato e dimensões, onde deve-se obedecer às seguintes características do formato e dimensões (FIGURA 9), recomendadas pelo IBGE:

- Formato de tronco em pirâmide.
- Base quadrangular de 30 cm de lado.
- Topo quadrangular de 18 cm de lado.
- Altura 40 cm.

O marco geodésico foi confeccionado em uma forma de madeira no formato de tronco em pirâmide, com dimensões de 30 cm de base quadrangular de lado, 40 cm de altura e 18 no topo quadrangular para preencher de concreto. Durante o preenchimento de concreto deve ser fixada uma chapa padrão IBGE no centro do topo do marco.

A implantação deve ser realizada seguindo as normas IBGE através da abertura de uma cava com 50 cm de lado até uma profundidade de 20 cm. Posteriormente deve-se reduzir a dimensão dos lados da cava para 40 cm e acrescentar mais 80 cm de profundidade. Posteriormente deve-se preencher a cavidade com concreto, nas recomendações não pede ferro armado, mas é importante acrescentar no centro uma treliça com 90 cm para apoiar o tronco piramidal, para não afundar, processo que facilita o ajuste final do marco conforme recomendações (FIGURA 9).

FIGURA 9 - NORMAS PARA IMPLANTAÇÃO DE MARCOS GEODÉSICOS



FONTE: IBGE (2008).

O procedimento para construção da plataforma de proteção deve seguir as recomendações estabelecidas. Para isso, foi desenvolvida uma forma com dimensões recomendadas, com proteção construída a 10 cm da sapata de proteção lateral, a estrutura da plataforma de proteção foi produzida com dimensões de 20 cm de largura, 20 cm de altura e afluindo 10 cm do solo natural, com ferro armado no interior, mantendo as quinas na estrutura.

Sobre essas normas o IBGE (2008) recomenda que:

Esta norma revoga a NS DGC No 29/88 “Padronização de Marcos Geodésicos”, que trata das instruções para monumentalização dos marcos e pilares das estações que compõem o SGB, e foram elaboradas com o

objetivo de fornecer subsídios para as etapas de construção, manutenção, reconstrução e reparo dos mesmos (IBGE 2008, p. 04).

De acordo com as normas (IBGE, 2008), foram seguidas todas as recomendações para construção do marco geodésico em local seguro de qualquer alteração sob autorização do proprietário, em área residencial no Distrito de Floresta município de Morretes - PR (FIGURA 10).

FIGURA 10 - IMPLANTAÇÃO DO MARCO GEODÉSICO






FONTE: IBGE (2008).

As normas de Padronização de Marcos Geodésicos de 29/88, apresentam instruções para monumentalização dos marcos sob normas do SGB, tem por finalidade dar apoio técnico para construção e manutenção dos Marcos Geodésicos.

A construção do Marco Geodésico (FIGURA 11) será utilizada como estação-base para o desenvolvimento da pesquisa de monitoramento de blocos rochosos instáveis. Este Marco geodésico foi ocupado por receptores GNSS geodésicos de dupla frequência (L1 e L2), com repetição de quatro sessões de rastreamento para obtenção de coordenadas precisas. A duração de cada sessão foi de 6 horas, com intervalo de tempo entre uma sessão e outra de 1 hora, conforme as normas do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, para rastreamento e homologação das coordenadas (IBGE 1983).

O Marco geodésico foi implantado no município de Morretes no Paraná no Distrito de Floresta localizado nas coordenadas $25^{\circ}33'24,23050$ S; $48^{\circ}41'49,65557$ W; com elevação de 13,65 m. na propriedade particular do Senhor Osni, sob autorização do mesmo (FIGURA 11).

FIGURA 11 - MARCO GEODÉSICO PARA RASTREAMENTO DE COORDENADAS.

MONOGRAFIA DE MARCO IMPLANTADO						
Projeto: Monitoramento de processos erosivos e blocos rochosos – Morretes – PR Autor: Alessandro Martins				Marco: Estado: Paraná Data: 09/04/2016		
Descrição: Marco de concreto de forma tronco piramidal, com base quadrangular de 30 cm de lado; Topo quadrangular de 18 cm de lado e altura de 0,40 m, tendo em seu topo fixada uma chapa metálica.						
SISTEMA DE COORDENADAS BASE						
DATA:	Duração	Malha Norte(m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	Alt Elip (m)	OBSERVAÇÕES
24/04/2016 (07:33)	08:01:00	UTM 7171397,373	UTM 731363,611	13,65	14,443	Marco Base Propriedade Sr. Osni
02/12/16 09:09:17	03:28:30	UTM 7171397,373	UTM 731363,61	12,857	14,582	
18/04/2016 07:45:00	10:55:45	UTM 7171397,373	UTM 731363,61	13,65	14,443	
DIFERENÇA:+- (m)		0,0000	0,0000			
Localização e detalhe do marco implantado						
						
		LAGEAMB Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais				

FONTE: O autor (2017).

3.2.2 - Monitoramento de blocos rochosos

Para essa etapa se faz necessária a ocupação dos pontos seguindo as normas técnicas do IBGE para o método relativo estático de rastreamento de coordenadas

por receptores GNSS dupla frequência e reocupação dos mesmos pontos para averiguar se ocorreram movimentações durante o tempo monitorado a partir do primeiro rastreo.

Para o monitoramento dos blocos rochosos foram realizadas campanhas de campo, com ocupação da antena GNSS Base no marco materializado próximo a área do monitoramento (2 km em média), seguida da ocupação da antena GNSS Rover L1 - L2, em cada bloco para o monitoramento por um tempo mínimo de trinta minutos de rastreo em cada ponto (FIGURA 12).

FIGURA 12 - ANTENA GNSS DUPLA FREQUÊNCIA OBTENDO COORDENADAS NA BASE E NOS PONTOS DE CONTROLE MONITORADOS COM GNSS ROVER.



FONTE: O autor 2016.

Posteriormente a fixação das plaquetas nos blocos foram ocupadas com equipamento receptor Base GNSS dupla frequência, tendo como referência marco geodésico materializado na propriedade do senhor Osni e a definição das coordenadas dos blocos com antena coletora GNSS Rover possibilitou obtenção de coordenadas UTM nos blocos rochosos sobre as plaquetas fixadas. Após essa primeira campanha de coleta de dados, oito meses depois ocorreram novas coletas de dados para verificação de remobilizações dos blocos.

As coordenadas apresentadas foram coletadas com 30 minutos de rastreamento para cada seção monitorada, com distância média de dois quilômetros da base. Para o desnível do bloco devido às limitações do equipamento deve-se utilizar um nível eletrônico para se obter melhores resultados o que não estará sendo contemplado com a presente pesquisa, deste modo caso ocorram movimentações muito pequenas dos blocos rochosos estas serão desconsideradas quando passíveis de serem relacionadas a erros milimétricos padronizados referentes ao equipamento.

A combinação dos métodos GNSS com o método de monitoramento de processos erosivos apresentam maior subsídios para análise dos processos que ocorrem nessas seções monitoradas. Gerando informações para análise dos processos de remobilização dos materiais inconsolidados que ocorreram na área de pesquisa.

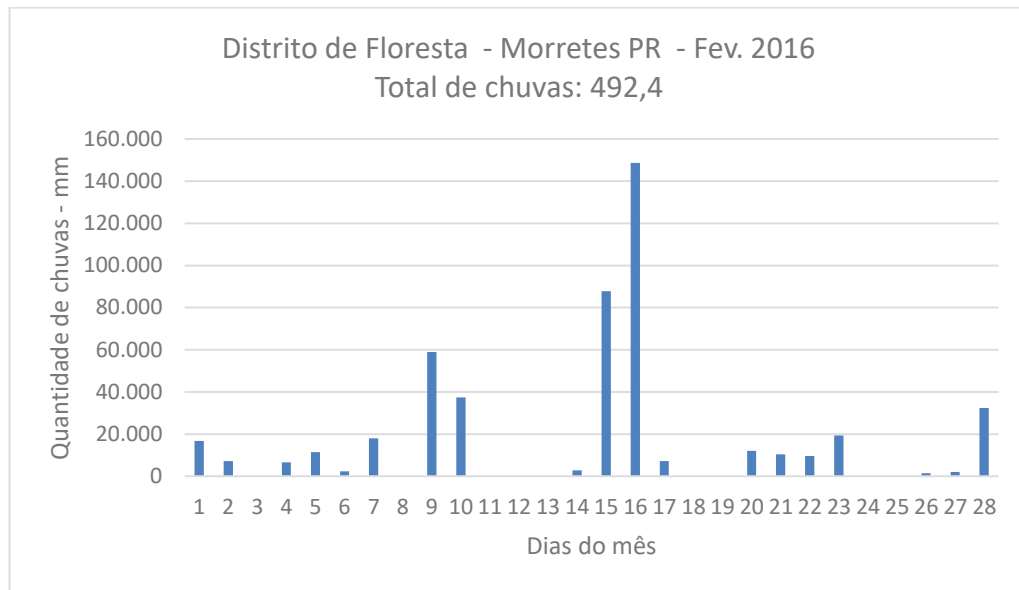
4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os dados obtidos nas seções de monitoramento demonstraram que os processos erosivos vêm modificando constantemente os perfis monitorados. Esses dados foram catalogados e cruzados com os índices pluviométricos nos meses monitorados, possibilitando melhor entendimento de dinâmica da cicatriz.

Os volumes pluviométricos registrados no verão de 2016 foram consideráveis apresentando chuvas torrenciais, conforme apresentado no gráfico 1. Essas chuvas potencializam os processos de erosão laminar nas cicatrizes monitoradas.

Outro fator relevante foi a concentração de índice pluviométrico próximo aos 500 mm no mês de fevereiro de 2016, registrado na estação pluviométrica do Distrito de Floresta, que fica em média 1.200 metros da área de estudo, resultando em significativas alterações nas seções monitoradas (GRÁFICO 02).

GRÁFICO 2 - ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS DO MÊS DE FEVEREIRO NO DISTRITO DE FLORESTA



FONTE: O autor (2016).

Esses volumes de chuvas acumulados ocasionaram alterações nas seções monitoradas, através dos escorregamentos planares e transporte de sedimentos para foz do rio Tingidor e planície da bacia do rio Jacareí. Posteriormente os sedimentos de fundo e em suspensão são gradativamente carregados para a Baía de Paranaguá – PR.

4.1 SEÇÃO 01 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS

4.1.1 Mensuração de processos erosivos

A seção 01 fica localizada nas coordenadas 7170161,92 (N), 731249,12 (E), elevação 84,439m, tendo como ponto de referência o antigo alambique ao lado do Rio Tingidor na Serra da Prata.

Constatou-se no monitoramento dos processos erosivos a exposição gradativa na base dos pinos que se encontravam enterrados. Os resultados da primeira coleta de dados para mensuração da erosão ocorreram após dois meses de implantação da seção. Nesse primeiro período o monitoramento foi analisado do dia 03 de outubro até 08 de dezembro 2015, período, em que os índices pluviométricos somaram aproximadamente 470 mm, volume considerável para o acúmulo de precipitação em dois meses.

