

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA**

**EDERALDO KULLER DA ROCHA**

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS EROSÕES CONCENTRADAS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO BAIXO IVAÍ E PARANÁ 1 - NOROESTE DO ESTADO DO  
PARANÁ**

**CURITIBA**

2018

**EDERALDO KULLER DA ROCHA**

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS EROSÕES LINEARES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO BAIXO IVAÍ E PARANÁ 1 - NOROESTE DO ESTADO DO  
PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Geologia da Universidade Federal do  
Paraná como requisito parcial à obtenção do  
grau de Bacharel em Geologia.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a) Maria Cristina Souza

**CURITIBA**

2018

*Dedico esse trabalho a minha família!*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial,

A professora Dra. Maria Cristina Souza, pela orientação nesse projeto e pela dedicação em sala de aula durante todas as disciplinas que fui seu aluno.

À Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil pela disponibilização dos dados, em especial ao Major Hiller Coordenador Executivo de Proteção e Defesa Civil.

Ao Geólogo Rogério da Silva Felipe pelas disponibilizações das fotos para a ilustração desse trabalho e também pelo companheirismo, amizade e atenção dispensadas durante toda minha formação.

Ao Coronel Barros, Comandante do Corpo de Bombeiros do Paraná e Ex-Coordenador Executivo da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Paraná, por toda a ajuda, incentivo e auxílio para conquistar a tão almejada formação.

Ao meu chefe direto o Capitão Romero, por toda a atenção e compreensão durante esses longos anos de formação, não hesitando em me dispensar para participar das aulas de campo.

A minha esposa Leticia, que sempre esteve ao meu lado, prestando seu apoio incondicional, mesmo que para isso tivesse que aceitar minha ausência e irritabilidade devido ao estresse causado pela carga de estudo, entre outras coisas, mas que foi paciente e compassiva, sempre me mostrando que todo essa luta tem data marcada para acabar!

Ao meu filho Lucas, que sempre está com um sorriso no rosto e sem pretensão alguma me chama de lindo e me dá um beijo, enquanto me debruço sobre a bibliografia.

Aos meus pais Miguel e Marlene que suportaram minha ausência por todo um semestre e também foram um braço forte em vários momentos difíceis da minha vida.

Aos meus sogros Lineu e Lori que sempre me apoiaram e incentivaram durante a minha caminhada acadêmica, agradeço aos almoços de domingos e das conversas longas, sobre qual assunto fosse.

Aos meus irmãos, cunhada e amigos de farda ou não, pelo apoio e compreensão da minha ausência durante as horas despendidas na preparação deste trabalho.

## RESUMO

A presente pesquisa visa analisar os processos erosivos ocorridos no noroeste do Paraná no período de janeiro de 2015 a janeiro de 2018, nas bacias hidrográficas do Baixo Ivaí e Paraná 1, abrangendo 44 municípios, com enfoque nas erosões concentradas, como sulcos, ravinas e voçorocas. A pesquisa foi embasada em fontes bibliográficas, documentais e banco de dados, principalmente da Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Paraná. O objetivo foi identificar os municípios e os anos com maior incidência desse tipo de ocorrência, quantificar o impacto econômico-social e ambiental, seja na área urbana ou nas comunidades rurais. Através da análise desses dados é possível identificar que processos erosivos lineares são constantes na área de estudo, visto que atualmente existem aproximadamente 330 voçorocas ativas em toda a área, sendo predominante em solos oriundos de arenitos da Grupo Caiuá, principalmente nas áreas rurais. Quando ocorrem no perímetro urbano são devido a falta de planejamento estratégico, pois há impermeabilização do solo e concentração das águas pluviais, sendo direcionada por sistemas de águas pluviais a locais sem infraestrutura adequada para a quebra da velocidade da água nas saídas dos emissários, evidenciando que a ação antrópica tem extrema capacidade de acelerar esse tipo de processo. Outro aspecto identificado é a influência de fenômenos de abrangência global, como o *El Niño*, pois segundo estudos anteriores a média anual de chuva para o município de Paranaíba no período de 2015 a 2016 ultrapassou em 58%. Esse aumento substancial nos índices pluviométricos ocasionou 33 desastres envolvendo erosão, entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016, totalizando 64% do total dos registros levantados nos 3 anos de apuração. O levantamento pluviométrico indicou volumosos acumulados no período, que resultou em 11 decretos de situação de emergência e um de estado de calamidade pública, decretado pelo município de Querência do Norte, no qual 86% da população foi atingida nesse evento. Para concluir a análise, foi realizado um levantamento estatístico, na tentativa de parametrizar índices pluviométricos críticos para as bacias estudadas, tendo como base para o cálculo os registros de desastres e os acumulados de chuvas correspondentes, obtendo como resultado um acumulado de chuva de 149,5mm (+-19mm), com grau de confiança de 95% que ocorram nessa faixa. Finalizando o estudo, conclui-se que muitas medidas preventivas já são aplicadas na região como: manejo e uso do solo, plantio direto e nível, construção de bacias de concentração e revegetação de voçorocas, porém estas ações devem ser mais intensivas e continuadas ao longo de todos os anos.

**Palavras chave:** Baixo Ivaí e Paraná 1, voçoroca, Grupo Caiuá, processos erosivos lineares.

## ABSTRACT

The present study aims to analyze the erosive processes occurring in the northwest of Paraná from January 2015 to January 2018, in the hydrological basins of Baixo Ivaí and Paraná 1, covering 44 municipalities, focusing on concentrated erosions such as furrows, ravines and gully. The research was based neither bibliographic sources, documentaries and database, mainly of the State Coordination of Protection and Civil Defense of Paraná. The objective was to identify the municipalities and the years with the highest incidence of this type of occurrence, to quantify the economic-social and environmental impact, either in the urban area or in the rural communities. Through the analysis of these data it is possible to identify that linear erosive processes are constant in the study area, since there are currently approximately 330 active gullies throughout the area, being predominant in soils originating from Caiuá Group sandstones, mainly in rural areas. When they occur in the urban perimeter are due to lack of strategic planning, because there is waterproofing of the ground and concentration of rainwater, being directed by rainwater systems to places without adequate infrastructure to break the speed of water in the emissaries' exits, evidencing that the anthropic action has an extreme capacity to accelerate this type of process. Another aspect identified is the influence of global phenomena, such as El Niño, because according to previous studies, the average annual rainfall for the municipality of Paranavaí in the period from 2015 to 2016 exceeded by 58%. This substantial increase in rainfall rates caused 33 disasters involving erosion between November 2015 and February 2016, totaling 64% of the total recorded in the 3 years of calculation. The pluviometric survey indicated voluminous accumulated in the period, which resulted in 11 decrees of emergency situation and one of public calamity, decreed by the municipality of Querência do Norte, in which 86% of the population was reached in that event. To conclude the analysis, a statistical survey was carried out in an attempt to parameterize critical rainfall indices for the studied basins, based on the calculation of the records of disasters and accumulated rainfall, resulting in a cumulative rainfall of 149, 5mm (+ -19mm), with a confidence level of 95% that occur in this range. At the end of the study, it is concluded that many preventive measures are already applied in the region such as: management and use of the soil, no-tillage and level, construction of concentration basins and revegetation of gullies, but these actions must be more intensive and continuous throughout of all years.

*Keywords:* Baixo Ivaí and Paraná 1, gully, Caiuá Group, linear erosive processes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cfa - Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida. (Fonte: IAPAR, 2018).....	9
Figura 2: Voçoroca no município de Cianorte a qual foi gerada em um período de 24 horas de chuva intermitente (A e B) e de Loanda que é uma das maiores do estado (C e D) (Fonte: O autor, 2016). .....	10
Figura 3: Figura de localização da área de estudo (Fonte: O autor, 2018). .....	12
Figura 4: Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí e Paraná 1, com sobreposição das áreas consideradas como inaptas ou com alguma restrição ao uso, devido à alta susceptibilidade a erosão. Fonte: Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG, 2018 (modificado)). .....	16
Figura 5: Formação de <i>piping</i> (círculo amarelo), condutos gerados pelo movimento da água em subsuperfície, essa erosão progride mesmo após o fim da chuva, por que é “alimentada” pela água do freático (Fonte: O autor, 2016).....	18
Figura 6: Mapa geológico da área de estudo. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018. ....	20
Figura 7: Efeito “ <i>splash</i> ” no solo sem cobertura vegetal. Fonte: Fontanailles, 2013. 21	
Figura 8: Uso de paliçadas em plantação de café e a regeneração ao longo de um ano. Fonte Baldassarini, 2014.....	22
Figura 9: Monitoramento entre o momento de construção das barreiras de bambu e doze meses depois do estabelecimento das mesmas. Fonte Baldassarini, 2014.....	22
Figura 10: Modelo de construção de terraços em nível, onde o VAD é a área de drenagem entre dois terraços agrícolas, a vazão do terraço em gradiente (VTG) proporciona que a água escoe pelas laterais e não transborde o terraço e a CAT que delimita a capacidade de armazenamento do terraço. Fonte: Carvalho, 2014. ....	23
Figura 11: Bacia de retenção de enxurrada. Fonte: MINEROPAR, 2006.....	24
Figura 12: Imagem ilustrativa para exemplificar as feições identificadas nas imagens de satélite. Fonte: Salgado <i>et al.</i> , (2008).....	26

Figura 13: O relevo na área de estudo é relativamente plano, não passando dos 10% de declividade. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018.....	28
Figura 14: Vista do Morro Três Morrinhos no município de Terra Rica, na imagem podemos observar o relevo praticamente plano predominante na área de estudo. Fonte: MINEROPAR, 2006.....	29
Figura 15: Figura mostrando os polígonos gerados a partir do método de Thiessen, cada polígono corresponde a uma área de influência associada a um pluviômetro. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018. ....	36
Figura 16: Voçoroca na área rural de Cianorte, podemos visualizar como essas feições são marcantes no relevo. Fonte Google Earth, 2018. ....	38
Figura 17: Mapa geológico com sobreposição de locais com restrição de uso devido a susceptibilidade a erosão segundo o ITCG, 2018 e os 330 pontos de voçorocas mapeados por análise de imagens de satélite do ano de 2018. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018.....	40
Figura 18: Voçoroca no município de Paranaíba, é possível notar depósito de lixo doméstico no interior da voçoroca. Fonte: MINEROPAR, 2006. ....	41
Figura 19: Desembocadura de emissário destruída pela erosão remontante no município de São Tomé -PR. Fonte: O Autor, 2015. ....	41
Figura 20: Exultório de emissário com erosão atingindo e expondo a Grupo Caiuá no município de Terra Rica. Fonte: MINEROPAR, 2006.....	41
Figura 21: Notar a velocidade da água proveniente do bueiro. As escadas que deveriam reduzir a velocidade da água são insuficientes, pois há subdimensionamento na extensão e grande angulação da escada (município de Terra Rica). Fonte: MINEROPAR, 2006.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese das várias maneiras que a intervenção antrópica pode atuar gerando processos erosivos.....	14
Tabela 2: Síntese do levantamento das estações pluviométricas da área de estudo .....	28
Tabela 3: Dados relativos aos Municípios afetados com data e tipo de desastre sofrido .....	30
Tabela 4: Classificação dos anos com <i>El Niño</i> e <i>La Niña</i> por intensidade, de acordo com os valores do índice ONI, de 1972 a 2016.....	34
Tabela 5: Acumulados para cada evento de chuva por município afetado .....	36
Tabela 6: Resultados encontrados para os acumulados.....	37
Tabela 7: Classificação de coeficientes de variação com respeito a precisão de processos.....	37
Tabela 8: Síntese da localização e quantidade de pontos indícios de voçorocas .....	40

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Correlação dos tipos de desastres e prejuízos públicos, privados associados .....	32
Gráfico 2: Prejuízos econômicos por município afetado por erosões.....	33
Gráfico 3: Prejuízos totais ao longo do período de estudo .....	34
Gráfico 4: Totais acumulados de chuva durante o evento <i>El Niño</i> , de novembro de 2014 a maio de 2016, comparado à média histórica no mesmo período em cinco locais do Paraná com destaque para Paranaíba .....	35
Gráfico 5: Meses em que houve maior ou menor número de registros de eventos desastrosos envolvendo erosões lineares no período de estudo (2015-2018). .....	35

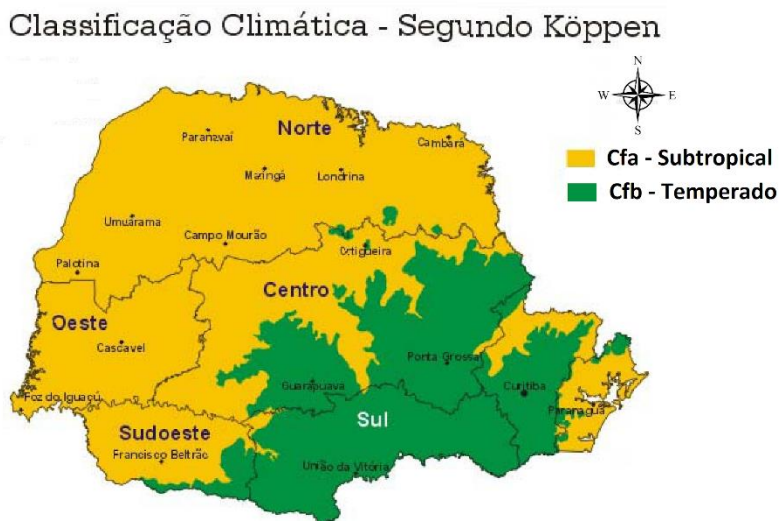
## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA.....	11
1.1.1 Área Urbana.....	13
1.1.2 Área Rural.....	13
1.1.3 Justificativa.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivo Específico.....	16
2 REVISÃO TEÓRICA .....	17
2.1 EROSÃO LAMINAR E LINEAR .....	17
2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO .....	18
2.3 BOAS PRÁTICAS E MEDIDAS ESTRUTURANTES E NÃO ESTRUTURANTES PARA EVITAR OU CONTER EROSÕES LINEARES.....	20
2.3.1 Sistema de plantio direto (SPD).....	20
2.3.2 Revegetação de voçoroca com espécie nativa ou exótica.....	21
2.3.3 Implantação de estratégias físicas para controle da erosão.....	21
a. Uso de paliçadas.....	21
b. Terraços e Bacias de retenção.....	22
2.4 EROSÃO E OS CRITÉRIOS PARA DECRETAÇÃO DE SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA (SE) OU ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA (ECP).....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	25
3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
4.1 DANOS E PREJUÍZOS ASSOCIADOS A EROSÃO .....	29

4.1.1 Os custos da erosão.....	31
4.1.2 Estimativa de prejuízos sofridos pela população e pelo município no período de estudo.....	33
4.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA EVENTOS CRÍTICOS DE CHUVA .....	35
4.2.1 Interpretação dos resultados estatísticos encontrados.....	37
4.3 LEVANTAMENTO DE PONTOS COM INDÍCIOS DE VOÇOROCAMENTO A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE.....	38
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	42
REFERÊNCIAS.....	44
ANEXO 1- TABELA COM OS PONTOS DO LEVANTAMENTO DAS VOÇOROCAS NA ÁREA DE ESTUDO.....	49

## 1 INTRODUÇÃO

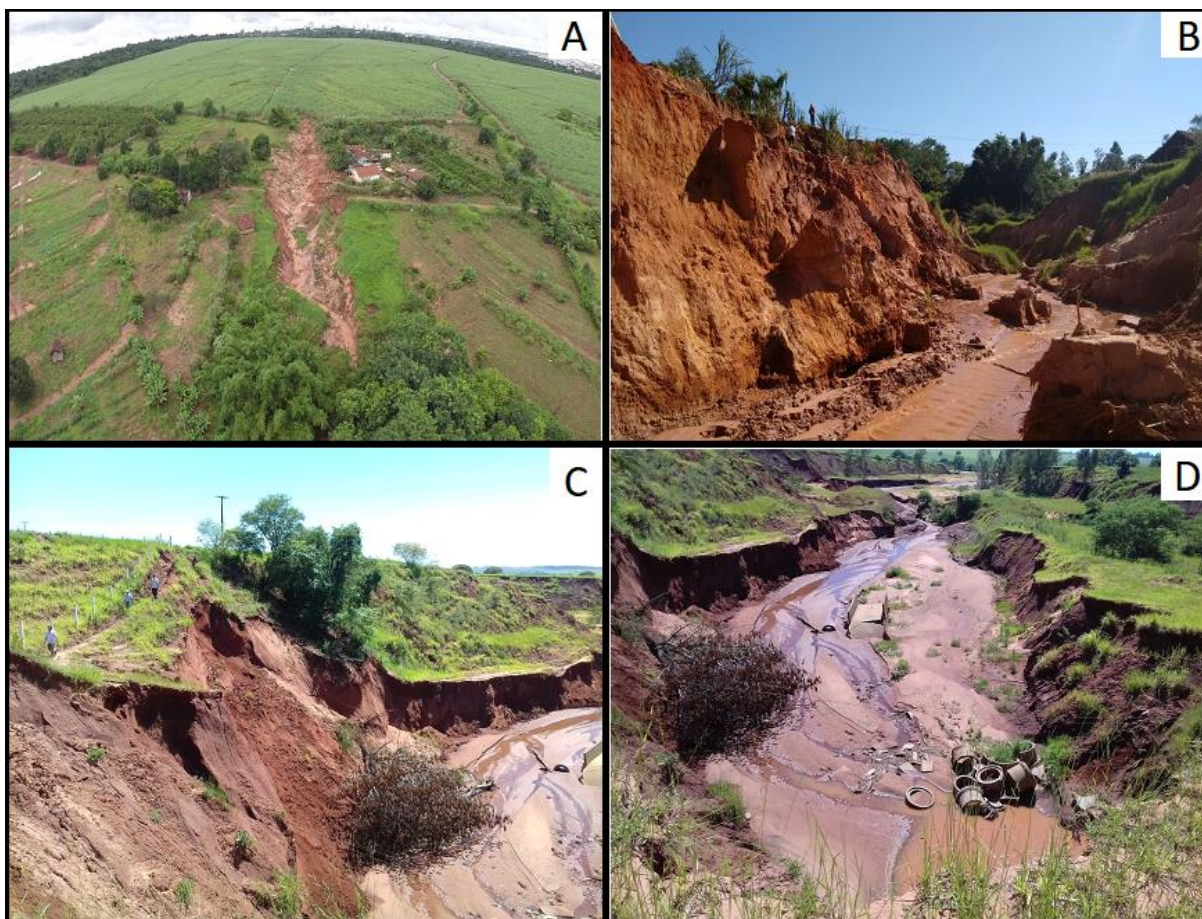
A perda de solo pela erosão hídrica é um processo evolutivo natural, que faz parte da denudação do relevo e mantém o sistema ambiental, partes altas tendem a se aplainar e partes baixas a serem preenchidas (assoreadas), deixando o sistema dinâmico em equilíbrio (Melfi e Montes, 2008). Esse processo ocorre em todo o Planeta, predominando em regiões de clima tropical a subtropical, sendo que no Paraná prevalecem regiões de clima subtropical (Figura 1), principalmente no noroeste (Guerra et al., 2014), onde os níveis pluviométricos são elevados, com média de 1.500 mm anualmente (Águas Paraná, 2018), além de que os períodos de chuva se concentram de dezembro a março, coincidentemente quando ocorrem mais problemas devido a erosão (Defesa Civil do Paraná, 2018).



**Figura 1:** Cfa - Clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Cfb - Clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida. (Fonte: IAPAR, 2018).

Mesmo sendo um processo natural e dinâmico, é diretamente acelerado pela intervenção humana, ou seja, erosão antrópica (Infanti Jr. e Fornasari Filho, 1998), pois a medida que é extinta a cobertura vegetal ou ocorre a descompactação do solo por meio de máquinas, a terra perde sua coesão interna e se torna friável e exposta a intempéries, facilitando sua lixiviação e transporte para as drenagens e posteriormente o assoreamento dos rios (Vieira e Verdum, 2014).

A erosão, principalmente as concentradas, evoluindo de sulcos, ravinas e voçorocas, as quais são extremamente danosas, pois geram grandes prejuízos econômicos e ambientais a população rural e urbana, além de progredirem rapidamente, formando cicatrizes de largura e profundidade decamétricas, como a voçoroca na cidade de Loanda e de Cianorte no Paraná (Figura 2).



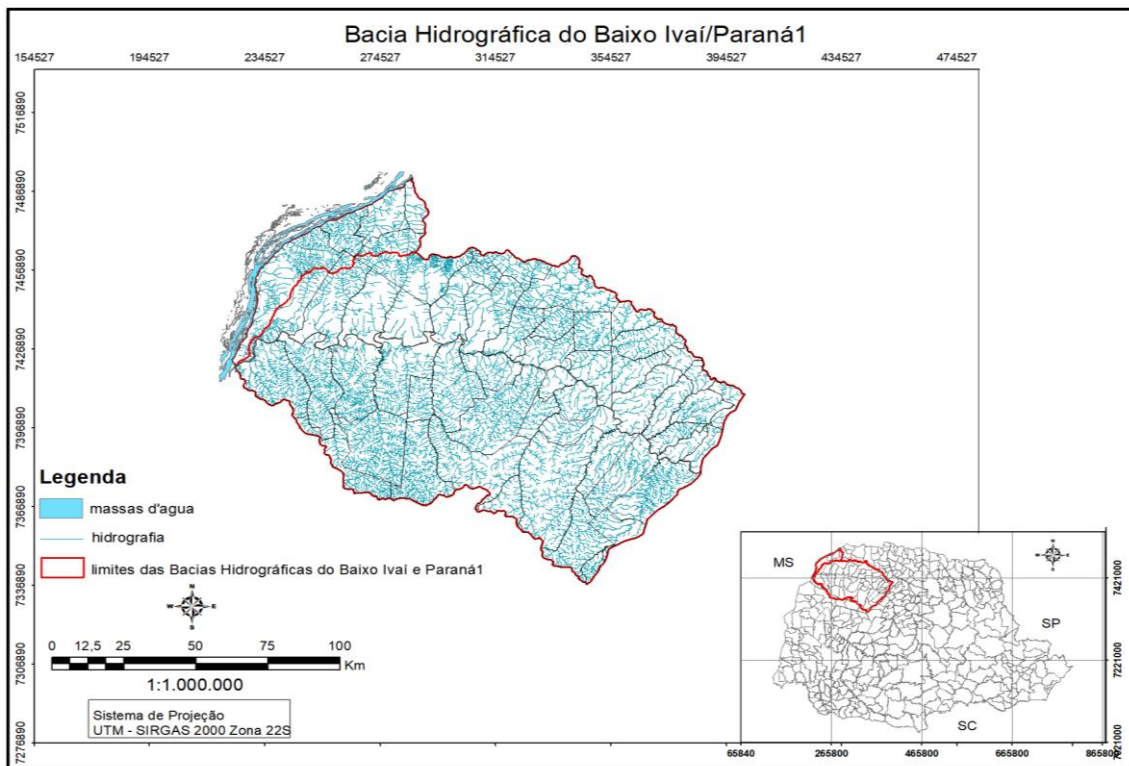
**Figura 2:** Voçoroca no município de Cianorte a qual foi gerada em um período de 24 horas de chuva intermitente (A e B) e de Loanda que é uma das maiores do estado (C e D) (Fonte: O autor, 2016).

A evolução dessas feições é de grande importância para compreender as principais causas do surgimento e as medidas a serem tomadas para conter esse processo, seja na etapa inicial (sulco ou ravina), interrompendo sua evolução, ou na tomada de decisão, caso o processo já esteja em estágios avançados (voçoroca), cujo grandes obras de engenharia e geotecnia terão de ser implementadas a fim de estabilizar o processo. O devido tema já foi abordado em diversos trabalhos, mas devido ao processo ser dinâmico e dependente de muitas variáveis, como as características do meio físico e condicionantes antrópicas, os resultados normalmente

não abrangem todos os aspectos ambientais envolvidos (Santos *et al.*, 2010; Vieira e Verdum, 2011; Guerra, 2014; Waltrick *et al.*, 2015).

## **1.2 CONTEXTO E PROBLEMA**

De modo geral, a definição do local a ser estudado foi baseado na recorrência de acidentes envolvendo a erosão linear, direcionando a área de escolha para uma bacia hidrográfica, a qual contém dois elementos que favorecem a predisposição ao surgimento dessas feições, associando uma litologia muito susceptível a erosão com o alto índice pluviométrico, concentrado em períodos do ano bem específicos. A bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí e Paraná 1 abrange uma área total de 14.699,45 km<sup>2</sup>, as formas predominantes do relevo são topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V” aberto, modeladas em rochas da Grupo Caiuá, apresenta um gradiente de 340 metros com altitudes variando entre 240 (mínima) e 580 (máxima) m. s. n. m. (metros sobre o nível do mar) (MINEROPAR, 2006). As duas bacias desaguam no Rio Ivaí, sendo a Bacia Hidrológica Baixo Ivaí localizada a jusante do Rio Ivaí e a do Paraná 1 na sua foz no Rio Paraná, ambas na região noroeste do estado do Paraná (Figura 3), estando esta última na área limítrofe com o estado de São Paulo. A área de estudo abrange 44 municípios, sendo que 40 pertencem a Bacia Hidrológica Baixo Ivaí e 4 a Bacia Hidrológica Paraná 1.



**Figura 3:** Figura de localização da área de estudo (Fonte: O autor, 2018).

Os processos erosivos ocorrem naturalmente, no entanto, a intervenção antrópica em um ambiente vulnerável pode desencadear alterações irreversíveis no meio, aceleradas pelo uso inapropriado do solo nas suas várias formas, como o desmatamento e a agricultura ou obras urbanas e viárias. Todas essas intervenções tendem a reduzir a estabilidade do solo, pois dificultam a infiltração da água e facilitam sua concentração na superfície.

Contudo, a ação humana pelo uso de máquinas e equipamentos favorece severamente a aceleração do processo, trazendo como resultado, a perda de solos produtivos, a poluição da água, o assoreamento de rios, drenagens, cursos d'água e reservatórios e a degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Quando as voçorocas não são contidas ou estabilizadas, além de comprometer e até inutilizar áreas propícias à agricultura, podem danificar obras viárias, áreas urbanas, diminuir a capacidade de reservatórios de água pelo assoreamento, implicando por exemplo o abastecimento das cidades, projetos de irrigação e até a geração de energia elétrica.

### 1.1.1 Área Urbana

No início da década de 70 o noroeste paranaense chegou ao seu auge populacional, sendo a segunda mesorregião mais populosa do estado, movimentada pela expansão do cultivo de café e posterior migração para a pecuária.