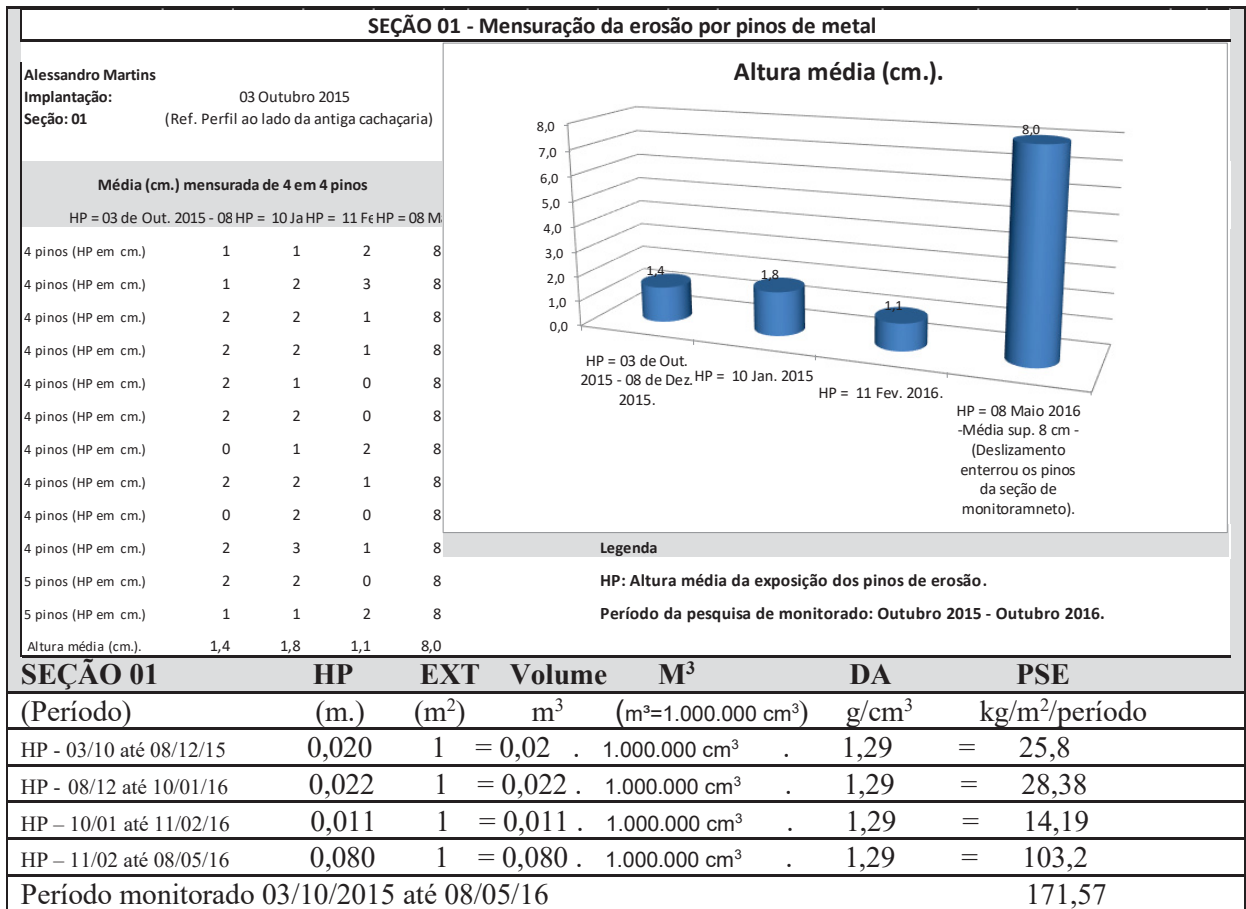
Os volumes de erosão que ocorreram na área da seção 01 foram obtidos através das medições da exposição da base de cada pino de metal na cicatriz, análise, que resultou em uma média de 2 cm de erosão (GRÁFICO 3).

Os valores apresentados foram realizados de acordo com a metodologia e calculados através de dados obtidos. Dados, que correspondem à massa de material que foi removido na base do pino (HP) e na área determinada da cicatriz (EXT). Esse cálculo é similar ao volume em litros, para 1 m^3 ($\text{m}^3 = 1.000 \text{ L}$). Nesse caso, calculando o volume e a densidade aparente solo para determinar os resultados dos valores dos materiais removidos da área monitorada.

Os valores da massa por metro cúbico foram igualados ao da densidade aparente (g/cm^3) $1 \text{ m}^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3$, que é igual a 1000 litros, sendo assim, para área de estudo o se obteve altura média de exposição dos pinos de erosão (HP) 0,020, multiplicado pela extensão da área monitorada (largura 1m x comprimento 1m), e posteriormente somando toda área, ficando $0,020 \times 1 \times 1 = 0,02 \text{ m}^3$ de material remobilizado por metro quadrado em média

Para se obter o peso do volume do material remobilizado foi multiplicado $0,02 \text{ m}^3$ por $1.000.000 \text{ cm}^3 = 20.000 \text{ cm}^3$, multiplicado pela densidade aparente do solo da seção $1,29 \text{ g}/\text{cm}^3$, = $25.800 \text{ g}/\text{cm}^3$ portanto: $(m=p.v) m = \rho(\text{solo}) 1,29 \text{ g} / \text{cm}^3 . v = 20.000 \text{ cm}^3 = 25.800 \text{ g} = 25,8 \text{ kg}/\text{m}^2$ de material remobilizado em média por metro quadrado na área monitorada. Desta forma, o cálculo se repetirá para todas as seções de monitoramento (GRÁFICO 03).

GRÁFICO 3 - MENSURAÇÃO DA EROSIÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 01



HP = altura média de exposição dos pinos de erosão, EXT = extensão da área monitorada (largura x comprimento), VOLUME: material remobilizado em m³ M³: valor expresso em cm³ DA = densidade aparente do solo, PSE = perda de solo por erosão laminar em kg/m². FONTE: RAMOS (2012). Organização: O autor (2016).

Os índices pluviométricos potencializaram os processos erosivos da seção 01 que se encontra em contato com o rio Tingidor. Com aumento do nível do rio esse contato do canal com a cicatriz vem gerando intensas remobilizações de materiais inconsolidados, atingido volumes de 13,3 cm/m² no período monitorado (GRÁFICO 3).

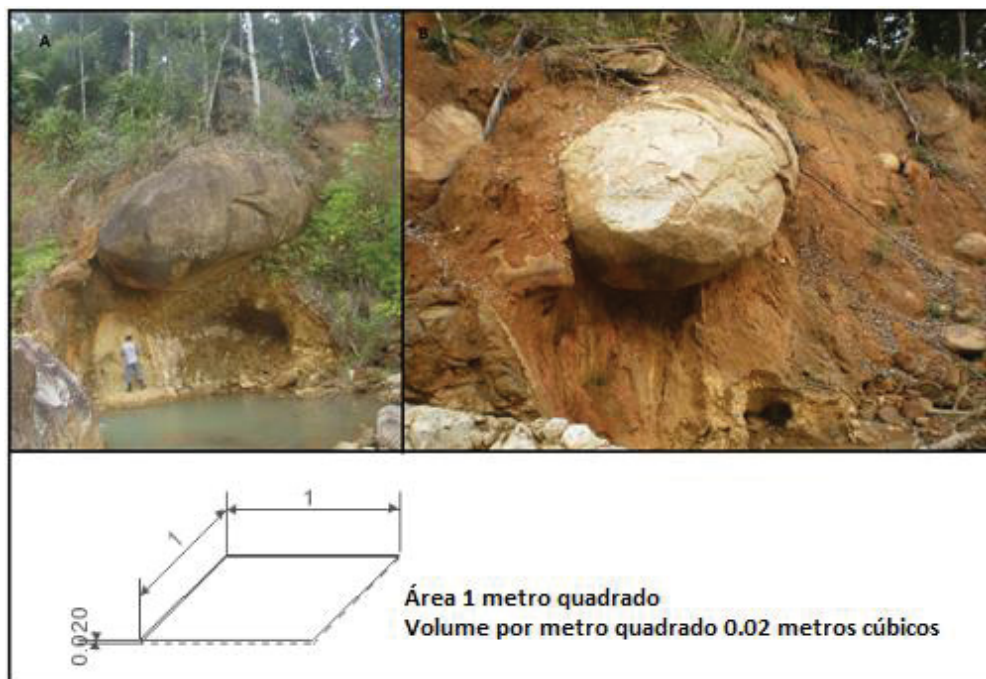
Os elevados índices pluviométricos que ocorreram entre oito de dezembro e dez de janeiro ultrapassaram os 350 mm. Chuvas que resultaram em visível remobilização dos materiais inconsolidados na base e no entorno do bloco A da seção 01, conforme demonstra as imagens de referência (FIGURA 13).

As chuvas moderadas do mês de janeiro somaram 277 mm acumulados, volumes que aumentando no mês de fevereiro, com índices pluviométricos registrados próximos aos 500 mm. Para os meses de março e abril os índices pluviométricos foram menores, com 136 mm em março e com 82mm em abril. Essa redução ocorre

devido ser um período de transição de estação das chuvas para período menos chuvoso do inverno.

Os elevados índices pluviométricos de fevereiro que atingiram volumes próximos aos 500 mm, desencadeou deslizamentos translacionais rasos nas cicatrizes e processos erosivos intensos nas seções monitoradas. Estimou-se com o movimento de massa raso uma remobilização média de 8 cm da camada superficial, levando junto a maioria dos pinos que estavam fixados na cicatriz, restando poucos pinos nas bordas da cicatriz.

FIGURA 13 - MONITORAMENTO DE EROSÃO NA MARGEM DO RIO TINGIDOR.



FONTE: O autor (2017)

A cicatriz apresenta ação erosiva avançada na figura (a) devido estar em contato com o rio Tingidor. A imagem da figura (b) foi utilizada como referência dos resultados de um novo arranjo do curso hídrico após alterações do fluxo do canal, ocasionado pela corrida de detritos e formações de barras.