O crescimento urbano está diretamente relacionado a expansão na infraestrutura municipal, aumentando o desmatamento, o que impõe a adoção de estruturas pouco permeáveis, como a construção de vias pavimentadas, calçadas e prédios.

Outro fator que também deve ser considerado é o aumento no volume e velocidade do escoamento superficial, o qual é captado por meio de drenagem das águas pluviais que retiram água dos centros urbanos e os direciona através de rede de drenagem subsuperficial (emissários) a locais topograficamente mais baixos, que normalmente são pouco ou não habitados. Ao fim do percurso a água é despejada de maneira concentrada, sem qualquer obra visando o amortecimento, elevando o poder erosivo e de transporte de sedimentos.

Os locais inicialmente pouco ou não habitados, acabam sendo ocupados com o passar dos anos devido ao inchaço das regiões centrais pela população menos favorecida, algumas vezes de maneira legal com a construção de loteamentos, ou de maneira ilegal pela invasão de terras. Inviabilizando a expansão urbana e aumentando os prejuízos econômicos e sociais a comunidade e ao município, por problemas causados por falta de planejamento a longo prazo.

### 1.1.2 Áreas Rurais

A expansão rural no noroeste paranaense iniciou na década de 40 e se estendeu até a década de 70, motivada pela cafeicultura, o que resultou na quase extinção total da mata nativa da região, restando hoje apenas 4,1%, as quais estão concentradas em reservas ambientais, como o Parque de Ilha Grande (IPARDES, 2004 p. 12). Devido ao solo pobre e limitado pela alta susceptibilidade a erosão, a expansão mais acentuada de culturas anuais, como feijão, soja, milho etc., foram inviabilizadas, dando espaço a pecuária extensiva (Guerra *et al.*, 2014).

A pecuária ao invés de ser uma solução acabou sendo um potencializador na erosão do solo arenoso da região, pois caminhos marcados pelo trânsito e pelo peso

acentuado dos animais, tornam-se cada vez mais friável pela desagregação e predisponentes a concentração de água em períodos de chuva e consecutivo foco de erosão.

Desde a década de 50 muito se tentou fazer por parte do governo estadual Secretaria de Estado de Agricultura e Abastecimento (SEAB), via EMATER e IAPAR e pelo governo federal por meio da EMBRAPA, para desenvolver tecnologias e métodos para o uso e manejo sustentável dos solos agricultáveis e conter os processos erosivos nessa região, mas o principal alvo é a comunidade agrícola, pois são eles os protagonistas desse combate (Casagrande, 2012).

**Tabela 1:** Síntese das várias maneiras que a intervenção antrópica pode atuar gerando processos erosivos

Uso e Ocupação		Intervenção	Impactos	Consequências
URBANA	Loteamento	Remoção da cobertura vegetal; Terraplanagem; Cortes / Aterros	Erosão	Assoreamento
			Modificação da paisagem	Inundações / Enchentes
	Área Industrial	Remoção da cobertura vegetal; Terraplanagem; Cortes / Aterros	Erosão localizada	Assoreamento
			Poluição do ar, solo e água	Contaminação do ar, solo e água
	Sistema Viário	Desmatamento; Terraplanagem; Cortes / Aterros; Sistemas de drenagem	Erosão	Assoreamento
			Escorregamento	
Infra-estrutura Urbana	Escavações; Corte / Aterros; Sistemas de drenagem	Erosão	Assoreamento	
		Escorregamento	Inundações / Enchentes	
RURAL	Atividades Agrícolas	Grandes desmatamentos; Técnicas agrícolas inadequadas	Erosão	Assoreamento
			Perda da camada fértil do solo	Poluição de mananciais Desertificação
	Chácaras de Lazer	Desmatamento; Terraplanagem; Cortes / Aterros	Erosão	Assoreamento
			Escorregamento	
MINERAÇÃO	Mineração	Desmatamentos; Escavações instáveis; Desmontes de rochas; Modificação da paisagem	Erosão	Assoreamento
			Escorregamento / Deslizamento	Poluição de mananciais
			Explosões / Ruídos	Contaminação do ar, solo e água
			Depósitos de rejeitos	

Fonte: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA, 2018).

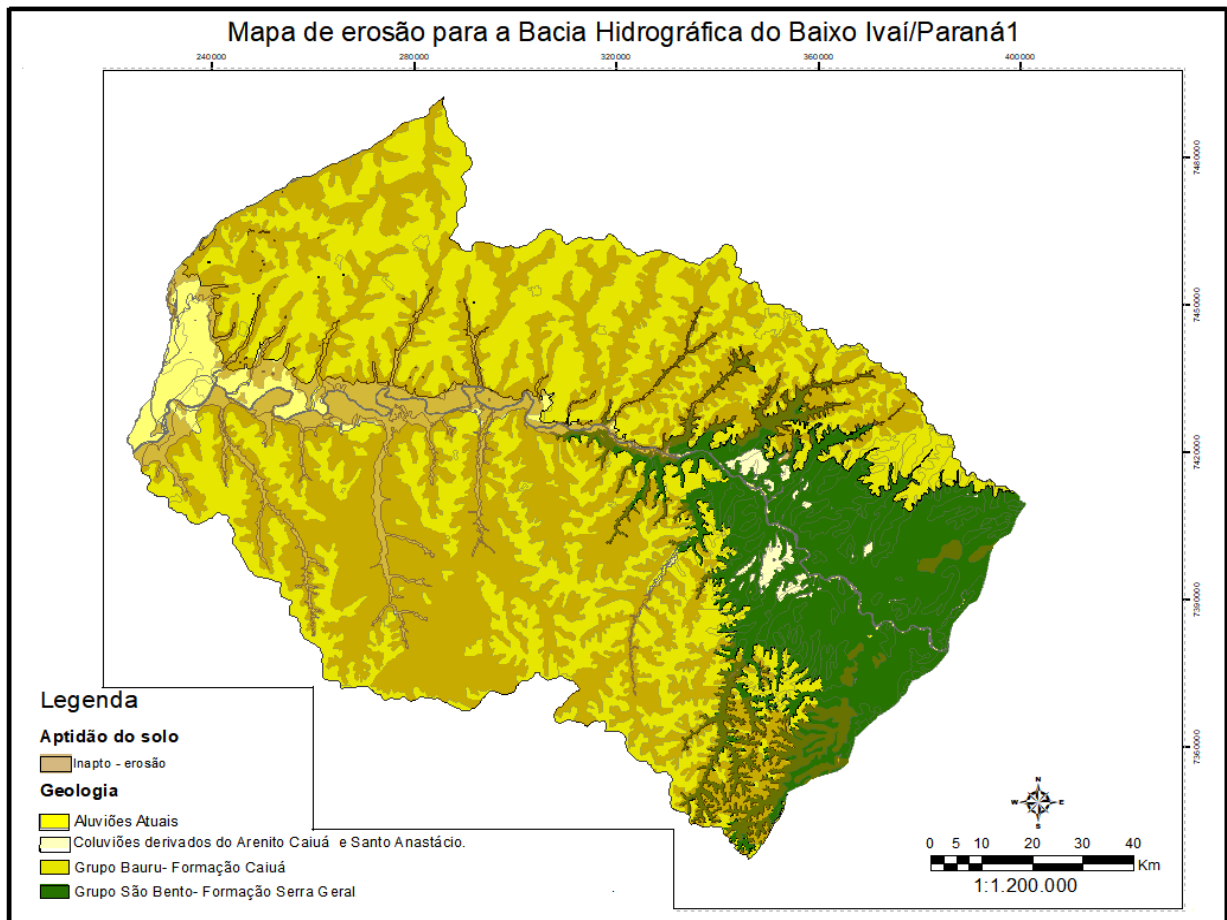
### 1.1.3 Justificativa

A produção agrícola e o desenvolvimento das cidades na região noroeste do estado do Paraná são completamente dependentes das condições do solo, principalmente as relacionadas a estabilidade e erodibilidade. Por se tratar de um solo de composição arenosa, com área fonte as rochas da Grupo Caiuá na grande maioria, ou então, depósitos recentes (Quaternário) aluvionares, também arenosos, ambos possuem uma tendência elevada a erosão, como pode ser visto no mapa da Figura 4.

A manutenção e o manejo desse tipo de solo necessitam de atenção redobrada, técnicas e tecnologias devem ser implementadas continuamente para viabilizar seu uso da maneira menos agressiva possível. Por esse motivo o estudo da reincidência desses eventos erosivos, comparados ao impacto social e ambiental causados, são de extrema necessidade, bem como a correlação com eventos chuvosos, a fim de estabelecer limiares de chuva correspondentes a ocorrências de desastres relacionados a enxurradas, erosão laminar, erosão linear e até mesmo de erosão margem fluvial ou deslizamentos. Este, na maioria das vezes sucede nas bordas de voçorocas.

Os levantamentos dos prejuízos com a recuperação de áreas atingidas por esses eventos também são fundamentais para uma boa política pública, pois a cada evento são destinados milhões em ações de recuperação ou remediação que poderiam ser evitados se os estudos tivessem sido direcionados previamente, a fim de viabilizar a implantação de medidas a baixo custo com objetivo preventivo.

Finalmente, a elaboração desse estudo se dá pelo fato de que a maioria da população não reconhece a importância da preservação e manutenção do equilíbrio natural entre o solo e a vegetação, pois a sobrevivência humana depende exclusivamente do alimento e da água os quais são extremamente afetados quando a proporção da ação erosiva é excessiva em relação a sedimentação, ocasionando a lixiviação dos nutrientes do solo e o assoreamento de nascentes, rios e lagos.



**Figura 4:** Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí e Paraná 1, com sobreposição das áreas consideradas como inaptas ou com alguma restrição ao uso, devido à alta susceptibilidade a erosão. Fonte: Instituto de Terras, Cartografia e Geologia (ITCG, 2018 (modificado)).

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.2.3 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é realizar um levantamento bibliográfico e quantitativo dos dados relativos a processos erosivos nas Bacia Hidrológicas do Baixo Ivaí e Paraná 1, no período de janeiro de 2015 a janeiro de 2018, com isso poder integrar e apontar causas e consequências dos processos erosivos, seja de cunho social ou econômico.

#### 1.2.4 Objetivo específico

O objetivo específico do trabalho é entender quais as condicionantes levam a ocorrência desses processos erosivos nas bacias hidrológicas estudadas,

comparando o processo natural ao antrópico e quantificar em termos econômicos e sociais os prejuízos acarretados pelas erosões concentradas.

Apontar locais onde esses processos estão ocorrendo atualmente e delimitar qual o embasamento litológico mais susceptível para o desenvolvimento dessas feições.

Correlacionar acumulados de dias consecutivos de chuvas com as datas de registros de desastres envolvendo erosões, na tentativa de estabelecer limiares críticos de chuva, podendo ser utilizado como parâmetro para emissão de alertas aos municípios com reincidência nesse tipo de desastre.

## **2 REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1 EROSÃO LAMINAR E LINEAR**

Para Almeida Filho (2014) a erosão:

*Está associada a processos de desgaste da superfície do terreno, desencadeado pelo escoamento da água superficial com caráter mais contínuo e gradativo, por meio da desagregação, transporte e deposição dos materiais alterados que compõem o solo.*

Os principais agentes deflagradores são as águas das chuvas, rios, marés, geleiras e ventos. Dentre esses, as águas pluviais têm grande importância, por propiciar o escoamento superficial e o transporte de material inconsolidado, principalmente em países de clima tropical (MINEROPAR, 2010).

A erosão, de modo geral, é dividida em dois tipos principais e depende de como o escoamento superficial acontece: laminar, quando é causada pelo escoamento difuso das águas das chuvas, removendo progressivamente dos horizontes superficiais do solo, e linear, quando são causadas por concentração nas linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno (na forma de sulcos, ravinas e voçorocas) (Salomão, 1994). Dentre os processos erosivos, as voçorocas são as mais preocupantes, pois atingem os estágios mais avançados da erosão concentrada (Ferreira e Pejon, 2007). Para Santoro (2012), outro fator é acrescentado quando a erosão atinge o nível freático, pois ocorre a contribuição das águas subsuperficiais na manutenção da erosão associada ao fenômeno “*piping*”. Sendo o “*piping*” (erosão interna ou tabular)

responsável pelo solapamento, alargamento e criação de novos ramos da voçoroca, pois ele age na remoção de partículas no interior do solo, formando canais que aumentam no sentido contrário ao fluxo da água, provocando colapso do terreno (Figura 5).

Outro fator relevante quando se trata de classificação de tipos de erosão, é a que resulta de processos naturais e a erosão acelerada (antrópica), sendo essa, como o próprio nome já diz, controlada somente por fatores naturais. Já a erosão acelerada é provocada pela ação da água em consequência da ocupação urbana, ou seja, a interferência do homem no ambiente natural, provocando o seu desequilíbrio (MINEROPAR, 2001).



**Figura 5:** Formação de *piping* (círculo amarelo), condutos gerados pelo movimento da água em subsuperfície, essa erosão progride mesmo após o fim da chuva, por que é “alimentada” pela água do freático (Fonte: O autor, 2016).