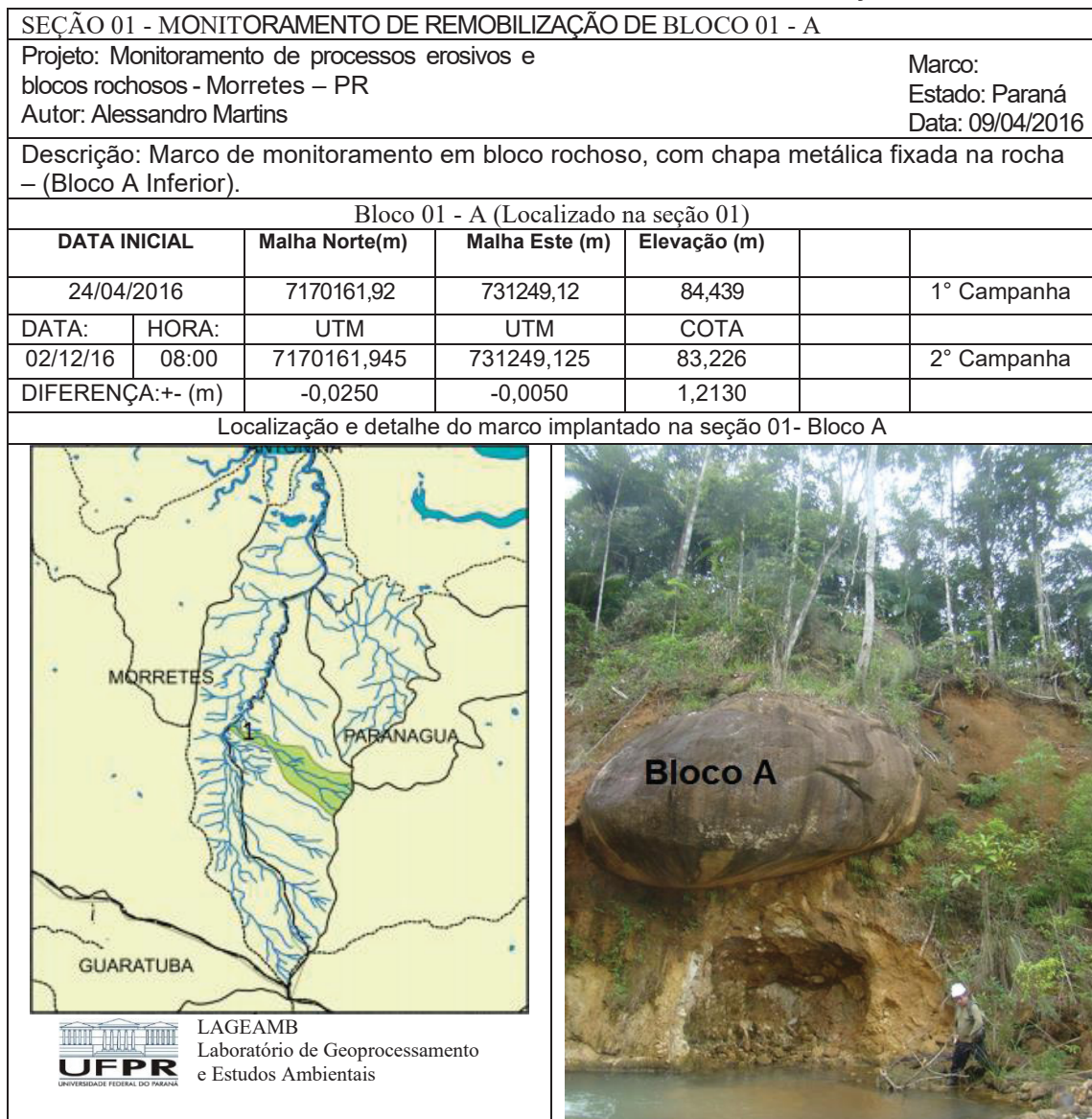
Constatou-se devido ao volume de material remobilizado da base do bloco representado na figura 13, aumento da probabilidade de ocorrer à remobilização do bloco. Diante dessa possibilidade de movimentação do bloco rochoso na cicatriz, foi realizado o monitoramento com receptores GNSS dupla frequência para avaliar o deslocamento desse bloco.

4.1.2 Remobilização de blocos rochosos

Os procedimentos realizados para ocupação dos receptores GNSS e coletora Rover, seguiram os critérios recomendados na metodologia. A partir desses procedimentos foram realizadas duas campanhas de monitoramento de 30 minutos em cada ocupação.

Os resultados foram as diferenças das coordenadas obtidas no monitoramento após oito meses da implantação, apresentando variações mínimas planimétricas, nas quais foram estipuladas dentro da margem de desvio padrão para duas campanhas. (FIGURA 14).




FIGURA 14 - COORDENADAS UTM DO BLOCO 01 - A - SEÇÃO 01



FONTE: O autor (2017).

Para o monitoramento do Bloco rochoso 01B foi realizado o mesmo método que se aplicou no bloco 01A. Esses blocos rochosos encontram-se sobrepostos na cicatriz do rio Tingidor. Os dados obtidos no monitoramento entre os meses 24/04 e 02/12/2016 demonstraram que não ocorreram movimentações. Esse período foi considerado curto para ocorrer uma movimentação significativa na área de estudo. As diferenças apontadas nas coordenadas UTM se encontram dentro dos valores estimados para desvio padrão do equipamento, sendo necessário maior tempo de monitoramento e maior números de campanhas no mesmo ponto monitorado (FIGURA 15).

FIGURA 15 - COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 01 – B DA SEÇÃO 01

SEÇÃO 1 - MONITORAMENTO DE REMOBILIZAÇÃO DE BLOCO 01 - B				
Projeto: Monitoramento de processos erosivos e blocos rochosos – Morretes – PR Autor: Alessandro Martins			Marco: Estado: Paraná Data: 09/04/2016	
Descrição: Marco de monitoramento em bloco rochoso, com chapa metálica fixada na rocha – (Bloco A Inferior).				
BLOCO 01 - A (LOCALIZADO NA SEÇÃO 01)				
Data 1º leitura 24/04/2016 Tempo: 30 min.	Malha Norte(m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	<u>OBSERVAÇÕES</u> Marco Base Propriedade Sr. Osni
	7170167,977	731249,273	79,222	
Data 2º leitura 02/12/16 Tempo: 30 min. HORA: 08:00	UTM	UTM	COTA	
	7170167,995	731249,267	77,975	
DIFERENÇA:+- (m)	-0,0180	0,0060	1,2470	
Localização e detalhe do marco implantado na seção 01- Bloco B				
				
		LAGEAMB Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais		

FONTE: O autor (2017).

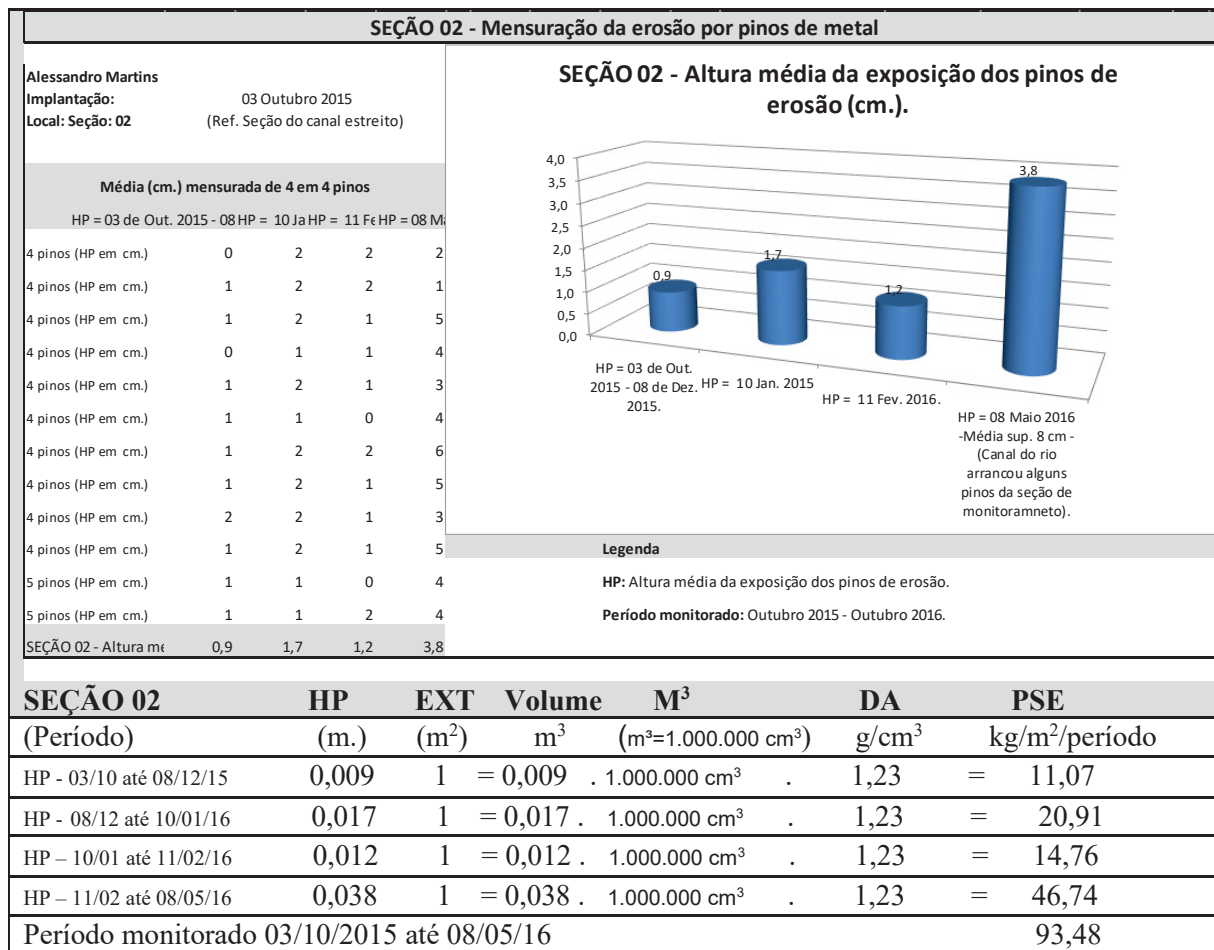
As coordenadas apresentadas nos resultados do monitoramento de remobilização dos blocos, servirão de referências para próximas campanhas possibilitando confrontar maior número de repetições das coordenadas UTM sobre mesmo ponto.

4.2 SEÇÃO 02 MONITORAMENTO DE EROÇÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS

4.2.1 Mensuração de processos erosivos

O monitoramento realizado na cicatriz da corrida de detritos formada na margem do canal do rio Tingidor, demonstrou processos erosivos intenso na cicatriz. Os resultados foram analisados através da exposição da base dos pinos de metal fixados na cicatriz. Apontando uma média de aproximadamente 8 cm de exposição do pino de metal após remobilização dos materiais inconsolidados. Esses dados demonstram que os processos erosivos vêm apresentando alterações no canal em curto espaço de tempo. (GRÁFICO 4).

GRÁFICO 4 - MENSURAÇÃO DA EROÇÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 02



HP = altura média de exposição dos pinos de erosão, EXT = extensão da área monitorada (largura x comprimento), VOLUME: material remobilizado em m³ M³: valor expresso em cm³ DA = densidade aparente do solo, PSE = perda de solo por erosão laminar em kg/m². FONTE: RAMOS (2012). Organização: O autor (2016).

Em relação ao rio Tingidor, foi observado em campo, diâmetros menores em alguns trechos do canal. Diante dessa característica, foi analisado que nos períodos de cheias do rio Tingidor o canal aumenta sua energia, conseqüentemente a capacidade de desagregação e transporte, provocando maior remobilização dos materiais inconsolidados da cicatriz. Os dados estimados remobilizados foram de aproximadamente $0,076 \text{ m}^3/\text{m}^2$, na seção 02, que apresenta 40 metros de extensão.