## 2.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

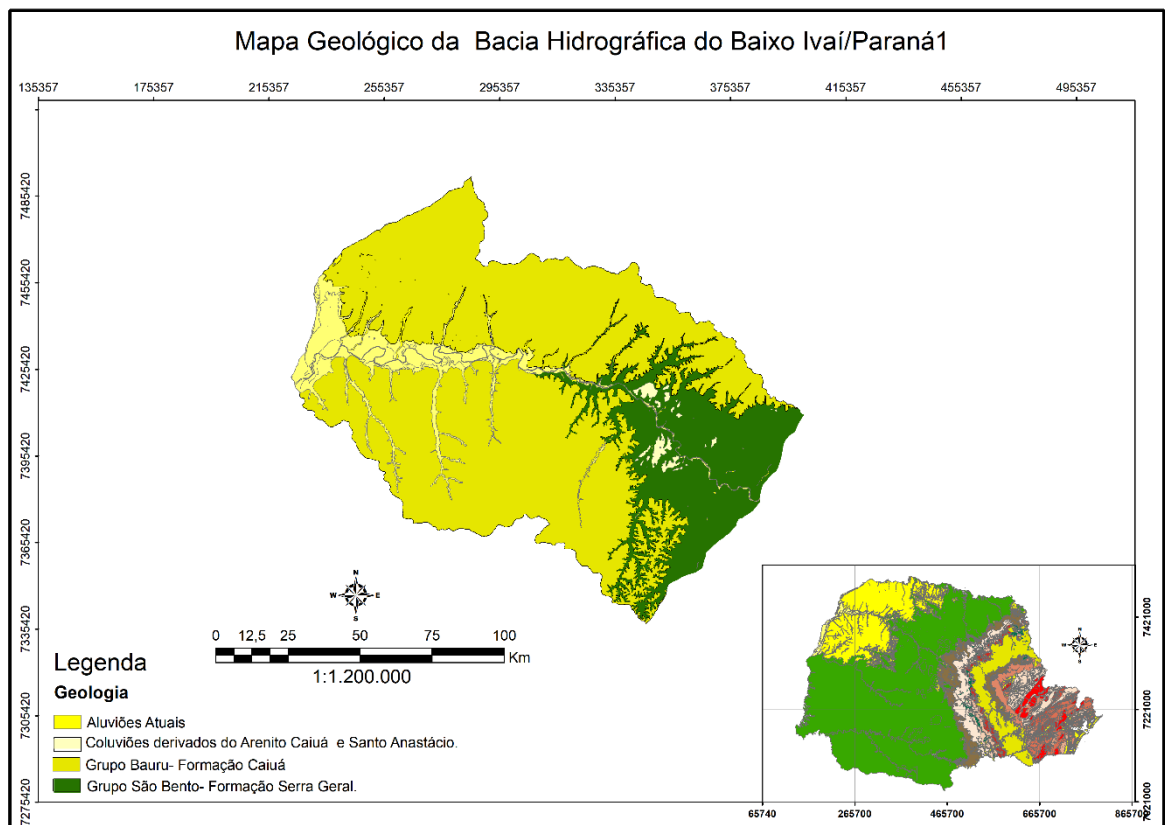
Na área de estudo ocorrem rochas da Formação Serra Geral e do Grupo Caiuá e sedimentos cenozoicos coluvionares e aluvionares (Figura 6).

As rochas da Formação Serra Geral têm composição predominante basáltica e riodacíticas (Bartorelli, 2016), elas são rochas mesozoicas de idade aproximada de 130 Ma. Roselen (1996) em sua dissertação de mestrado descreve as alterações das

rochas basálticas até a formação do solo, sugerindo que os estágios são divididos em três principais, iniciando com a perda de volume, seguido da alteração de feldspatos, piroxênios e magnetita, alterando a coloração da rocha para tons avermelhados, e no terceiro estágio pouco se vê da rocha original (alguns núcleos de rocha são com bordas alteradas) dando lugar a uma matriz argilo-ferruginosa e por fim o solo apresenta textura argilosa de coloração variando de vermelho a amarelo, em termos de resistência a erodibilidade é considerado altamente friável.

Os arenitos do Grupo Caiuá, recobrem a maior parte da área e estão dispostas discordantes sobre unidades do Grupo São Bento e em contato transicional com a Formação Adamantina (Grupo Bauru). Na concepção de Fernandes (1994), o Grupo Caiuá é composto por três formações: Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio, sendo que as três são formadas por arenitos, podendo ser maciços ou com estratificação cruzada de pequeno a médio porte. As três unidades apresentam cores marrom avermelhado a arroxeado, mais pálido para a última, características de *red beds*.

Superposta ao Grupo Caiuá ocorre latossolos de textura arenosa, fina a média, que normalmente apresentam alta estabilidade e baixo risco de erosão, contudo, os latossolos do noroeste do Paraná apresentam maior teor de areia (70 a 90%) e por este motivo, são mais susceptíveis à erosão. Apesar da característica dos solos arenosos de desenvolverem relevo aplainado, na maioria dos casos não são favoráveis ao desenvolvimento de feições erosivas, por não apresentarem boa coesão, tornam-se vulneráveis à instalação dessas feições, geradas pelo escoamento hídrico superficial, tanto concentrado quanto difuso (laminar). Sobre a Formação Serra Geral predominam os nitossolos, argilosos a muito argilosos, estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, apresentam alto risco de erosão devido ao relevo acidentado a que estes solos estão associados (Souza, 2001; Lima *et al.*, 2012; EMBRAPA, 2018).



**Figura 6:** Mapa geológico da área de estudo. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018.

## 2.3 BOAS PRÁTICAS E MEDIDAS ESTRUTURANTES E NÃO ESTRUTURANTES PARA EVITAR OU CONTER EROSÕES LINEARES

### 2.3.1 Sistema plantio direto (SPD)

O SPD é bastante disseminado desde a década de 80, sendo amplamente aceito pelos agricultores da região noroeste, pois esse tipo de plantio é característico por aumentar a concentração de nutrientes nas camadas iniciais do solo, uma vez que não são utilizadas máquinas para a preparo do solo, logo o plantio é realizado sem o uso prévio de máquinas para desagregar o solo, conservando a compactação natural do solo e aumentando a resistência a erosão, principalmente a desagregação pela gota da chuva o chamado “*splash*” (Figura 7), pois as folhagens da colheita anterior é mantida, atuando como uma capa protetora sobre o solo (Bertol *et al.* 2016)

Essa técnica é pouco eficiente se não for associada à o emprego de terraços, plantio em nível e a rotação de culturas, pois a produção de palha e de raízes são insuficientes para gerar uma boa cobertura, ocasionado pela adoção de sistemas pouco diversificados de produção (EMBRAPA, 2018).



**Figura 7:** Efeito “*splash*” no solo sem cobertura vegetal. Fonte: Fontanailles, 2013.

### 2.3.2 Revegetação de voçorocas com espécies nativas e exóticas

A revegetação em uma voçoroca normalmente é iniciada espontaneamente, destacando-se a presença de regeneração natural de espécies nativas, ou de espécies exóticas na borda ou no leito da voçoroca, quando o processo está em níveis avançados, somente o isolamento do local para evitar tráfego de pessoas e animais já é suficiente.

Na ausência de regeneração natural, pode-se intervir com a vegetação por ação antrópica como o plantio de gramíneas, que agirá como anteparo e na dissipação da gota da chuva, pois as raízes ajudarão na estabilidade e infiltração da água no solo, possui rápido crescimento e permite aplicação em grandes áreas em tempo reduzido, como exemplo o capim Vetiver que é uma gramínea perene se adequa a vários climas principalmente tropical e subtropical, são usadas como barreiras para reter sedimentos das enxurdas, formando um terraço de sedimentos atrás da cortina de capim (Guglieri-Caporal *et al.*, 2011; Ferreira, 2015) (Figura 9).

### 2.3.3 Implantação de estratégias físicas para controle da erosão

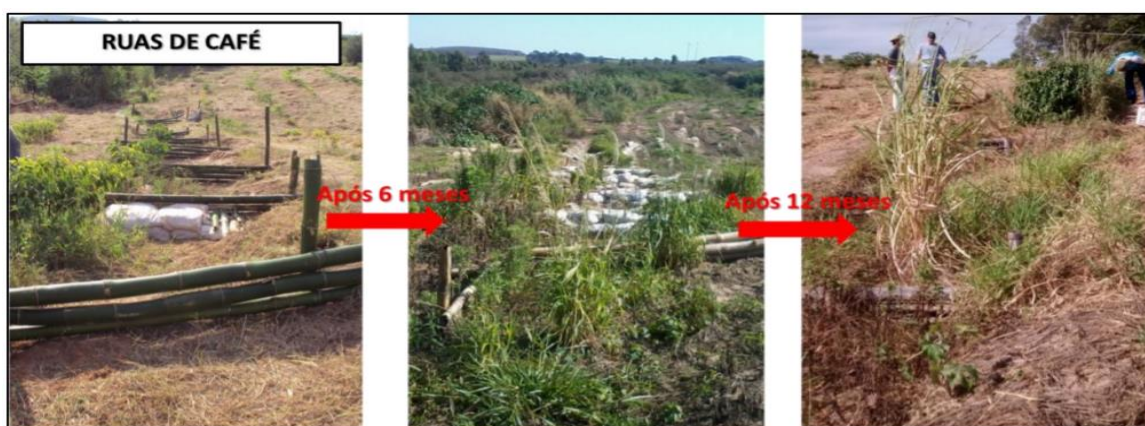
#### a. Uso de paliçadas

As paliçadas são um tipo de barreira física que utiliza estruturas artificiais como madeira e bambu para redução do escoamento da água, interceptando a água e o sedimento, fazendo com que não atinjam energia suficiente para ocasionar perda de solo acima dos limites toleráveis. A principal finalidade é a quebra da força do fluxo erosivo, conseqüentemente retendo os sedimentos (Guimarães *et al.*, 2012).

São construídos transversalmente nos estreitamentos das calhas erosivas e são distanciadas umas das outras seguindo o caimento do solo, pois o topo da paliça

a jusante deve estar nivelado com a base do montante, sendo que quanto mais declivoso o leito da voçoroca, mais próximas elas deverão ser construídas (Figura 8).

Esse tipo de barramento pode e deve estar associado com outras técnicas, como as vegetativas, ou paliças vivas e o uso de sacarias, que são sacos de ráfia preenchidos com restos vegetais, oriundos do roçado das próprias áreas de implantação das estruturas, e com solo. Ambas as técnicas são de baixo custo, mas eficientes para conter processos erosivos (Figura 9).



**Figura 8:** Uso de paliçadas em plantação de café e a regeneração ao longo de um ano. Fonte Baldassarini, 2014.



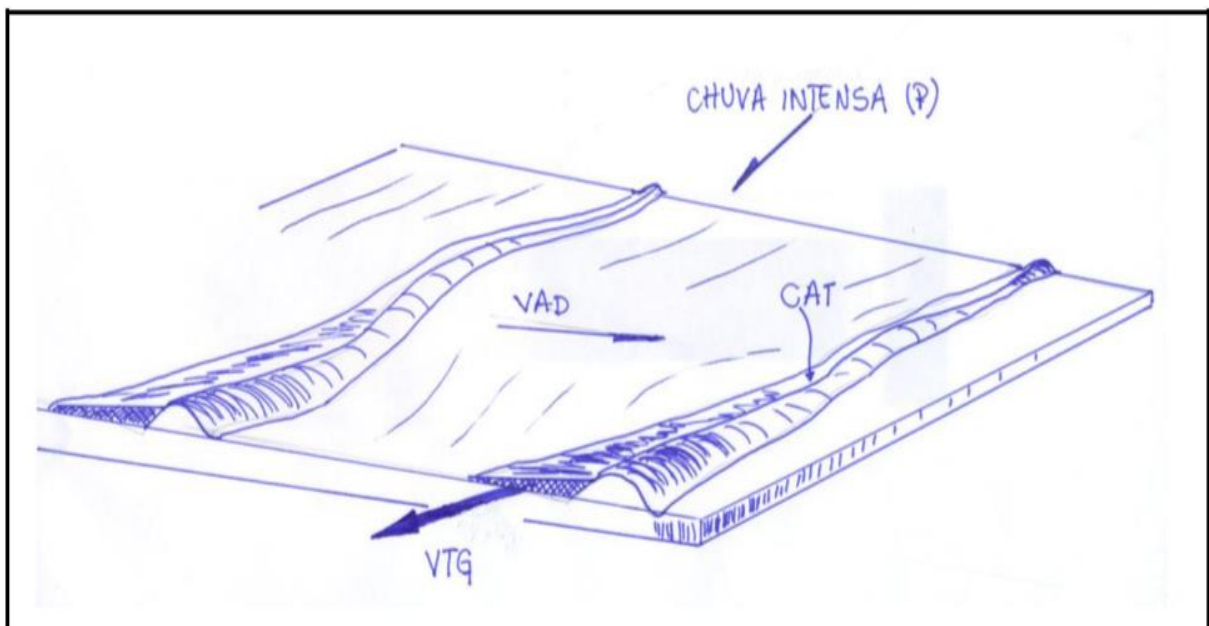
**Figura 9:** Monitoramento entre o momento de construção das barreiras de bambu e doze meses depois do estabelecimento das mesmas. Fonte Baldassarini, 2014.

#### b. Terraços e Bacias de retenção

A construção de terraços e bacias de retenção tem como finalidade o armazenamento da água e sedimentos da enxurrada, localizadas acima da voçoroca, normalmente esse método é associado a contenções por paliças dentro da voçoroca.

Os terraços podem ser construídos em nível, desnível, ou misto, sendo o primeiro construído com as extremidades fechadas a fim de acumular e infiltrar a água, já o segundo conduz a água pelas laterais, indicado para solos pouco permeáveis e com inclinação maior que 12%, e os mistos têm objetivo de acumular água, mas como é construído com um pouco de desnível a água excedida escoa pelas laterais, evitando o rompimento das bordas do terraço (Figura 10) (Carvalho, 2014).

As bacias de retenção, podem ser utilizadas tanto nas áreas agricultáveis quanto na contenção de erosões nas estradas rurais, pois as estradas possuem maior compactação devido ao fluxo de carros e máquinas, dificultando a infiltração da água e servindo como canais de drenagem para a água, e ao construir bacias de retenção nas margens das estradas a água irá desembocar nelas, reduzindo o poder erosivo e posterior infiltração, uma vez que a água estará estagnada na bacia (Figura 11). Nas áreas agricultáveis as bacias terão a mesma função, caso o excesso de água não suportada pelo terraço (Lima, 2006).



**Figura 10:** Modelo de construção de terraços em nível, onde o VAD é a área de drenagem entre dois terraços agrícolas, a vazão do terraço em gradiente (VTG) proporciona que a água escoe pelas laterais e não transborde o terraço e a CAT que delimita a capacidade de armazenamento do terraço. Fonte: Carvalho, 2014.



**Figura 11:** Bacia de retenção de enxurrada. Fonte: MINEROPAR, 2006.

## **2.4 EROSÃO E OS CRITÉRIOS PARA DECRETAÇÃO DE SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA (SE) OU ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA (ECP)**

Muitas ocorrências que envolvem erosões, principalmente as concentradas, como as ravinas e voçorocas, são passíveis de serem enquadradas como desastres de grande porte e muitas vezes não são suportadas pelo município.

O governo municipal inicia uma avaliação dos danos causados ao município, seja na esfera pública e/ou privada. Para que ocorra a decretação o desastre deverá ser caracterizado, considerando os danos humanos, ambientais e materiais, bem como os prejuízos econômicos e sociais, determinando a sua intensidade de acordo com a Instrução Normativa nº 02, de 20 de dezembro de 2016 são classificadas em três níveis:

- a) nível I - desastres de pequena intensidade;
- b) nível II - desastres de média intensidade;
- c) nível III - desastres de grande intensidade.

Os desastre de nível I são aqueles em que o município tem condições de se reestabelecer com recursos próprios, pois nesse caso os danos não interferem substancialmente na rotina da cidade, podendo, ou não, pedir uma complementação

com recursos estaduais e federais. Os de nível II são aqueles que geram prejuízos e necessitam de complemento do recurso estaduais e federais, em que a normalidade foi comprometida e obras necessitam ser realizadas para reverter o quadro. Os desastres nível III são notavelmente graves, comprometendo a mobilidade urbana, no qual ruas e pontes são destruídas, o abastecimento de água é suspenso, além de perdas humanas. Para reestabelecer os serviços básicos após o desastre há a mobilização e ação das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional (CEPDEC, 2018).

Para decretar situação de emergência (SE) ou estado de calamidade pública (ECP) o município terá que caracterizar os níveis II ou III, da seguinte forma:

*“Art. 3º. Os desastres de nível II são caracterizados pela ocorrência de ao menos dois danos, sendo um deles obrigatoriamente danos humanos que importem no prejuízo econômico público ou no prejuízo econômico privado que afetem a capacidade do poder público local em responder e gerenciar a crise instalada;  
Art. 4º. Os desastres de nível III são caracterizados pela concomitância na existência de óbitos, isolamento de população, interrupção de serviços essenciais, interdição ou destruição de unidades habitacionais, danificação ou destruição de instalações públicas prestadoras de serviços essenciais e obras de infraestrutura pública”. (Instrução Normativa, nº02 de 20 dez. 2016 do Ministério da Integração Nacional).*

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS**

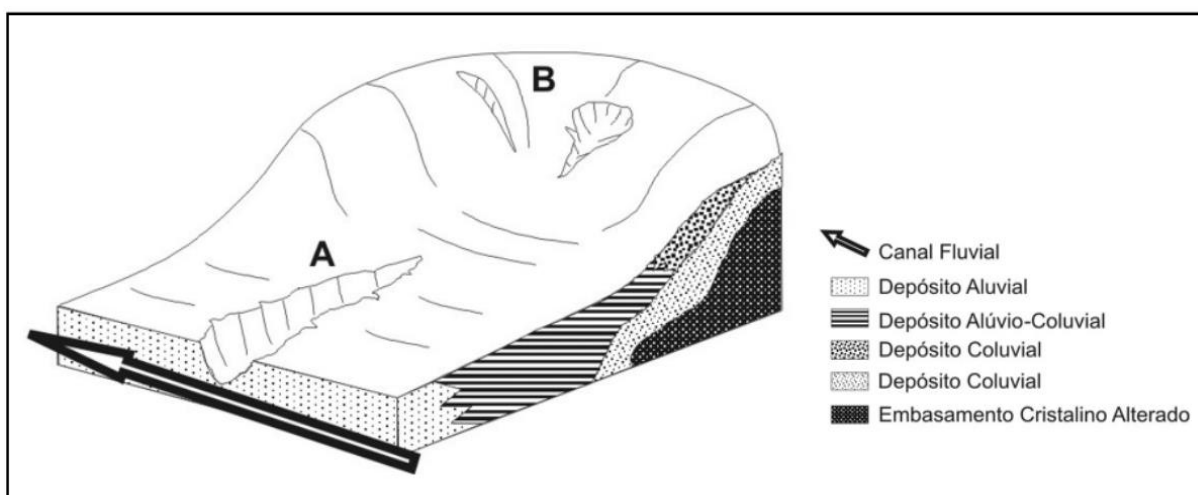
A pesquisa é baseada em levantamentos bibliográficos e estatísticos acerca dos assuntos relacionados a erosão e abrange principalmente as erosões lineares, como os sulcos, ravinas e voçorocas. Inicialmente foram coletados artigos em *sites* especializados como Scielo, Revista Brasileira de Geociências, Revista Brasileira de Geografia, Elsevier, além da consulta em trabalhos acadêmicos, a fim de aprofundar as áreas específicas sobre o assunto.

Os dados geoespacializados como a geologia da área, aptidão de solos, declividade e clima por região foram extraídos do *site* do ITCG, enquanto os dados relativos a geoespacialização dos pluviômetros foram levantados do *site* do Instituto das Águas (ÁGUAS PARANA), assim como o histórico pluviométrico de todo o período

de interesse. Todos os dados coletados são de abrangência estadual e foram adaptados as necessidades da pesquisa.

Para o mapeamento das voçorocas ativas imagens de satélite do ano de 2018 disponibilizadas pelo *software* da Google o *Google Earth Pro* foram analisadas, a fim de identificar e quantificar as feições. Os critérios utilizados para determinar a existência de uma voçoroca foram a identificação de taludes (paredes) nos canais erosivos, com declives acentuados e exposição de materiais (cicatrices expostas), assim como a exposição das suas calhas, como indicadores de condição de atividade. Ao fim do levantamento foram evidenciadas 330 cicatrizes, todas com extensão maior do que 50m de comprimento, conectadas, ou não, com a rede de drenagem (Figura 12).

As ocorrências envolvendo erosão foram quantificadas através da consulta ao banco de dados da Defesa Civil Estadual pelo sistema de defesa civil (SISDC) através do *software online* de gerenciamento de dados *Business Intelligence* (BI), no qual foram levantados as FIDE's e planilhas listando os prejuízos públicos e privados nos meses em que os eventos são mais recorrentes, quantas vezes ocorrem durante o ano e quais decretaram situação de emergência (SE) ou estado de calamidade pública (ECP).



**Figura 12:** Imagem ilustrativa para exemplificar as feições identificadas nas imagens de satélite. Fonte: Salgado *et al.*, (2008).

### 3.2 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a elaboração de mapas e correlação de informações em ambiente SIG utilizou-se do *software Quantum GIS 2.18* do grupo *Las Palmas*.

Com as coordenadas dos pluviômetros, foi confeccionado um *buffer* de 20 km entorno da área de estudo, a fim de incluir os que não estão inseridos na bacia, mas que possam influenciar na média de chuvas na bacia, sendo que nesse levantamento 27 pluviômetros foram identificados (Tabela 2).

Para calcular a precipitação média de uma superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dos pluviômetros dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças e para isso três métodos para o cálculo da chuva média são utilizados: método da Média Aritmética, método de Thiessen e método das Isoietas.

O levantamento utilizado foi o método de Thiessen para calcular a precipitação para cada polígono de influência, nesse método a topografia não é levada em consideração e é possível servir-se inclusive dos pluviômetros localizados fora da bacia, não acarretando em perdas de informação ou comprometimento do dado, pois na bacia em questão a declividade não passa dos 10%, sendo praticamente plana (Figura 13 e 14).

Para o cálculo, a bacia é dividida em vários polígonos, que são as áreas de “domínio” de um posto pluviométrico. Considera-se que no interior dessas áreas a altura pluviométrica é a mesma do respectivo posto, sendo possível calcular a média para toda a bacia e relacionando todas as informações através da fórmula:

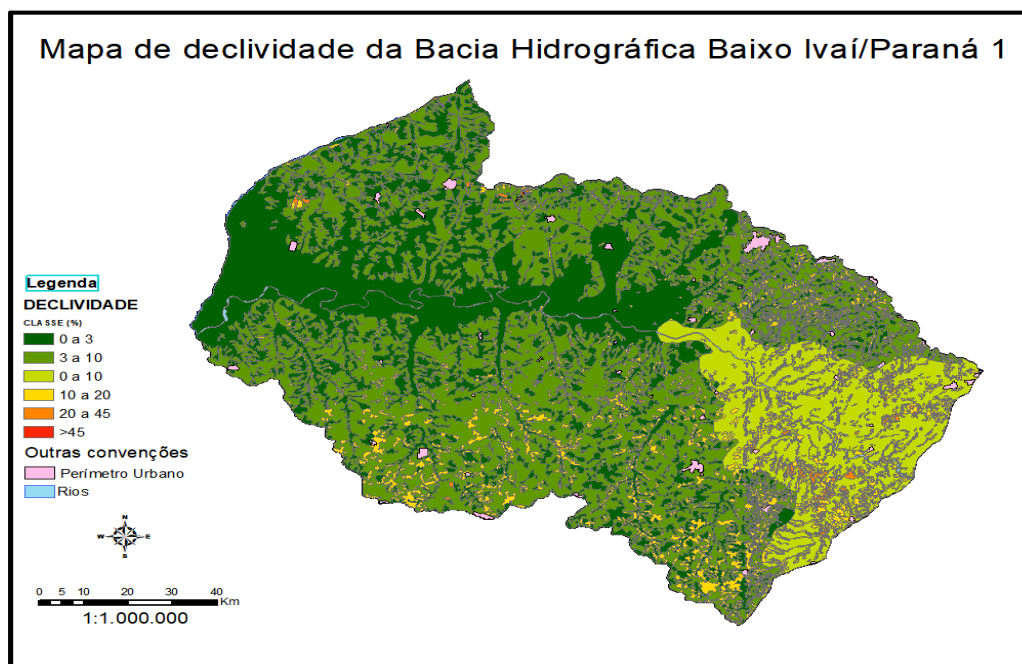
$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \bar{P}_i}{A}$$

onde P é a precipitação média na bacia (mm);

P<sub>i</sub> é a precipitação no posto i (mm);

A<sub>i</sub> é a área do respectivo polígono, dentro da bacia (Km<sup>2</sup>);

A é a área total da bacia.



**Figura 13:** O relevo na área de estudo é relativamente plano, não passando dos 10% de declividade.  
Fonte: Adaptado de ITCG, 2018.

**Tabela 2:** Síntese do levantamento das estações pluviométricas da área de estudo

Município	Nome da estação	Lat.	Long.	Alt.
Amaporã	Amaporã	7445871	317143	394
Campo Mourão	Campo Mourão	7339816	360902	589
Cianorte	Igaritê	7367696	332720	570
Cidade Gaúcha	Cidade Gaúcha	7412746	301248	420
Cruzeiro do Oeste	Cruzeiro do Oeste	7368768	287770	478
Douradina	Douradina	7413992	266572	448
Floraí	Floraí	7419976	367092	518
Guairaça	Fazenda Novo Matão	7460832	315393	457
Icaraíma	Icaraíma	7411597	232488	449
Indianópolis	Indianópolis	7401954	326197	499
Japurá	Japurá	7403913	341641	498
Loanda	Fazenda Erechim	7461787	289650	444
Maria Helena	Maria Helena	7387411	275049	370
Maringá	Maringá	7409982	402891	539
Nova Esperança	Ivaitinga	7431217	361846	494
Ourizona	Ourizona	7411179	377732	558
Planaltina do Paraná	Gaúchinha	7438585	300787	352
Querência do Norte	Icatu	7457220	254268	397
Umuarama	Umuarama-IAPAR	7373408	267219	479
Tuneiras do Oeste	Canaã	7354678	300963	457
Tapira	Tapira	7419520	288284	399
Tapejara	Ouro Verde	7381075	298417	445
São Pedro do Paraná	Leoni	7477502	278305	417
Santa Mônica	Aparecida do Ivaí	7434661	288409	298
Santa Cruz de Monte Castelo	Santa Cruz de Monte Castelo	7459357	264749	390
Rondon	Porto Paraiso do Norte	7419560	329512	248
Paranavaí	Est. Criação do Estado	7446514	353167	477

Fonte: Águas Paraná, 2018.



**Figura 14:** Vista do Morro Três Morrinhos no município de Terra Rica, na imagem podemos observar o relevo praticamente plano predominante na área de estudo. Fonte: MINEROPAR, 2006.