Esses dados foram analisados após eventos pluviométricos mais intensos registrados no período de verão, conforme relatório da estação pluviométrica de Floresta, com registros que ultrapassaram os 400 mm nos meses mais chuvosos.

Outro fator importante analisado na pesquisa foi a força da água que entortou os pinos de ferro na margem e arrancou outros pinos utilizados para o monitoramento da cicatriz. Como resultado desses processos, verificou-se a formação de barras que vem obstruindo o fluxo do canal do rio Tingidor (FIGURA 16).

Em campo, registrou-se conforme ilustrado na Figura 16, o acúmulo de sedimentos e matacões no canal, potencializando os processos erosivos que condicionaram novas quedas de blocos e deslizamentos na cicatriz. Essa dinâmica demonstra o processo evolutivo das cicatrizes por meio da remobilização dos materiais e transporte de sedimentos ao longo do rio.

FIGURA 16 - MONITORAMENTO DE EROSÃO NA MARGEM DO RIO TINGIDOR. QUEDA DE BLOCO POR EROSÃO NA BASE DE SUSTENTAÇÃO, SEGUIDO DE ENTULHAMENTO POR OBSTRUÇÃO DO CANAL



FONTE: O autor (2017).


Os dados obtidos no monitoramento da cicatriz demonstraram a remobilização de materiais inconsolidados e queda de blocos, provocados por processos erosivos na base de sustentação, descalçando os blocos rochosos e deixando-os instáveis nas margens do rio Tingidor.

As barras formadas no canal vêm aumentando com a remobilização de materiais das margens e obstruindo o fluxo principal, condicionando mudanças no percurso do rio tingidor. Essa dinâmica desestabiliza a cicatriz gerando novos deslizamentos e quedas de blocos no talvegue do rio tingidor.

4.2.2 Remobilização de Blocos Rochosos

Em campo foram realizadas campanhas para obtenção das coordenadas UTM, no dia 24/04/2016 para cadastro de referência do bloco rochoso e no dia 02/12/2016 para análise de remobilização do bloco (FIGURA 17).

FIGURA 17 - COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 04

SEÇÃO 2 - MONITORAMENTO DE REMOBILIZAÇÃO DE BLOCO 04 - A					
Projeto: Monitoramento de processos ervsivos e blocos rochosos – Morretes –PR Autor: Alessandro Martins			Marco: Estado: Paraná Data: 09/04/2016		
Descrição: Marco de monitoramento em bloco rochoso, com chapa metálica fixada na rocha.					
BLOCO 04 - A (LOCALIZADO NA SEÇÃO 02 - CANAL ESTREITO)					
DATA INICIAL	Malha Norte(m)	Malha Este (m)	Elevação (m)		
24/04/2016	7170041,579	731617,066	128,977	1° Campanha	
DATA:	HORA:	UTM	UTM	COTA	
02/12/16	08:00	7170041,594	731617,067	127,651	2° Campanha
DIFERENÇA:+- (m)	-0,0150	-0,0010	1,3260		
Localização e detalhe do marco implantado					
			LAGEAMB Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais		

FONTE: O autor (2017).

O equipamento GNSS Hiper Plus L1 L2, não é recomendado para análise precisa da elevação. Desta forma, os resultados são avaliados apenas com base nos deslocamentos das coordenadas UTM obtida para o monitoramento preciso do deslocamento planimétrico dos blocos rochosos.

A partir dos dados obtidos nessa seção foi possível analisar uma variação mínima e que foi estabelecida como desvio padrão do procedimento. O curto período de monitoramento dos blocos rochosos não possibilitou obter dados que apresentassem deslocamento nessa seção. Portanto, esses dados poderão ser reanalisados e aproveitados futuramente em pesquisas com maior intervalo de tempo para análise da metodologia aplicada.

Em visita de campo foi realizado registros fotográficos que demonstraram remobilizações dos blocos rochosos. Esse rolamento do bloco ocorreu devido ao descalçamento do material inconsolidado de base que vinha mantendo o equilíbrio. A movimentação foi condicionada pelos elevados índices pluviométricos que ocorreram

no verão de 2017. Nesse caso o bloco já estava localizado na margem do rio Tingidor em área de intensos processos erosivos (FIGURA18).

FIGURA 18 - (A) BLOCO COM PLACA DE METAL PARA MONITORAMENTO. (B) REMOBILIZAÇÃO DO BLOCO ANTES DA OBTENÇÃO DAS COORDENADAS PARA MONITORAMENTO.



FONTE: O autor (2017).

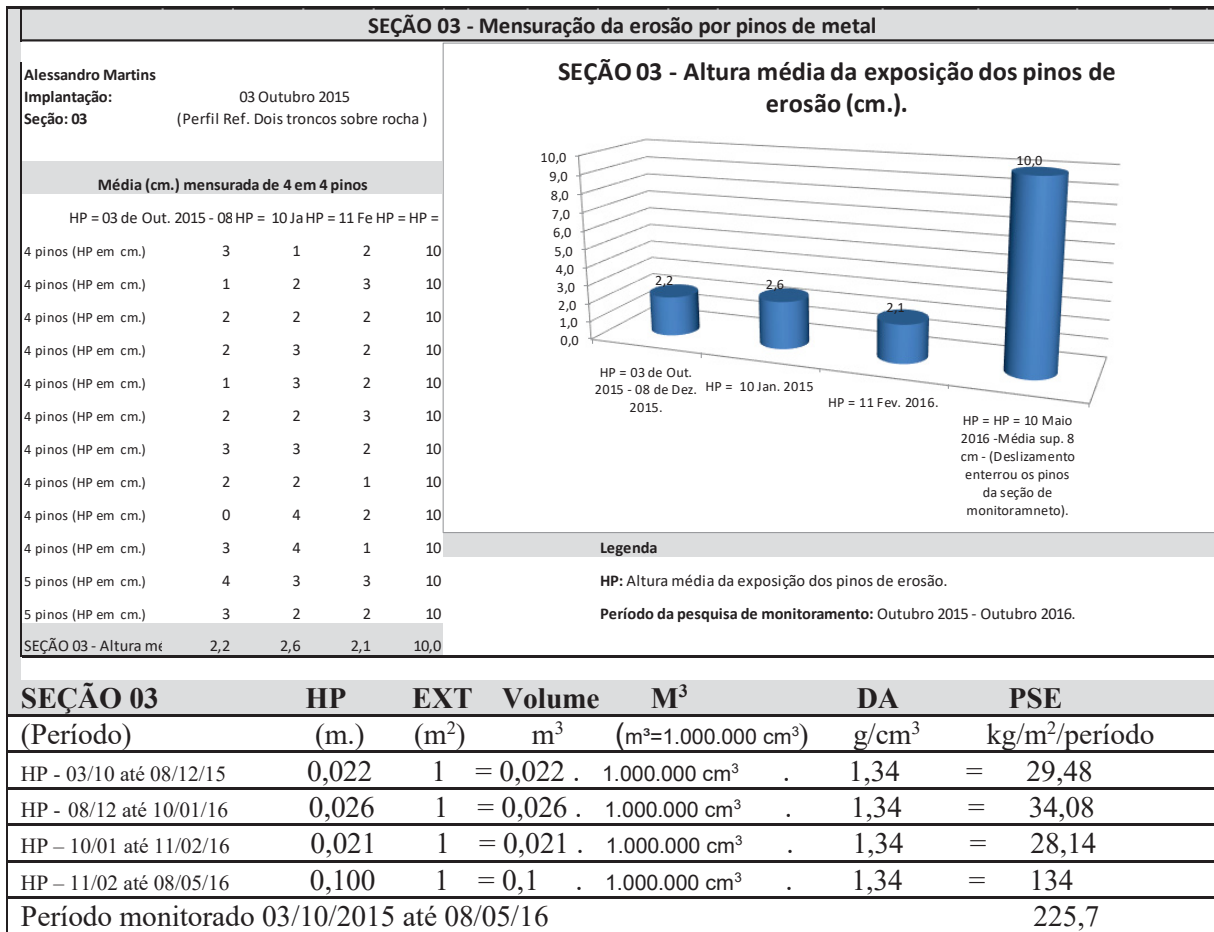
O rolamento do bloco demonstrou a dinâmica do relevo potencializada pelas intensas chuvas de verão que desencadeiam os processos de remobilização ou mobilização dos materiais inconsolidados. Como o processo erosivo apresentado na figura 18, que ocorreu na etapa de implantação, antes da ocupação do GNSS para obtenção das coordenadas UTM e deste modo mensurar o deslocamento, no período de implantação ocorreram intensas chuvas, gerando atrasos nas campanhas de campo por motivos técnicos e de segurança do pesquisador e preservação dos equipamentos da universidade.

4.3 SEÇÃO 03 MONITORAMENTO DE EROSÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS

4.3.1 Mensuração de processos erosivos

Verificou-se nesse monitoramento um processo erosivo considerável de materiais inconsolidados entre outubro de 2015 e maio de 2016, período que apresentaram índices pluviométricos elevados na área de pesquisa (GRÁFICO 5).

GRÁFICO 5: MENSURAÇÃO DA EROSIÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 03



HP = altura média de exposição dos pinos de erosão, EXT = extensão da área monitorada (largura x comprimento), VOLUME: material remobilizado em m³: valor expresso em cm³ DA = densidade aparente do solo, PSE = perda de solo por erosão laminar em kg/m². FONTE: RAMOS (2012). Organização: O autor (2016).

Os resultados apontaram remoção dos materiais inconsolidados (colúvio) na primeira coleta de dados, apresentando exposição média de 2,2 cm dos pinos de metais fixados no solo. Os elevados volumes pluviométricos potencializaram a erodibilidade, atingindo uma marca de 2,6 cm na leitura realizada em 10 de janeiro 2016. Sequencialmente foi realizada nova leitura no dia 11/02/16 e mensurou volumes de 2,1 cm de exposição do pino na cicatriz de erosão.

Posteriormente o monitoramento foi interrompido após alteração por escorregamento translacional na seção monitorada, pois inviabilizou o monitoramento por remover mais de 10cm de espessura de material da cicatriz (registrado em pinos restantes e levando junto a maior parte dos pinos de metal na camada do colúvio).

Os resultados dos processos erosivos demonstraram o descalçamento da base de apoio dos blocos rochosos monitorados nessa seção (figura 19 a).

Outro fato analisado nas observações “in loco” está relacionado a que os processos erosivos e escorregamentos vem configurando uma nova modelagem para formato da calha do rio Tingidor, por alargamento decorrente dos deslizamentos que ocorreram nessa área, seguido de entulhamento por sucessivos deslizamentos e posteriormente os sedimentos são carregados parcialmente pelas cheias do rio Tingidor, ficando os blocos de diversos tamanhos no talvegue do rio Tingidor (FIGURA 19 A, B, C).

FIGURA 19 - SEÇÃO 03, ÁREA DE MONITORAMENTO DE EROSIÃO E BLOCOS ROCHOSOS (A); PINOS DE MONITORAMENTO DE EROSIÃO (B); REMOBILIZAÇÃO DE SOLO POR MOVIMENTO DE MASSA RASO (C).



FONTE: O autor (2017).

Os materiais remobilizados são constantemente transportados ao longo da bacia hidrográfica e em maior volume nos períodos de chuvas intensas. Diante disso, o monitoramento nas seções apresenta detalhes dos processos erosivos, os quais dependendo da escala, se torna difícil observação quanto a evolução por imagens de satélite, principalmente quando se tem um princípio de recomposição da vegetação na área de estudo que mascara uma suposta estabilização do vale.



4.3.2 Remobilização de blocos rochosos

O monitoramento de remobilização do bloco da seção três passou por duas campanhas de obtenção de coordenadas. A primeira com os rastreamentos e coleta de dados das coordenadas no dia 24/04/2016 para cadastro de referência do bloco rochoso e a segunda no dia 02/12/2016 para análise de remobilização do bloco.

Na segunda campanha de campo a coletora GNSS Rover não gravou as coordenadas devido a coletora Base ter acabado a bateria, gerando a falha na

obtenção das coordenadas nesse levantamento. Esse problema ocorreu por falta de pessoal para averiguar a bateria e fazer troca necessária no período em que estava em campo com coletora Rover, fato que, inviabilizou o levantamento por falha de conexão entre equipamentos Rover e Base nessa seção (FIGURA 20).

FIGURA 20 - COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 05

SEÇÃO 3 - MONITORAMENTO DE REMOBILIZAÇÃO DE BLOCO					
Projeto: Monitoramento de processos erosivos e blocos rochosos –Morretes – PR Autor: Alessandro Martins			Marco: Data: 09/04/2016		
Descrição: Marco de monitoramento em bloco rochoso, com chapa metálica fixada na rocha.					
Bloco 05 (seção 03 - Bloco com 2 troncos sobrepostos; 1° campanha)					
COTA INICIAL		Malha Norte (m) UTM	Malha Este (m) UTM	Elevação (m)	OBSERVAÇÕES 1° Campanha
		7169965,158	731754,719	145,901	
DATA:	HOR:	COTA	COTA	COTA	OBSERVAÇÕES Na 2° Campanha a estação base acabou a bateria e não processou esse ponto.
02/12/16	08:00				
DIFERENÇA: +- m)					
Localização e detalhe do marco implantado na seção 2					
					
		LAGEAMB Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais			

FONTE: O autor (2017)

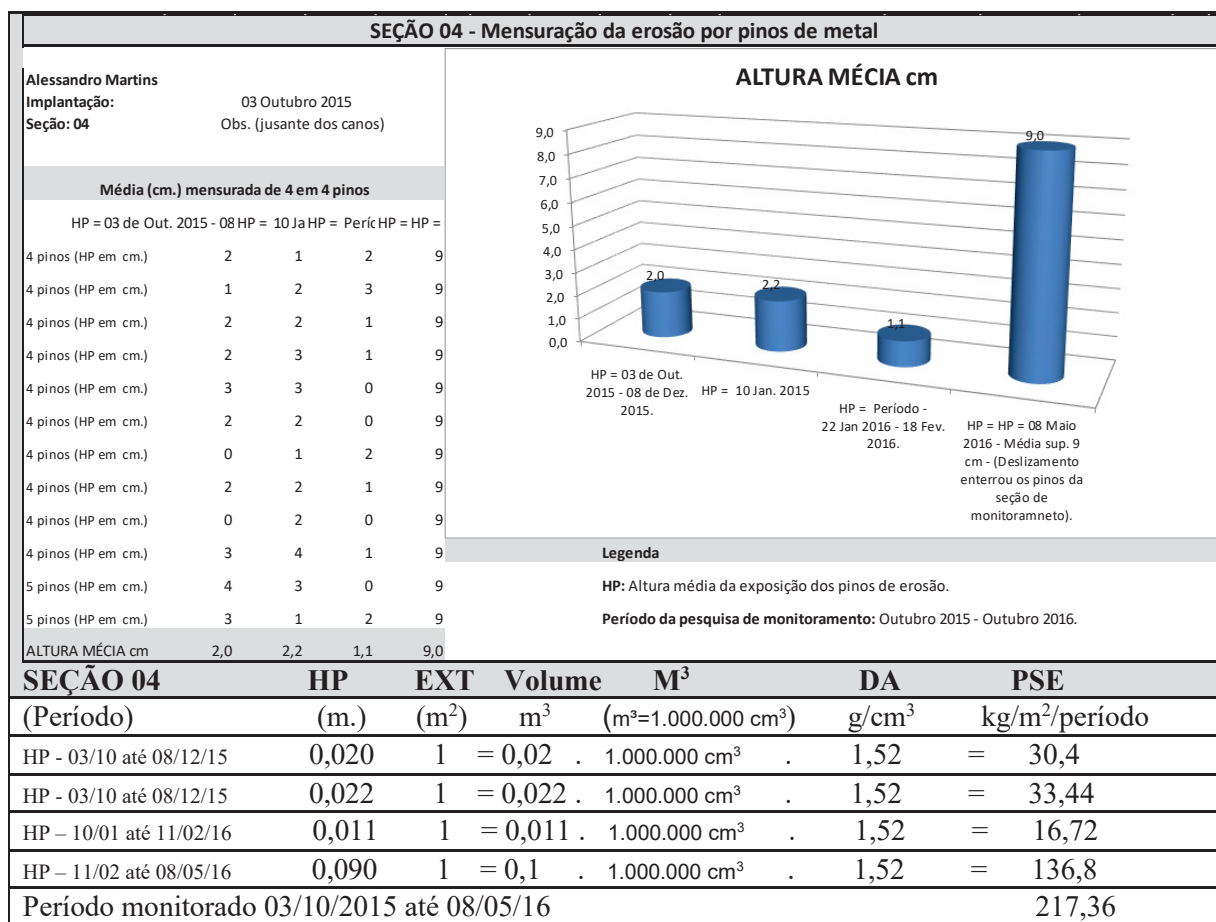
Destaca-se, por fim, que as coordenadas obtidas na primeira campanha são validas e poderão ser confrontada em uma próxima campanha de monitoramento de blocos nessa seção.

4.4 SEÇÃO 04 MONITORAMENTO DE EROÇÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS

4.4.1 Mensuração de processos erosivos

Os processos erosivos dessa seção apresentaram resultados significantes entre novembro de 2015 até maio de 2016, com ação erosiva ocorrendo na cicatriz da corrida de detritos do rio Tingidor, com remobilização de aproximadamente 14,3 cm/m² de remobilização na seção quatro de monitoramento, em uma área de 150 m² aproximadamente (GRÁFICO 06).

GRÁFICO 06 - MENSURAÇÃO DA EROÇÃO POR PINOS DE METAL, SEÇÃO 04



HP = altura média de exposição dos pinos de erosão, EXT = extensão da área monitorada (largura x comprimento), VOLUME: material remobilizado em m³ M³: valor expresso em cm³ DA = densidade aparente do solo, PSE = perda de solo por erosão laminar em kg/m². FONTE: RAMOS (2012). Organização: O autor (2016).

Nessa seção os volumes de remobilização apresentaram dados parecidos aos da seção três, por estarem localizados bem próximos. A primeira coleta de dados ocorreu após dois meses no período de verão com chuvas intensas gerando resultados relevantes no monitoramento.

A implantação foi realizada no dia 03 de outubro de 2015 com coleta até dia 08 de maio, última data de coleta dos dados, devido ao arraste de parte dos pinos de monitoramento pelo deslizamento, acabou danificando em torno de 80% da seção. Esse deslizamento se deu devido volumes pluviométricos elevados que somaram próximo dos 500 mm somente no mês de fevereiro (FIGURA 21).

FIGURA 21 - SEÇÃO 04 - ÁREA DE MONITORAMENTO DE EROSÃO E BLOCOS ROCHOSOS APRESENTANDO PEQUENOS MOVIMENTOS DE MASSA



FONTE: O autor (2017).

A seção quatro está localizada em um compartimento de aproximadamente cem metros, obstruída por entulhamento de blocos. A observação em campo permitiu constatar que a dinâmica natural determina o acúmulo em depósitos de blocos a montante no vale em área de serra e sedimentos a jusante ao longo da planície, e minimizando alguns declives em represamento de sedimentos em patamares mais elevados registrados na presente compartimentação conforme registrado na seção 6 a seguir descrita.

Em campo, notou-se ainda conforme ilustrado na figura 21, que os pequenos deslizamentos depositam mais materiais inconsolidados no rio, processo que permite observar a tendência de afeiçoamento da seção do vale, onde a calha formada pela cicatriz em forma de "U" passa a recompor a forma de "V", conseqüente estreitamento do leito menor.

De modo geral, todos os processos de remobilização que estão ocorrendo na bacia do rio Tingidor tendem a fechar a calha que se formou após corrida de detritos. Nesse sentido, foram registrados no período de verão deslizamentos translacionais