Através dos dados levantados pelo sistema da Defesa Civil, foram elaborados tabelas e gráficos, compilando-os com parâmetros quantitativos e qualitativos em forma de tabela para determinar quantos e em quais municípios foram atingidos por desastres relativos a erosões e quais atingiram parâmetros para decretação de Situação de emergência ou Estado de calamidade Pública. Gráficos quantitativos também foram utilizados a fim de representar os prejuízos públicos e privados, cruzando essas informações com meses e anos com maior índice de ocorrências. Para a elaboração e estruturação dos gráficos e tabelas foi utilizado o *Excel 365* da empresa *Microsoft*.

## **4 RESULTADOS E DISCUSÕES**

### **4.1 DANOS E PREJUÍZOS ASSOCIADOS A EROSÃO**

A pesquisa foi baseada no levantamento de ocorrências do banco de dados da Defesa Civil Estadual, com foco nas Bacias Hidrológicas do Baixo Ivaí e Paraná 1, ambas no noroeste do estado do Paraná, para filtrar de maneira mais específica as ocorrências que se enquadram na tratativa desse trabalho foram selecionados COBRADES (Código Brasileiro de Desastres) que envolvessem erosão, como erosão continental - voçorocas, erosão continental – laminar, erosão continental ravinhas, erosão de margem fluvial, enxurradas e deslizamentos. Considerou-se deslizamentos

e erosão de margem fluvial, pois na maioria das vezes esse tipo de evento está relacionado a erosões, pois os deslizamentos nessa região ocorrem normalmente por erosão na base de taludes, ou nas bordas laterais de voçorocas, a erosão de margem fluvial também ocorre associada a outro tipo de erosões. Todas as ocorrências foram analisadas individualmente a fim de constatar a veracidade da informação.

Após o levantamento foram identificadas 52 ocorrências, dentre elas 45 relacionadas a enxurradas, 4 a voçorocas, 2 a erosões laminar e 1 a deslizamento. Dessas ocorrências algumas foram mais relevantes aos municípios, pois se enquadram como situação de emergência (SE) (grifadas em azul) ou estado de calamidade pública (ECP) (grifada em vermelho)(Tabela 3). Estas são identificadas quando os prejuízos superam a esfera municipal, sendo necessário o auxílio do governo estadual ou federal, e todos os critérios e procedimentos para caracterização de situação de emergência/estado de calamidade pública, bem como seu reconhecimento federal são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 002, de 20 de dezembro de 2016 e no item 2.4.

**Tabela 3:** Dados relativos aos Municípios afetados com data e tipo de desastre sofrido

Município	Dia	Mês	Ano	Nº FIDE	Tipo de desastre
Rondon	17	02	2015	75	Enxurradas
Umuarama	03	05	2015	161	Erosão Continental - Voçorocas
Umuarama	08	07	2015	201	Enxurradas
Amaporã	10	07	2015	230	Enxurradas
Loanda	13	07	2015	233	Enxurradas
Cianorte	15	07	2015	276	Enxurradas
Icaraíma	17	07	2015	293	Enxurradas
Santa Mônica	22	10	2015	539	Deslizamentos
Mandaguaçu	01	11	2015	686	Erosão Continental - Laminar
Icaraíma	16	11	2015	579	Erosão Continental - Voçorocas
Querência do Norte	17	11	2015	568	Enxurradas
Santa Cruz de Monte Castelo	17	11	2015	569	Enxurradas
Tapejara	25	11	2015	120	Enxurradas
Amaporã	25	11	2015	615	Enxurradas
Guairaçá	25	11	2015	618	Enxurradas
Planaltina do Paraná	25	11	2015	620	Enxurradas
Campo Mourão	23	11	2015	625	Enxurradas
Nova Esperança	25	11	2015	631	Enxurradas
Paranavaí	25	11	2015	632	Enxurradas
São Carlos do Ivaí	25	11	2015	633	Enxurradas
Paraíso do Norte	25	11	2015	641	Enxurradas
Tuneiras do Oeste	25	11	2015	642	Enxurradas
São Tomé	26	11	2015	645	Enxurradas
Rondon	26	11	2015	628	Enxurradas
Presidente Castelo Branco	27	11	2015	646	Enxurradas
Cruzeiro do Oeste	29	11	2015	622	Enxurradas

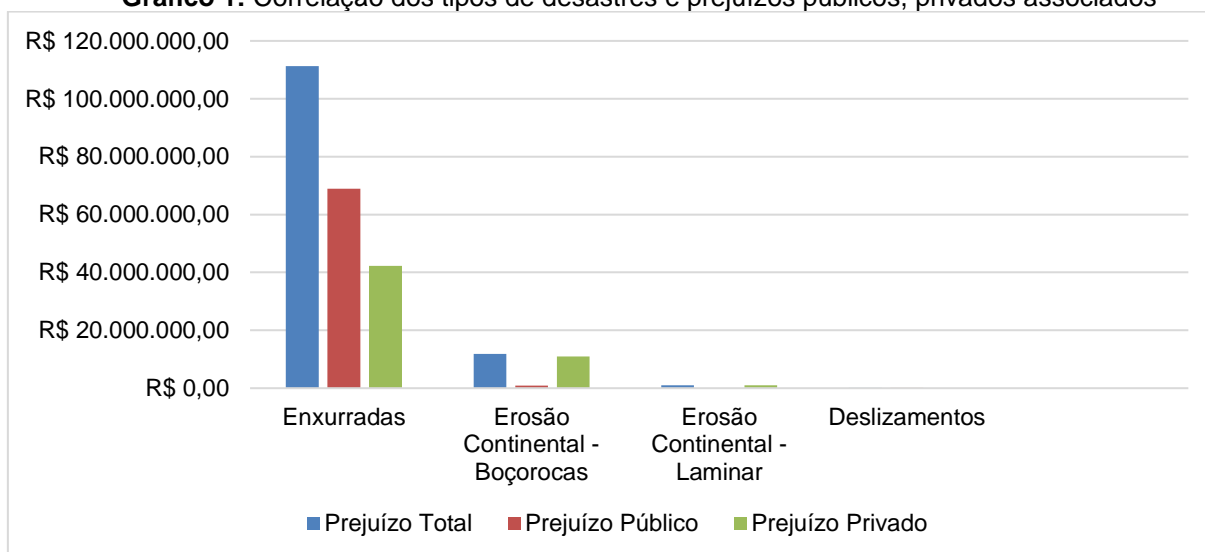
Araruna	10	12	2015	711	Enxurradas
Querência do Norte	19	12	2015	693	Erosão Continental - Laminar
Icaraíma	21	12	2015	695	Enxurradas
Querência do Norte	26	12	2015	702	Enxurradas
<b>Tapira</b>	<b>08</b>	<b>01</b>	<b>2016</b>	<b>44</b>	<b>Enxurradas</b>
Maringá	11	01	2016	24	Enxurradas
Nova Esperança	11	01	2016	41	Enxurradas
<b>Mandaguaçu SE</b>	<b>11</b>	<b>01</b>	<b>2016</b>	<b>60</b>	<b>Enxurradas</b>
Mirador	11	01	2016	72	Enxurradas
Presidente Castelo Branco	11	01	2016	78	Enxurradas
Alto Paraná	12	01	2016	84	Enxurradas
<b>Loanda</b>	<b>05</b>	<b>02</b>	<b>2016</b>	<b>113</b>	<b>Enxurradas</b>
Cianorte	22	02	2016	142	Erosão Continental - Voçorocas
<b>Araruna</b>	<b>22</b>	<b>02</b>	<b>2016</b>	<b>145</b>	<b>Enxurradas</b>
São Tomé	23	02	2016	141	Enxurradas
Umuarama	09	05	2016	246	Enxurradas
<b>Maria Helena</b>	<b>09</b>	<b>05</b>	<b>2016</b>	<b>247</b>	<b>Enxurradas</b>
Loanda	21	01	2017	49	Enxurradas
Querência do Norte	02	02	2017	48	Enxurradas
Araruna	20	05	2017	172	Erosão Continental - Voçorocas
Tuneiras do Oeste	26	05	2017	201	Enxurradas
Umuarama	27	05	2017	187	Enxurradas
Santa Isabel do Ivaí	30	10	2017	474	Enxurradas
Tuneiras do Oeste	30	10	2017	485	Enxurradas
Paçandu	07	12	2017	596	Enxurradas

Fonte: CEPDEC, 2018 e ÁGUAS PARANÁ, 2018.

#### 4.1.1 Os custos da erosão

Os prejuízos públicos e privados por tipo de ocorrência também foram levantados, sendo critérios essenciais para o enquadramento em situação de emergência ou estado de calamidade pública do município. Analisando o Gráfico 1, observamos que as enxurradas são as que ocorrem com maior frequência e também as que geram maior prejuízo, principalmente públicos, pois as estruturas mais comprometidas pelas enxurradas são os aparelhos viários, como estradas rurais e galerias pluviais e as consequências são erosões lineares como sulcos e ravinas. Os prejuízos relacionados a voçorocas foram exclusivamente privados, o que explica a maior incidência nas áreas agriculturáveis, devido ao desmatamento e exposição do solo, ou também pela preparação da terra para o plantio, pois esses fatores são predisponentes a erosões lineares como as voçorocas.

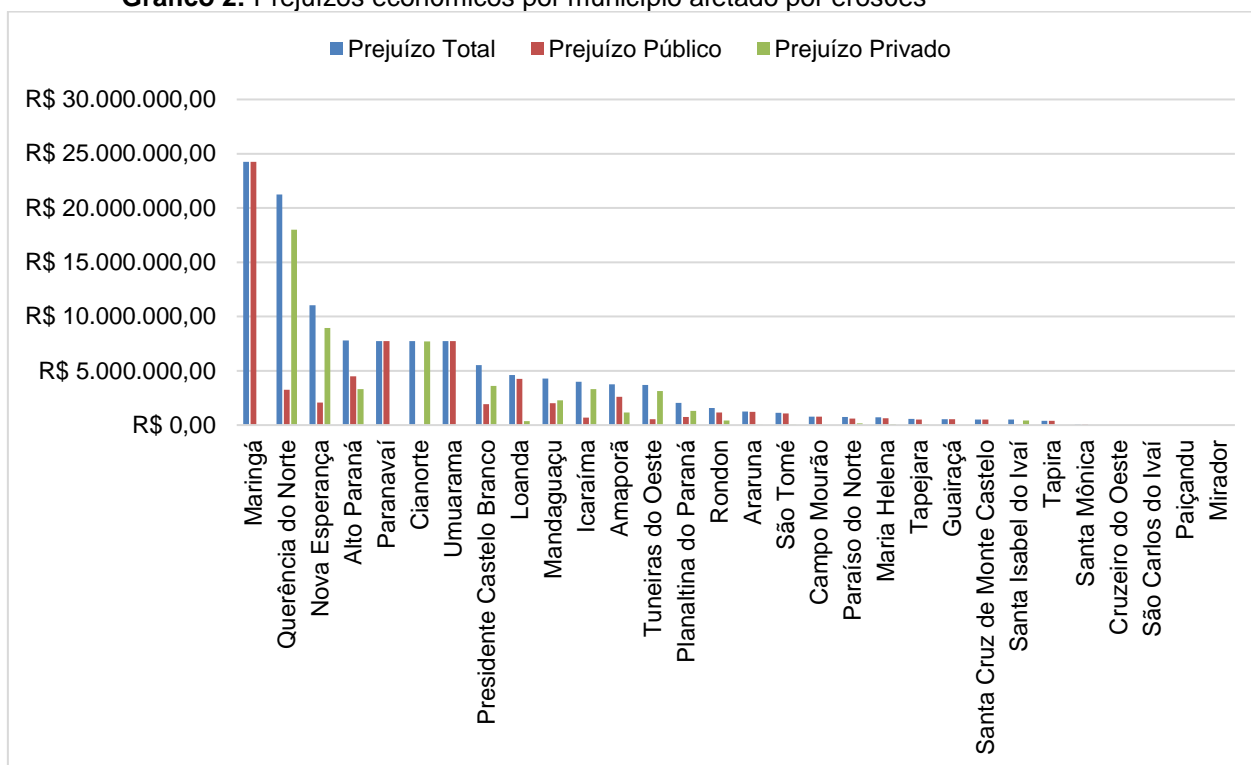
**Gráfico 1:** Correlação dos tipos de desastres e prejuízos públicos, privados associados



Fonte: CEPDEC, 2018.

Os prejuízos por município também foram analisados e apresentaram valores expressivos, como os municípios de Maringá que teve um total de quase R\$ 21.300.000,00, mas com Receita Corrente Líquida (RCL) anual de R\$ 807.320.296,37, no confronto de dados podemos avaliar a capacidade de superar os prejuízos apenas com a receita municipal, sendo incompatível com a do município de Querência do Norte que possui uma RCL anual de R\$ 22.393.615,87 (Defesa Civil Estadual) e teve prejuízo da monta de R\$ 21.300.000,00, extrapolando a capacidade de reação do município e justificando a decretação de ECP, pois as perdas das outras duas ocorrências foram irrisórias. Segundo o FIDE registrado no SISDC, foram atingidas aproximadamente 8.415 mil pessoas (71% da população), devido queda de pontes e inundações, tendo dificuldade de acessos a escolas e rodovias (Gráfico 2).

**Gráfico 2:** Prejuízos econômicos por município afetado por erosões



Fonte: CEPDEC, 2018.