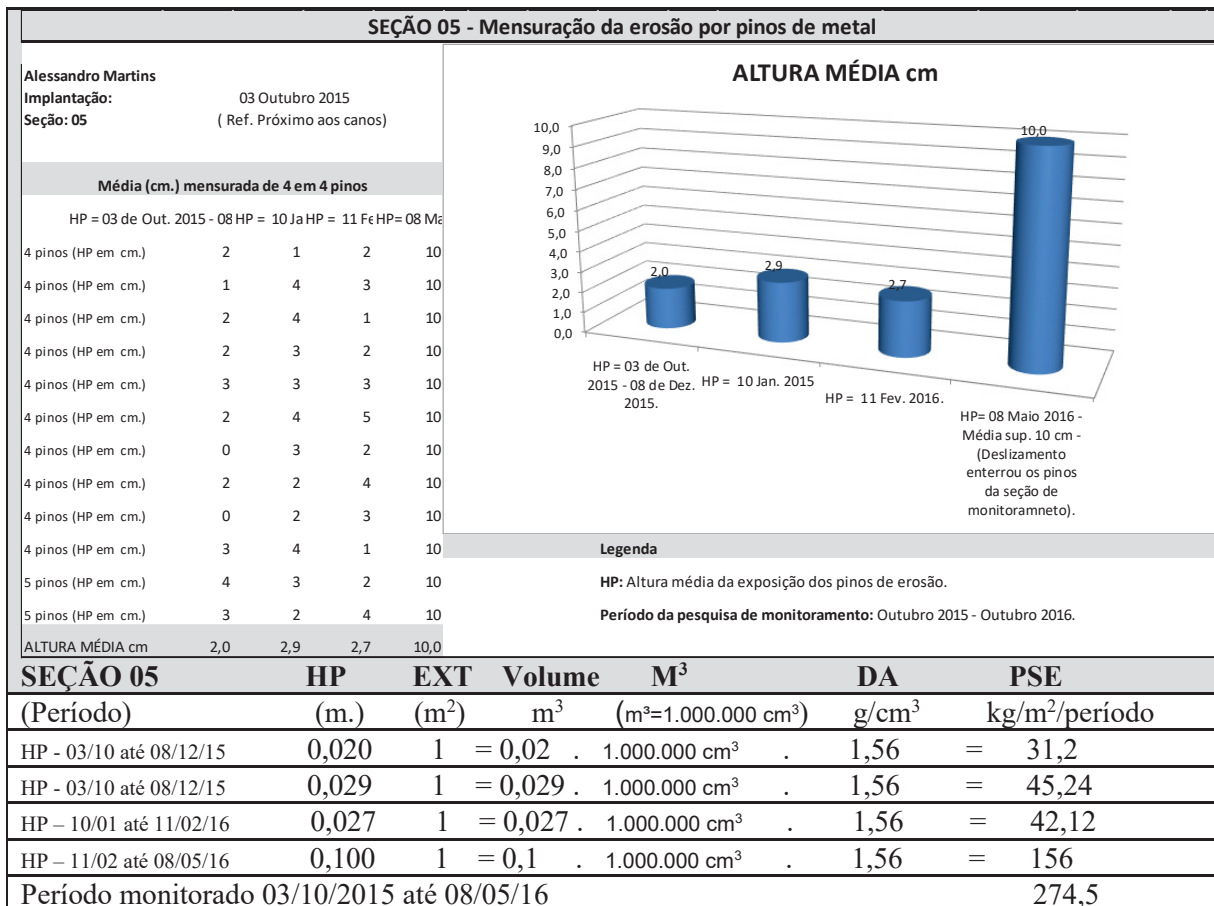
rasos, remobilizando maior volume de materiais para o talvegue do rio, levando junto os pinos de monitoramento da seção quatro, onde os materiais mais finos são carregados pelo rio ficando os matacões de maior peso e volume no canal.

4.5 SEÇÃO 05 MONITORAMENTO DE EROÇÃO E REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS

4.5.1 Mensuração de processos erosivos

O monitoramento dos processos erosivos apresentou resultados significantes demonstrados pela remobilização e exposição da base dos pinos de metal. Nessa área ocorreram deslizamentos translacionais decorrentes dos elevados índices pluviométricos de aproximadamente 500 mm, registrado no mês de fevereiro de 2016. (GRÁFICO 7).

GRÁFICO 7 - MENSURAÇÃO DA EROÇÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 05



HP = altura média de exposição dos pinos de erosão, EXT = extensão da área monitorada (largura x comprimento), VOLUME: material remobilizado em m³ M³: valor expresso em cm³ DA = densidade aparente do solo, PSE = perda de solo por erosão laminar em kg/m². FONTE: RAMOS (2012). Organização: O autor (2016).

A mensuração dessa seção trouxe resultados interessantes não só pelos volumes de materiais remobilizados, mas por apresentar as características da dinâmica registrada durante o monitoramento. Essa dinâmica apresenta o mesmo padrão em todas as seções da área de pesquisa, conforme registros analisados nessa seção, onde atingiu volumes elevados de remobilização em curto espaço temporal.

Outra característica registrada na cicatriz foi a rápida remobilização dos materiais no período monitorado. Conforme os dados catalogados foram estimados uma remobilização média de aproximadamente 17,6 cm/m², na seção com 300 metros quadrados aproximadamente, apresentando volume de mais de dez centímetros de solo remobilizado na maior parte da seção por movimento translacional raso, levando junto os pinos de monitoramento.

Também foi possível analisar que o rio Tingidor apresenta em vários locais o vale em seu segmento terminal em forma de “U”, e outros trechos se encontram em recomposição na forma de “V”. Essas características de variação na forma do vale originalmente em “V” tiveram alterações após a corrida de detritos que ocorreu no rio Tingidor em 2011, classificada de alta intensidade de remobilização, além de alterar as características originais do canal, esses processos entulharam o fundo do vale com blocos rochosos, troncos de árvores de grande porte, formando as cicatrizes e produzindo muitos sedimentos finos.

O monitoramento de campo demonstrou que os processos erosivos persistem após a corrida de detritos. Essas remobilizações estão associadas a declividade da cicatriz e conforme se torna mais suave o relevo, maior é a recomposição da vegetação, conseqüentemente os processos erosivos tendem a diminuir a intensidade, e provavelmente evoluirão até chegar a um estágio onde o vale apresente maior estabilidade, apresentando evolução no mesmo ritmo que as áreas adjacentes não afetadas pelo evento.

Os elevados índices pluviométricos do verão de 2016 provocaram pequenos movimentos de massa translacionais, alterando as cicatrizes por elevados volumes das chuvas que atingiram a seção de monitoramento. A cicatriz em pouco tempo passou por alterações perceptíveis, conforme demonstram os processos erosivos que resultaram na remobilização de blocos e materiais inconsolidados da cicatriz para o talvegue do rio (figura 22), condicionando as alterações superficiais da cicatriz representada na figura (A), posteriormente foi registrado no monitoramento a dinâmica da cicatriz por deslizamento translacional raso com alterações perceptíveis (B),

evoluindo com os fortes períodos de chuvas e novos deslizamentos rasos e processos junto aos erosivos que descobriram um matacão, que se apresenta instável na cicatriz podendo em outro período de chuva rolar para o talvegue do rio Tingidor, acumulando com outros que tiveram o mesmo percurso (FIGURA 22).

FIGURA 22 - MOVIMENTO DE MASSA RASO (A); MOVIMENTO DE MASSA COM ENTULHAMENTO DO CANAL (B); PROCESSOS EROSIVOS DESCOBRINDO BLOCO NA CICATRIZ (C).



FONTE: O autor (2017).

O entulhamento do canal ocorre com materiais remobilizados das cicatrizes e posteriormente os sedimentos mais finos são transportados pelo rio Tingidor facilmente devido à alta declividade que a bacia apresenta. Desta forma, os blocos maiores vão se acumulando no canal, onde a força da água é insuficiente para fazer o transporte dos matacões maiores, levando apenas os sedimentos finos e pequenos matacões para planície da bacia do Jacareí.

4.5.2 Remobilização de blocos rochosos




Os dados obtidos no monitoramento dos blocos rochosos apresentaram variações nas coordenadas UTM, com deslocamento de ordem milimétrica, classificado dentro da margem de desvio padrão estabelecido para o levantamento. Esses procedimentos podem ser repetidos com um tempo maior de rastreamento,

buscando as menores taxas de erros possíveis para que sejam confrontados novamente.

Nessa seção os blocos passaram por rastreamento em um curto espaço de tempo, sendo pouco provável a possibilidade de remobilização dos blocos para esse período que ocorreu o monitoramento.

Com relação as cotas altimétricas os valores apresentados foram pouco representativos (Figura 23), isso se dá pelo fato de o equipamento não ser o mais adequado para analisar desnível altimétrico, como já mencionado. Desta forma, os recalques altimétricos apresentados podem estar associados ao desvio padrão do equipamento.

FIGURA 23 - COORDENADAS UTM DO MONITORAMENTO DO BLOCO 04

SEÇÃO 5 - REMOBILIZAÇÃO DE BLOCOS ROCHOSOS					
Projeto: Monitoramento de processos erosivos e blocos rochosos Morretes PR					
Autor: Alessandro Martins					
Descrição: Marco de monitoramento em bloco rochoso, com chapa metálica fixada na rocha.					
Bloco 08 (Bloco maior próximo à casa do Robert)					
COTA INICIAL 18/04/2016		Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	OBSERVAÇÕES
		7169591,633	731951,824	198,183	1º Campanha
DATA:	HORA:	UTM	UTM	COTA	2º Campanha
06/12/16	08:00	7169591,629	731951,827	196,859	
DIFERENÇA: +- (m)		0,0040	-0,0030	1,3240	
Bloco 09 - Bloco formato esférico no talvegue próximo à casa do Robert. (Rastreado sem bastão)					
COTA INICIAL 18/04/2016		Malha Norte (m)	Malha Este (m)	Elevação (m)	OBSERVAÇÕES
		7169520,574	732092,433	216,192	1º Campanha
DATA:	HORA:	COTA	COTA	COTA	2º Campanha
26/07/16	08:00	7169520,575	732092,429	214,947	
DIFERENÇA: +- (m)		-0,0010	0,0040	1,2450	
Localização e detalhe do marco implantado					
					
			LAGEAMB Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais		

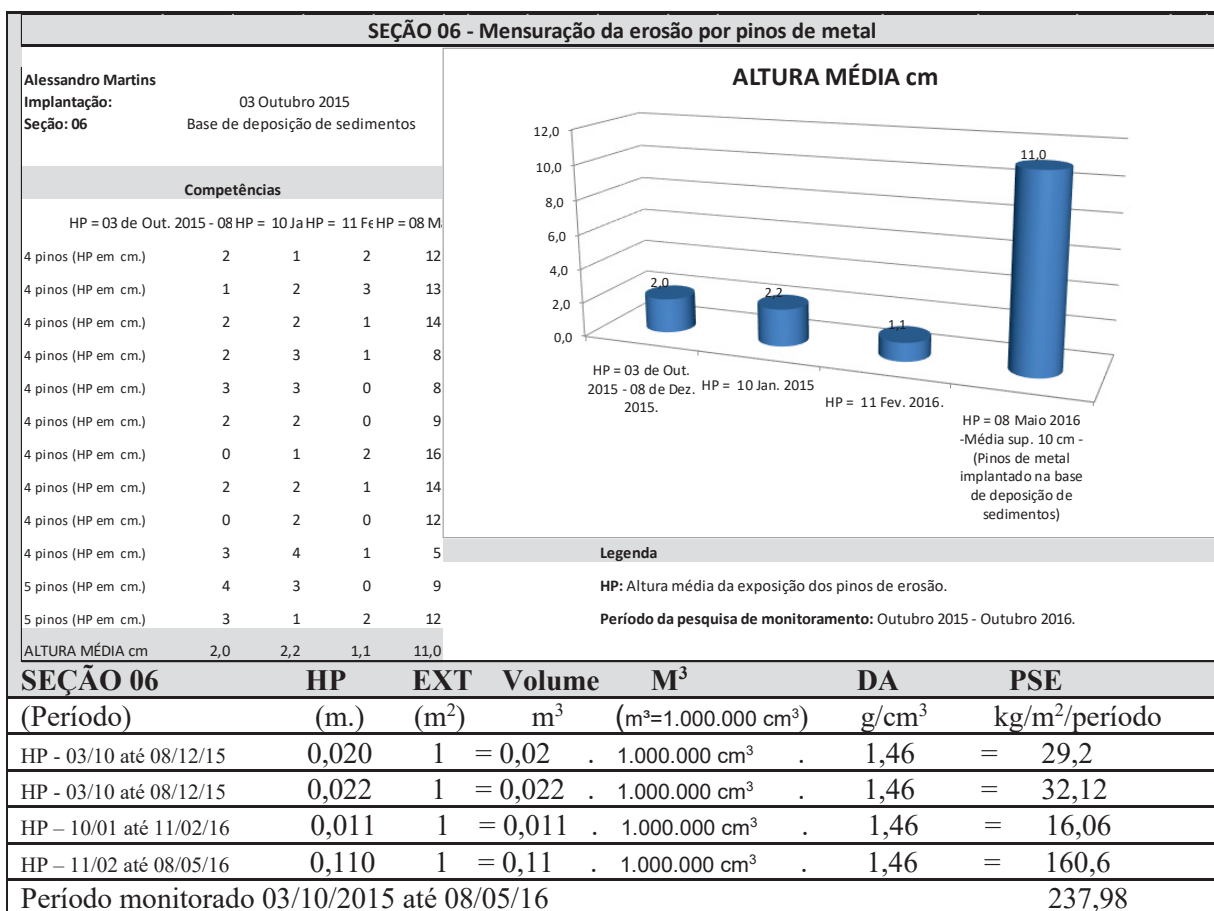
FONTE: O autor (2017).