#### 4.1.2 Estimativa de prejuízos sofridos pela população e pelo município no período de estudo

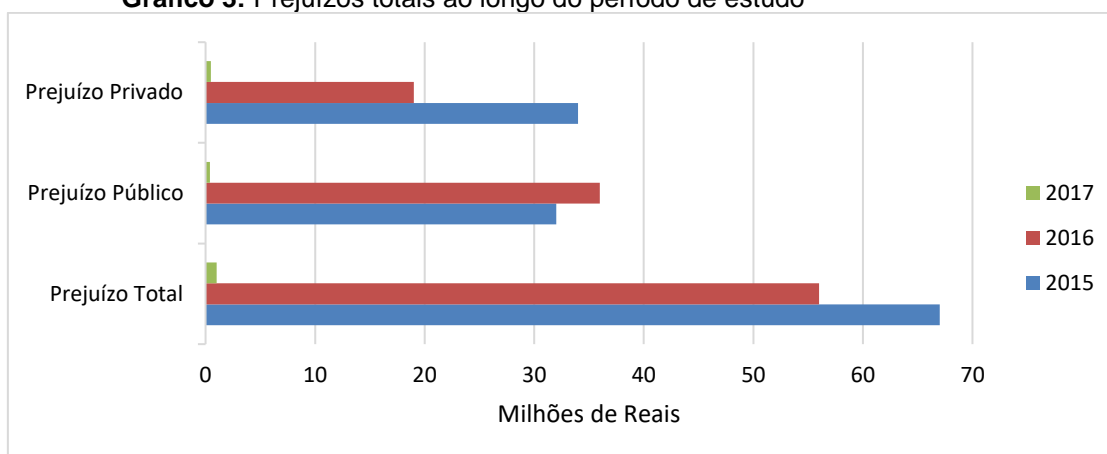
O ano de 2017 apresentou o menor número de ocorrências e consequentemente registrou menos prejuízos relacionados a erosão, por outro lado em 2015 e em 2016 foram os anos mais significativos em prejuízos e ocorrências (Gráfico 3). Isso ocorreu devido ao fenômeno *El Niño* durante o período 2015/16 e sua classificação é de acordo com o índice ONI (*Oceanic Niño Index*), que calcula trimestralmente a temperatura média da superfície do mar (TSM) na região do *Niño* 3.4 (5°N-5° S, 120° -170°W, sobre o Pacífico Equatorial Tropical), foi de intensidade “Muito Forte” (Tabela 4), resultando em longos períodos de intensa precipitação pluviométrica associada a rajadas de vento e granizo em todo o Sul do Brasil e consequentemente no noroeste paranaense.

O EN é um fenômeno oceânico caracterizado pelo aquecimento das águas do Pacífico, nas proximidades da costa peruana. As correntes de águas quentes que circula nesta região, em geral, na direção sul no início do verão, somente recebe o nome de *El Niño* quando a anomalia térmica atinge valores elevados acima da média térmica, que é de 23°C. Em termos sazonais, o fenômeno tem início com mais

frequência próximo à época na qual se comemora o Natal, o que explica o nome de origem espanhola, “O Menino”, uma referência ao menino Jesus (Mendonça; Oliveira, 2011).

Os principais efeitos no Brasil são o aumento anormal das temperaturas e chuvas no Sul e Sudeste e secas severas no Nordeste. Segundo Ferreira *et al.* (2017) em estudo realizado sobre o assunto, as relações entre as médias históricas mensais para o período de novembro de 2014 a maio de 2016 para a cidade de Paranavaí-PR, ultrapassaram em 1086 mm, sendo quase 43% acima da média, que era de 2538 mm (Gráfico 4). Em correlação a esses dados também foi realizado o levantamento dos meses com maior índice de ocorrências, no período de janeiro de 2015 a janeiro de 2017, somando-se 51, das quais 33 ocorreram de novembro de 2015 a fevereiro de 2016 (Gráfico 5).

**Gráfico 3:** Prejuízos totais ao longo do período de estudo



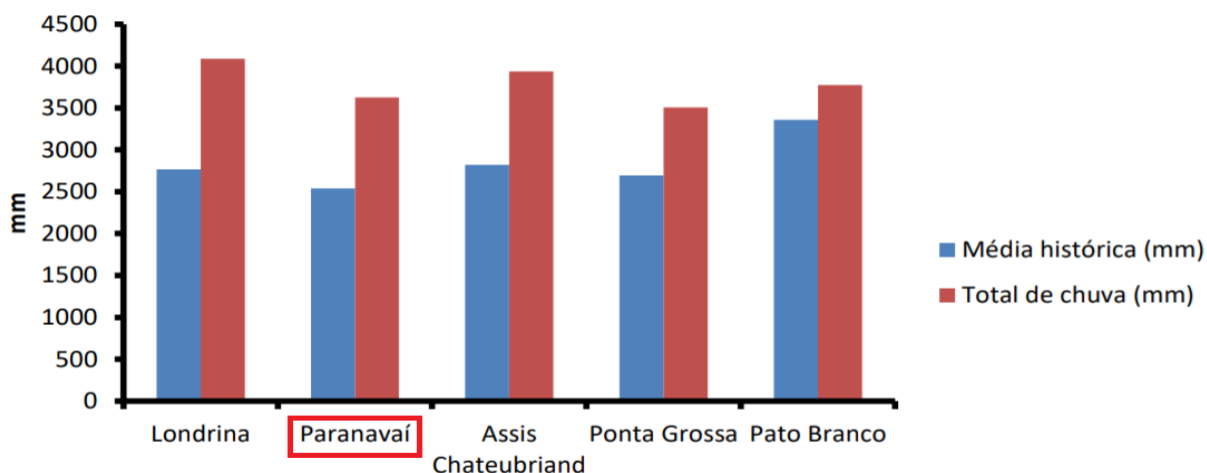
Fonte: CEPDEC, 2018.

**Tabela 4:** Classificação dos anos com *El Niño* e *La Niña* por intensidade, de acordo com os valores do índice ONI, de 1972 a 2016.

<b>El Niño</b>				<b>La Niña</b>		
<b>Fraco</b>	<b>Moderado</b>	<b>Forte</b>	<b>Muito Forte</b>	<b>Fraco</b>	<b>Moderado</b>	<b>Forte</b>
<b>1976-77</b>	<b>1963-64</b>	<b>1972-73</b>	<b>1982-83</b>	<b>1983-84</b>	<b>1998-99</b>	<b>1973-74</b>
<b>1977-78</b>	<b>1986-87</b>		<b>1997-98</b>	<b>1984-85</b>	<b>1999-00*</b>	<b>1975-76</b>
<b>1979-80*</b>	<b>1987-88*</b>		<b>2015-16</b>	<b>1995-96</b>	<b>2007-08</b>	<b>1988-89</b>
<b>1994-95*</b>	<b>1991-92</b>			<b>2000-01</b>		<b>2010-11</b>
<b>2004-05</b>	<b>2002-03</b>			<b>2011-12</b>		
<b>2006-07</b>	<b>2009-10</b>					

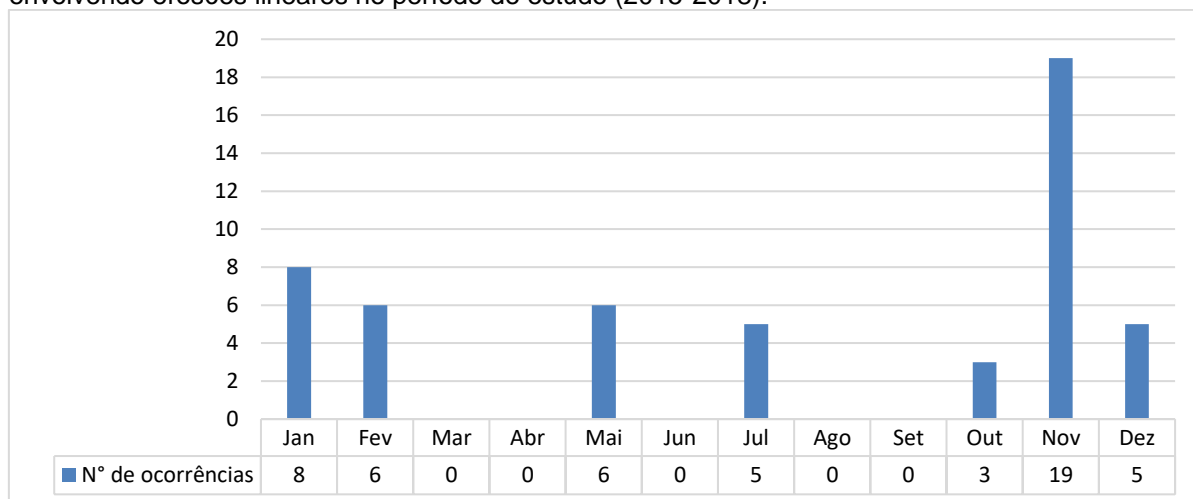
Fonte: Ferreira *et al.* (2017).

**Gráfico 4:** Totais acumulados de chuva durante o evento *El Niño*, de novembro de 2014 a maio de 2016, comparado à média histórica no mesmo período em cinco locais do Paraná com destaque para Paranavaí



Fonte: Adaptado de Ferreira *et al.* (2017).

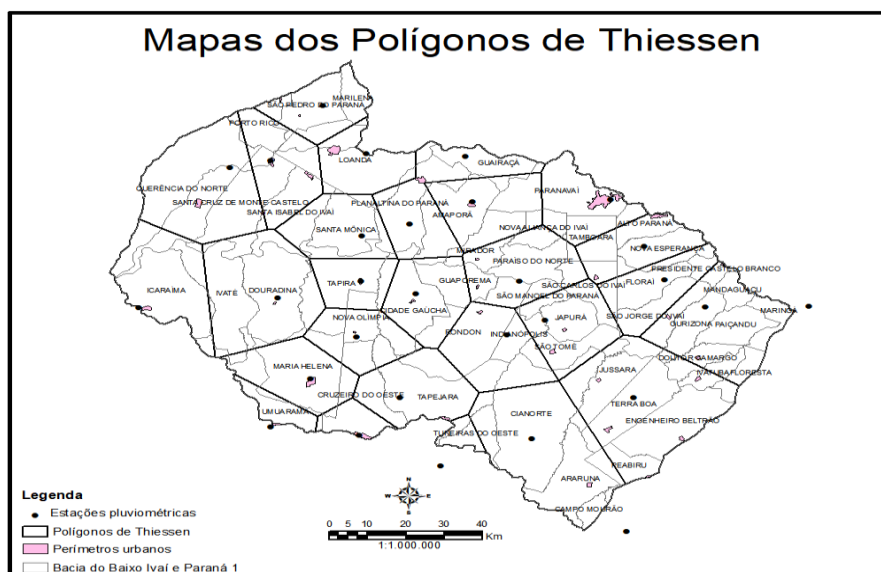
**Gráfico 5:** Meses em que houve maior ou menor número de registros de eventos desastrosos envolvendo erosões lineares no período de estudo (2015-2018).



Fonte: CEPDEC, 2018.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA EVENTOS CRÍTICOS DE CHUVA

A escolha dos pluviômetros mais representativos para cada município afetado por erosão, foram os que se localizavam mais próximos dos locais onde foram indicados como afetados por processos erosivos, para os demais foi utilizado o método de polígonos de Thiessen, o qual delimita áreas de influência dos pluviômetros, chamado de áreas de “domínio” de um posto pluviométrico. O método considera que no interior dessas “áreas de domínio” a altura pluviométrica é a mesma do respectivo posto (Figura 15).



**Figura 15:** Figura mostrando os polígonos gerados a partir do método de Thiessen, cada polígono corresponde a uma área de influência associada a um pluviômetro. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018.

Através dos dados obtidos com os acumulados das precipitações foi realizado um estudo estatístico observando o evento chuva (acumulado da precipitação durante dias consecutivos de chuva, considerando a estiagem como limitador de evento), obtendo dois parâmetros, um envolvendo as 52 ocorrências (geral) e outro com 12 (relacionadas a eventos que geraram decretações) (Tabela 5).

**Tabela 5:** Acumulados para cada evento de chuva por município afetado

Município	Acum.	Município	Acum.	Município	Acum.
Rondon	101,8	Nova Esperança	23	Mirador	92,9
Umuarama	80,9	Paranavaí	162,3	Presidente Castelo Branco	162,2
Umuarama	218,5	São Carlos do Ivaí	214,1	Alto Paraná	227,4
Amaporã	227,90	Paraíso do Norte	148	Loanda	42,30
Loanda	110,7	Tuneiras do Oeste	149,10	São Tomé	327,1
Cianorte	210,9	<b>São Tomé</b>	<b>214</b>	Cianorte	164,1
Icaraíma	115,2	Pres. Castelo Branco	62,80	<b>Araruna</b>	<b>164,1</b>
Tapejara	198,9	Mandaguaçu	121,2	Umuarama	256,2
Santa Mônica	99,2	Querência do Norte	90,2	<b>Maria Helena</b>	<b>216,1</b>
Querência do Norte	181,1	Icaraíma	93,3	Querência do Norte	56
Santa Cruz de Monte Castelo	181,1	Querência do Norte	135,2	Loanda	25,6
Icaraíma	224,7	Araruna	23,70	Araruna	169,6
Amaporã	191,4	Maringá	271,6	Umuarama	58,6
Guairaçá	150	Nova Esperança	202,3	Tuneiras do Oeste	178,2
Planaltina do Paraná	121	<b>Tapira</b>	<b>144,1</b>	Santa Isabel do Ivaí	195,4
Cruzeiro do Oeste	208,2	<b>Mandaguaçu</b>	<b>175,6</b>	Tuneiras do Oeste	114,2
Campo Mourão	63,7	<b>Rondon</b>	<b>148</b>	Paçandu	114,9

As quadriculas marcadas na cor azul são correspondentes as ocorrências com decretos de SE.