4.6 SEÇÃO 06 MONITORAMENTO DA DINÂMICA DOS SEDIMENTO

4.6.1 Mensuração de processos erosivos

A pesquisa revelou que ocorreram carreamentos dos sedimentos de base, expondo consideravelmente os pinos de metal fixados na área de sedimentação. A dinâmica da remobilização dos sedimentos foi potencializada pelos fatores condicionantes dos processos erosivos como declividade, precipitação e volume hídrico com aumento de energia no transporte dos sedimentos nos meses mais chuvosos conforme observado na seção seis (GRÁFICO 8).

GRÁFICO 08 - MENSURAÇÃO DA EROÇÃO POR PINOS DE METAL DA SEÇÃO 06



HP = altura média de exposição dos pinos de erosão, EXT = extensão da área monitorada (largura x comprimento), VOLUME: material remobilizado em m³ M³: valor expresso em cm³ DA = densidade aparente do solo, PSE = perda de solo por erosão laminar em kg/m². FONTE: RAMOS (2012). Organização: O autor (2016).

Os resultados apresentados são evidentes na área de estudo devido aos volumes de sedimentos que ficaram acumulados do período da corrida de detritos em 2011 (Gráfico 09). Os sedimentos acumulados vêm sendo transportados de acordo com os índices pluviométricos, apresentando maior intensidade de transporte nos verões, período chuvoso em que aumenta a energia do rio e auxilia no transporte de

sedimentos. Resultando no assoreamento do canal da planície do rio Jacareí, formando barras de matacões ao longo da planície, com trajetória em direção da área de deposição de sedimentos na Baía de Antonina.

Nesta seção os resultados obtidos possibilitaram estimar 16,3 cm/m² de remobilização dos sedimentos, em uma área de 120 m². A seção seis apresentou predomínio de acúmulo de areia, evidentemente por ser um compartimento com menor declividade e conseqüentemente de acúmulo dos sedimentos de fundo e que devem ser melhor avaliados com instalação de novas seções à montante. Essa área também apresenta blocos rochosos que sobrepostos entulharam o canal do rio Tingidor (FIGURA 24).

FIGURA 24 - MONITORAMENTO DA DINÂMICA DE SEDIMENTOS; (A) ÁREA COM ACÚMULO DE SEDIMENTOS REGISTRADO ANTES DO MONITORAMENTO NOV. 2013. (B) REMOBILIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS (2015); (C) MONITORAMENTO APÓS CHUVAS DO VERÃO DE 2016.



FONTE: O autor (2017).

O monitoramento demonstrou a dinâmica da remobilização dos sedimentos com pinos de erosão expostos. Alguns acabaram caindo devido ao transporte de sedimentos nas cheias do rio Tingidor. Fato associados aos elevados índices pluviométricos ocorridos no verão de 2016, com média de 450 mm registrado na estação pluviométrica Floresta do SIMEPAR.

Esses dados apresentam uma estimativa dos processos erosivos que ocorreram nas margens do canal do rio Tingidor. O cálculo da erodibilidade foi

baseado na altura média da exposição dos 50 pinos fixados nessa seção, resultando na remobilização de aproximadamente 237,98 kg/m² para o período monitorado.

Os processos erosivos e os movimentos de massa de diversas intensidades vêm contribuindo com a produção de sedimentos de fundo e entulhamento do canal com blocos rochosos que se despendem dos taludes da cicatriz. Esses sedimentos remobilizados foram transportados e depositados ao longo do canal do rio Tingidor, atingindo a sua foz, causando assoreamento na planície da bacia hidrográfica do rio Jacareí, localizado no distrito de Floresta (FIGURA. 25 A, B).

FIGURA 25 - MONITORAMENTO DA DINÂMICA DE SEDIMENTOS; (B) REMOBILIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS



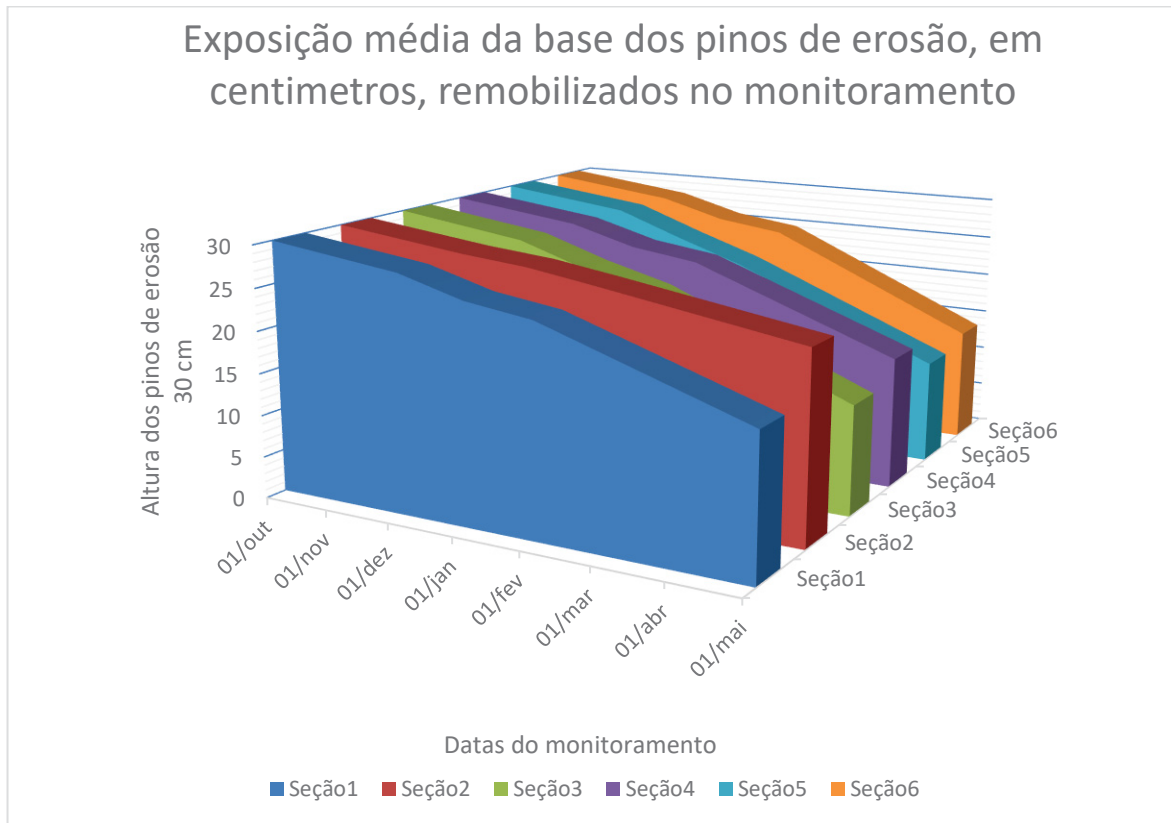
FONTE: O autor (2017).

De acordo com dados analisados na bacia rio Tingidor, verificou-se que existem a formação de muitas barras de sedimentos arenosos em curso, mas que são efêmeras e que o sedimento vem sendo constantemente transportado no canal (Figura 25 B). Esses sedimentos seguem para bacia do rio Jacareí e se acumulam com os demais sedimentos de outros afluentes que descarregam suas cargas no mesmo canal nas planícies de inundação em cheias. O aporte desses sedimentos vem ocasionando assoreamento do canal do rio Jacareí. Característica observada pela empresa de dragagem de extração de areia do canal com estimativa média de aproximadamente setenta metros cúbicos por dia, reduzindo em períodos de estiagens, onde a energia dos afluentes e do rio Jacareí reduzem a capacidade de transporte de sedimentos.

Os resultados mostraram que os monitoramentos dos processos erosivos apontaram a remoção do material da base (solos, colúvios, alúvios e elúvio) de

sustentação dos blocos, tornando o ambiente favorável para remobilização dos blocos rochosos (GRÁFICO 9).

GRÁFICO 9 - MATERIAL REMOBILIZADO EM CM ENTRE OUTUBRO DE 2015 ATÉ MAIO DE 2016



FONTE: O autor (2017).

Por fim, constatou-se através dos dados obtidos no monitoramento que os processos erosivos foram intensos no verão de 2016, com evidência de remobilização de blocos rochosos no período da pesquisa. Levando-se em conta o curto período de monitoramento, foi possível analisar a evolução das cicatrizes e a contribuição para dinâmica de reestruturação das vertentes.

Apesar de alguns incidentes com monitoramento decorrentes das ações naturais da área de estudo, conseguiu-se mensurar ainda que de modo exploratório a dinâmica da cicatriz de corrida de detritos na bacia do rio Tingidor na Serra do Mar em Morretes no Paraná.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou através do monitoramento realizar uma análise do comportamento da cicatriz da corrida de detritos em escala local, buscando dados detalhados sobre os processos erosivos e remobilização dos blocos rochosos da cicatriz do rio Tingidor em Morretes PR.

Os dados obtidos permitiram afirmar que após a corrida de detrito a cicatriz encontra-se em processo de alteração morfológica, conforme apresentaram os resultados. Dessa forma, foi possível analisar uma combinação de processos em curso, que possibilitam o reafeiçoamento do leito do rio em questão e vertentes adjacentes os quais tendem a manter constantes alterações por processos erosivos.

Constatou-se ao longo da pesquisa que os processos erosivos vêm retirando materiais inconsolidados da base de sustentação de alguns blocos rochosos deixando-os instáveis. Esses dados demonstraram que os movimentos dos matacões podem ocorrer em função da perda de material de suporte da base do bloco ou por saturação hídrica do solo que resultam em outros processos de movimentação de massa lentos como solifluxão e mesmo rápidos de queda e rolamento de blocos que vão entulhando e estreitando o leito fluvial ao longo do tempo.

Pode-se dizer que o método descrito por Cunha & Guerra (1996), adaptado a esse estudo atendeu o propósito para essa pesquisa, confirmando a hipótese do trabalho que se propôs a comprovar através do monitoramento e mensuração dos processos erosivos e remobilização dos blocos rochosos. Em vista disso, os resultados apresentados foram considerados satisfatórios, atingindo o objetivo proposto.

A partir da análise dos dados foi possível apontar que os processos erosivos registrados na pesquisa foram intensos e resultaram na queda da maior parte dos pinos de metal fixados ao longo da cicatriz nos meses mais chuvosos.

Com base nessas limitações observadas na pesquisa, recomenda-se uma readaptação no método de monitoramento de erosão, onde verificou-se a necessidade de alterar o tamanho dos pinos de metal para medidas entre 80 cm até 1 metro, assim, possibilitará fixá-los com maior profundidade. Outro fator importante é a redistribuição dos pinos em uma área mais abrangente garantindo maiores recursos de análise no monitoramento.

Outra técnica que pode ser aplicada concomitante no monitoramento de erosão é o método relativo estático com receptores GNSS para obtenção de coordenadas UTM, em pontos materializados na seção que servirão de referências em caso de movimentos de massa.

Para os blocos rochosos o método de monitoramento por repetição de coordenadas UTM aplicado pelo GNSS com receptor dupla frequência, não se obteve resultados quantitativos, devido ao curto período de monitoramento dos blocos. A partir da comparação das seções de monitoradas por registros fotográficos, constatou-se remobilizações consideráveis dos blocos rochosos, confirmando as alterações apontadas no problema da pesquisa.

Portanto, conclui-se que a pesquisa contribuiu com informações referentes a remobilização dos materiais inconsolidados, através dos métodos utilizados para obtenção dos dados referentes ao monitoramento dos processos erosivos das cicatrizes e dos blocos rochosos ao longo do vale do Rio Tingidor.

6 REFERÊNCIAS

ANDRADE, L.B.; Rocha, G.C.; **Uso de pinos de erosão para monitoramento em área de alto risco geológico em Juiz de Fora, MG. Revista Geonorte**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.700-705, 2014. (ISSN 2237-1419).

AUGUSTO FILHO, O. **Escorregamentos em encostas naturais e ocupadas: análise e controle**. In: BITAR, O.Y. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. cap. 3.4, p.77-100.

BERNARDI, J.V.E. & LANDIM, P.M.B. Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. DGA, IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 10, 31 pp. 2002. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 23/03/2017

BIGARELLA, J. J.; KLEIN, R. M.; LANGE, R. B.; LOYOLA e SILVA, J.; LARACH, J. O.I.; RAUEN, M. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional**. Secretaria de Estado do Planejamento – ADEA (Associação de Defesa e Educação Ambiental). Curitiba: BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; MATOS, D. J.; WERNER, A. (eds.). 1978, 248 p.

BIGARELLA, J.J.; PASSOS, E.; HERRMANN, M.L.P.; SANTOS, G.F.; MENDONÇA, M.; SALAMUNI, E.; SUGUIO, K. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2ª Edição. Florianópolis: UFSC, v. 3, 883-1436, 2003.

BIGARELLA, João José. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais vol. 3. Contribuição de Everton Passos... [et al.]. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.

BONALDI, R.A.; **Floriística de um trecho de Floresta Ombrofila Densa Submontana do Parque Nacional Saint/Hilaire - Lange, Paranagua, Parana, Brasil**. Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, 13 a 17 de setembro de 2009, São Lourenço MG; Acesso em: 30/03/2017 Disponível: < http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_ixceb/1329.pdf >

CASSETI, Valter. Ambiente de apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991. 147p.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: exercícios, técnicas, aplicações. Organizações** - ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil p 157 - 190, 1996.

DE PLOEY, J & GABRIELS, D **Measuring Soil Loss and Experimental studies**. In: *Soil Erosion*. Orgs. M.J. Kirkby e Wiley & Sons, 63-108, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230p., 2011.

Fernandes, N. F.; Amaral, C. P. **Movimentos de massa: uma abordagem geológico geomorfológica**. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Ed.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. Cap. 3, p. 123-194.

GEMAEL, Camil. **Geodesia Celeste**. Editora UFPR, 2004.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas Encostas**, in CUNHA, S. B., & GUERRA, A.J.T.,(Orgs.) **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**; Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 140 - 155p., 1996.

GUERRA A. J. T.; CUNHA S. B (orgs): **Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A. J. T. **Processos Erosivos nas Encostas** (Cap. 4). In: GUERRA, A.J. T. & CUNHA, S.B. (orgs.) **Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2007.

GUERRA, A.J.T. **Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos**. Revista do Departamento de Geografia, n. 16, p. 32-37, 2005.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico** – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997, p.652.

GUERRA, Antonio José Teixeira. O Início do Processo Erosivo. In: **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p-p. 17- 55. 1999.

GUERRA, Antônio Teixeira; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, Antonio Teixeira. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 8.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GUIDICINI, G., NIEBLE, C. M. Estabilidade de taludes naturais e de escavação. São Paulo. Edgard Blücher; Ed. da Universidade de São Paulo, 1984. 194p.

INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152

IBGE. **Resolução PR. nº22**, de 21 de julho de 1983. Dispõe sobre as Especificações e Normas para Levantamento Geodésicos em Território Brasileiro. **Boletim de Serviço 1602 (Suplemento)**. Rio de Janeiro. 11 p. 1º agos. 1983.

IBGE. **Padronização de Marcos Geodésicos**. DCG – Diretoria de Geociências CGED – Coordenação de Geodésia. 2008.

IMESON, Anton; CURFS, Michiel. **Erosão do solo**. Lucinda, Land Care in Desertification Affected Areas, From Science Towards Application, série do fascículo B, nº1, 2006.

IBGE Resolução PR nº 22 **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos**. 1983.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE (2008) - **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos - GPS**. Disponível online no endereço url: ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/pdf/recom_gps_internet.pdf. acesso em 04/05/2017).

LEICA, A. **“GPS Satellite Surveying”**. Canadá: John Wiley & Sons, 3 edição, 2004.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2002. 178p.

LIMA, Luiz Dias da Mota. **Suscetibilidade à Erosão dos Solos nas Sub-bacias do médio e alto cursos da Bacia do Rio Macaé / RJ**. Instituto de Geociências – UFRJ. M.S.c., Programa de Pós Graduação em Geografia. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro / PPGG. 127p, 2008.

LOUREIRO, H.A.S.; GUERRA, A.J.T. **Monitoramento de voçorocas: adaptações metodológicas no uso de estacas e pinos de erosão**. Anais do IX Simpósio Nacional de Geomorfologia – SINAGEO, Rio de Janeiro, 6p, 2012.

KRUEGER, C.P. **Posicionamento por Satélites**. Apostila do curso de especialização em geotecnologias, Universidade Federal do Paraná, 2006.

KOZCIAK, S. Análise da estabilidade de vertentes na bacia do rio Marumbi- Serra do Mar - Paraná. 141p. Tese (Doutorado em Geologia) – Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: José Olympio, 1968.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba: BADEP/UFPR/IBPT, 1981. PASSOS, E. Relação entre vertentes e solos em Umbará – Curitiba – PR.

MATHIAS, D. T. *et.al* **Avaliação de técnicas de monitoramento de processos erosivos acelerados em área Peri-urbana – São Paulo** - VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio de 2010. Disponível em: <http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/dener.pdf>. Acesso em: 15/04/2017.

MARTINS, A.; FERREIRA, M.B.P.; PONTONI, D.R.; BATISTA, A.H.; PASSOS, E. **Descrição da compartimentação de processos de movimentos de massa na Serra da Prata em Morretes – PR**. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. 2012, Rio de Janeiro (RJ). Anais do IX SINAGEO. Disponível em

<<http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/1/1-377-147.html>> Acesso em: 20 jan. 2016.

MINEROPAR, **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do Estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2001.

MINEROPAR. **Mapa Litoestratigráfico do Estado do Paraná**, Folha de Curitiba (SG.22-X-D). Curitiba: MINEROPAR, 2005. Escala 1:250.000.

MONICO, J. F. G. **“Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações”**. 1ed. São Paulo: Unesp, 2000. P 287.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento por ponto de alta precisão utilizando o GPS: uma solução para a geodinâmica**, Revista Brasileira de Geofísica, v 18, nº1, pp. 39 - 48, março, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbg/v18n1/5879.pdf>. Acesso em: 20/01/2017.

NASCIMENTO I.M.A. *et. al.*; **Monitoramento com pinos de erosão na margem direita do Rio São Francisco**; III Reunião Nordestina de Ciência do Solo; 12 a 15 de setembro de 2016. Aracaju/SE; Disponível em: <https://even3.azureedge.net/anais/45305.pdf>. Acesso em: 05/04/2017.

NIMER, E. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil: região Sul**. v. 2. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. p. 152-187.

PINTO, R. C., PASSOS, E., CANEPARO, S. C. **Classificação dos movimentos de massa ocorridos em março de 2011 na Serra da Prata, estado do Paraná**. Geoinf: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Maringá, v.4, p.3 – 20, 2012.

RAMOS, Y. S; *et al.* **Degradação física das áreas de entorno do reservatório da usina hidrelétrica Luiz Gonzaga/ PE Brasil**. Revista Verde (Mossoró – RN), v. 7, n. 5, p. 132-139, dezembro de 2012 (edição Especial). 2012.

Rocha, P.C. & Souza Filho, E.E. 1996. **Erosão Marginal em Canais Associados ao Rio Paraná, na Região de Porto Rico-PR**. Boletim Paranaense de Geociências, N 44. Ed. UFPR. Curitiba-PR.

RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHI, Y.S.; GALVÃO, F. **As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná**. Acta For. Bras, Curitiba, n. 1, p. 1-6. 1993.

Silveira, C.T. da, A.P. Fiori, A.M. Ferreira, J.R. de Góis, G. De Mio, R.M.P. Silveira, N.E.B. Massulini & T.M.H. Leonardi. 2013. **Emprego de atributos topográficos no mapeamento da susceptibilidade a processos geoambientais na bacia do rio Jacareí, Paraná**. Soc. & Nat. (Uberlândia) 25: 623-639. Online: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v25n3/v25n3a14.pdf>.

Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Paraná – SEMA, 2002. Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná. Relatório técnico, Curitiba, 93 p.

WOLMAN, M.G. **Factors influencing erosion of a cohesive riverbank.** *American Journal of Science*, 257; 204-216, 1959.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. **O clima do litoral do estado do Paraná.** *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 3/4, p. 49 - 63, 2008.

VAZ, J. A.; PISSARDINI, R. S.; FONSECA JUNIOR, E. S. **Comparação da cobertura e acurácia entre os sistemas GLONASS e GPS obtidas de uma estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo. RBC.** *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65, p. 529-539, 2013 (pdf).

VIEIRA, B.C. **Previsão de escorregamentos translacionais rasos na Serra do Mar, (SP), a partir de modelos matemáticos em bases físicas. 193 p.** Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. & LIMA, J. C. **Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema Universal.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 123 p.