**Acum.**= Acumulado de chuva consecutiva

Fonte: O Autor, 2018.

**Tabela 6:** Resultados encontrados para os acumulados

<b>Resultados</b>	<b>Acumulados de chuva para todas os eventos (geral)</b>	<b>Acumulados de chuva com decreto</b>
Mínimo	23 mm	101,8 mm
Máximo	327 mm	218,5 mm
Amplitude total ( $x_{\max} - x_{\min}$ )	327 - 23 = 304 mm	218,5 - 101,8 = 116,7 mm
)	149,58 mm	167,95 mm
Média	150 mm	169,85 mm
Mediana	72,2 mm	39 mm
Desvio padrão	0,48 ou 48 %	0,23 ou 23 %
Coeficiente de variação	10,1 mm	11,25 mm
Erro padrão	19,79 mm	22 mm
Erro amostral		
<b>Intervalo de confiança de 95%</b>	<b>129,79 mm a 169,37</b>	<b>145,95 mm a 189,95</b>

Fonte: O Autor, 2018.

#### 4.2.1 Interpretação dos resultados estatísticos encontrados

Observa-se que a distribuição é assimétrica, pois a média e a mediana não são exatamente iguais, além da amplitude ser muito expressiva, principalmente nas ocorrências gerais. O coeficiente de variação para acumulados de chuva geral é considerado é muito alto (48%), o que indica baixa precisão, e para as acumulados de chuva que geraram desastres com decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública o coeficiente encontrado foi de 23%, o que indica uma precisão regular, mas com coeficiente de variação alto (Tabela 7). A margem de erro apresentada é pequena comparada à média de precipitação, pois varia entre 19 a 22 mm para ambos os casos e assim o intervalo de confiança de 95% indica que a média real de evento chuva crítica para erosões lineares encontra-se dentro dos limites do intervalo, ou seja, a probabilidade de que acumulados de chuva consecutiva menores que ~130mm ou ~146 mm resultem em desastres relacionados a erosão linear é de apenas 5 %.

**Tabela 7:** Classificação de coeficientes de variação com respeito a precisão de processos

<b>Faixa</b>	<b>precisão</b>	<b>cv</b>
entre 10% e 15%	ótima	baixo
entre 15% e 20%	boa	médio
entre 20% e 30%	regular	alto
maior do que 30%	muito ruim (ou péssima)	muito alto

Fonte: Ferreira, 1991.

#### 4.3 LEVANTAMENTO DE PONTOS COM INDÍCIOS DE VOÇOROCAMENTO A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITE

Com o intuito de quantificar e geoespacializar os pontos onde é possível identificar as feições de voçorocas, utilizando imagens de satélite CNES/Airbus disponibilizadas pelo software da *Google Corporation* o *Google Earth Pro*, datadas de 09/10/2018, nas quais foi realizada uma varredura de maneira manual com altitude do ponto de visão próximo de 2 km em toda a Bacia Hidrológica do Baixo Ivaí e Paraná 1 em busca de sinais como (Figura 16):

- Exposição do solo em meio a plantações;
- Incisões no solo;
- Rompimento de curvas de nível;
- Ruptura em estradas e ruas;
- Desembocaduras de emissários;
- Áreas marginais a loteamentos.



**Figura 16:** Voçoroca na área rural de Cianorte, podemos visualizar como essas feições são marcantes no relevo. Fonte Google Earth, 2018.

Ao fim desse levantamento foram identificadas 330 feições de voçorocas (Tabela 8), como parâmetro de identificação foi contabilizado apenas as que tinham comprimento maior que 50m (Figura 17). As profundidades não foram possíveis de aferir, mas pela discrepância na coloração e na textura, foi possível inferir que se tratava de horizontes mais profundos do solo.

Observou-se voçorocas em vários estágios de formação e regeneração, principalmente nas áreas rurais (Figura 16), pois nesses locais o solo é afetado continuamente a cada safra e como é do interesse do produtor manter o solo em nível

para que continue a usá-lo para plantar, várias intervenções são feitas com objetivo de conter essas erosões.

Na área urbana as voçorocas ocorrem principalmente nas desembocaduras de emissários, normalmente escavados pela erosão remontante nas cabeceiras, deixando exposto o manilhamento (Figura 19), outro fator agravante é o depósito de lixo nesses locais, pois não há conscientização da população nesse sentido (Figura 18).

No contexto geral as voçorocas se instalam próximas aos divisores de água, nas cabeiras das drenagens, normalmente um pouco acima da mata ciliar, ao adentrar a mata ciliar a voçoroca tende a estagnar, mas a montante a erosão é alimentada pela erosão das cabeceiras.

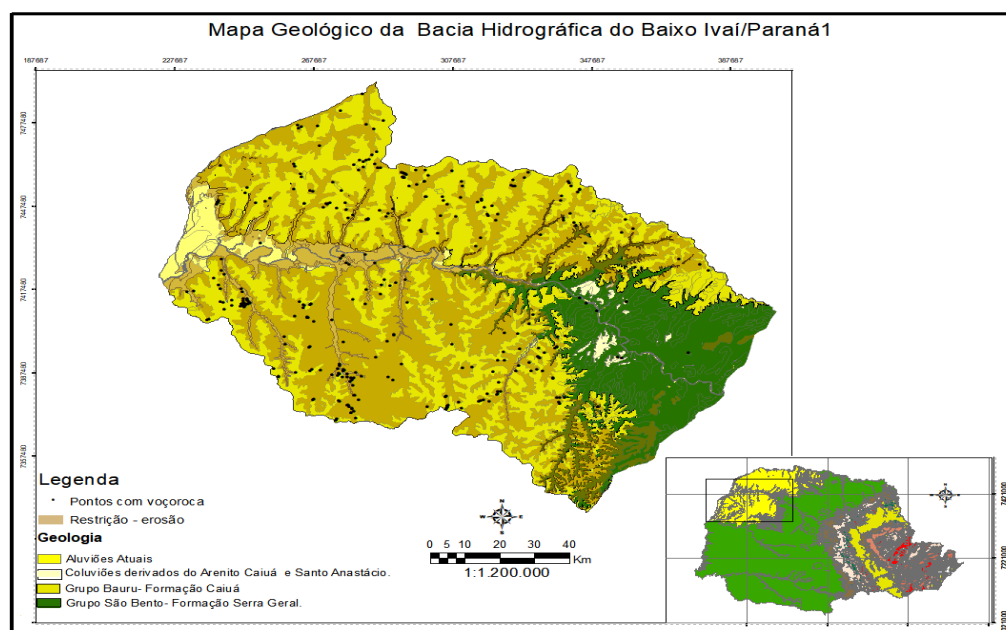
De acordo com o levantamento pelas imagens de satélite o substrato rochoso é um fator determinante para a instalação de permanência dessas feições, pois como podemos observar no mapa geológico da Figura 17.

A região sudeste da área corresponde a solos oriundos da Formação Serra Geral, nessa região foram apontados apenas 7 pontos com indícios de voçoroca, sendo 6 pontos em colúvios oriundos da Formação Caiuá e apenas um ponto correlato a solos de origem basáltica da Formação Serra Geral (Tabela 8, grifado em cinza). Essa pouca incidência de feições tipo voçorocamento pode ser explicada pelo fato de que as rochas da Formação Serra Geral desenvolverem solos mais permeável, coesos e competentes a erosões lineares (ITCG, 2006).

No restante da área predomina solos provenientes da Formação Caiuá, sendo eles solos predominantemente arenosos e que normalmente se apresentam divididos em 3 camadas ou horizontes bem delimitados; a primeira com 10 a 20 cm de espessura se apresenta resistente a erosão quando coberta por vegetação; mais abaixo com espessura de 5 a 25 m ocorre um solo muito fofo com pouca cimentação e com maior predominância arenosa que o anterior, sendo nele que normalmente se desenvolvem as voçorocas, formando vales em “V”.

Logo abaixo do horizonte comentado anteriormente é possível encontrar rocha sã, muito resistente a erosão, onde o canal com formato em “V” passa para uma configuração em “U”, esse é um indicio que a erosão atingiu o nível do freático, desse ponto em diante as voçorocas passam a ser auto sustentas pela água subsuperficial

e se torna muito mais difícil a sua contenção a restauração do meio (Figura 20) (ÁGUAS PARANÁ, 2014).



**Figura 17:** Mapa geológico com sobreposição de locais com restrição de uso devido a susceptibilidade a erosão segundo o ITCG, 2018 e os 330 pontos de voçorocas mapeados por análise de imagens de satélite do ano de 2018. Fonte: Adaptado de ITCG, 2018.

**Tabela 8:** Síntese da localização e quantidade de pontos indícios de voçorocas

Município	Nº de locais	Município	Nº de locais
Alto Paraná	3	Nova Esperança	1
Amaporã	16	Nova Olímpia	3
Cianorte	12	Paranavaí	13
Cidade Gaúcha	3	Planatina do Paraná	11
Cruzeiro do Oeste	10	Porto Rico	3
Douradina	12	Presidente Castelo Branco	2
Doutor Camargo	1	Querência do Norte	9
Floraí	1	Rondon	5
Guairaça	1	Santa Cruz de Monte Castelo	12
Guairaça	6	Santa Mônica	9
Icaraíma	37	São Manoel do Ivaí	13
Indianópolis	4	São Pedro do Paraná	5
Japurá	4	São Tomé	9
Jussara	3	Tamboara	2
Loanda	31	Tapejara	25
Maria Helena	31	Tapira	14
Marilena	2	Umuarama	17
Nova Aliança do Ivaí	1		
		<b>TOTAL</b>	<b>330</b>

Obs: A tabela completa encontra-se no ANEXO 1.  
Fonte: O Autor, 2018.



**Figura 18:** Voçoroca no município de Paranavaí, é possível notar depósito de lixo doméstico no interior da voçoroca. Fonte: MINEROPAR, 2006.



**Figura 19:** Desembocadura de emissário destruída pela erosão remontante no município de São Tomé -PR. Fonte: O Autor, 2015.



**Figura 20:** Exutório de emissário com erosão atingindo e expondo a Grupo Caiuá no município de Terra Rica. Fonte: MINEROPAR, 2006.



**Figura 21:** Notar a velocidade da água proveniente do bueiro. As escadas que deveriam reduzir a velocidade da água são insuficientes, pois há subdimensionamento na extensão e grande angulação da escada (município de Terra Rica). Fonte: MINEROPAR, 2006.

## 5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Com base nos dados apresentados no capítulo anterior conclui-se que elementos relacionados à degradação do solo, seus condicionantes naturais e a intervenção humana, por sua vez, é determinante para seu agravamento e que medidas básicas, mas estratégicas diminuem de forma substancial o seu poder destrutivo.

Outro fator que devemos considerar são as interferências climáticas de ocorrências global como o *El Niño*, que influencia incisivamente na dinâmica da chuva no nosso estado, mas que ocorrem em períodos específicos, podendo ser implementado ações preventivas para que quando ocorram não assolem toda a região.

Os prejuízos causados pela erosão são sentidos em todas as escalas, desde o pequeno produtor rural que perde sua safrinha, ao cidadão da cidade que vê sua casa sendo engolida por uma voçoroca, ocasionada por uma tubulação de água pluvial rompida, até nas as esferas municipais, estaduais e federais como podemos observar pelos decretos de SE e ECP. O município de Querência do Norte em 2015 teve prejuízos que totalizavam o correspondente a receita líquida anual em apenas um evento de chuva, será que esse município estava preparado? Havia alguma medida preventiva para enfrentar essa demanda?

Muito se evoluiu principalmente na área rural dos municípios, como manejo do solo, medidas preventivas plantio em nível, bacias de contenção e técnicas de estruturantes de baixo custo como as paliçadas, mas essa evolução só se deu pelo interesse na exploração do solo, uma vez que a erosão lixivia os seus nutrientes, empobrecendo cada vez mais o solo e diminuindo a produtividade. Já na área urbana a impermeabilização do solo é constante e cresce de maneira exponencial, fazendo com que a água superficial escoe mais rapidamente para as regiões mais baixas (vales), sendo a população afetadas normalmente de baixa renda, moradora das regiões marginais do município, gerando um problema socioeconômico.

Nesse sentido, torna-se relevante o planejamento conservacionista da propriedade rural e das áreas verdes nos centros urbanos, bem como a preservação da mata ciliar e das microbacias, para viabilizar o processo de conservação e uso das terras. É imprescindível que sejam estudadas e fomentadas as técnicas de preparo do solo e de plantio das lavouras, bem como a conscientização da população em geral sobre as limitações do uso do solo e o incentivo ao descarte adequado dos lixos domésticos que indevidamente são depositados dentro das voçorocas.

## REFERÊNCIAS

- AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. 2014. Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Piraponema. 95 pp. Disponível em: [http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Produto02\\_UsodoSoloeEventosCriticos\\_Piraponema.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/Produto02_UsodoSoloeEventosCriticos_Piraponema.pdf). Acessado em: 09 de novembro de 2018.
- AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. 2018. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioTotaisMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfacelInicial>. Acessado em 28 maio 2018.
- Almeida Filho, G. S. 2014. Uso das terminologias de processos erosivos lineares dos tipos ravina e voçoroca. *Revista Geonorte, Amazonas*, **10**:693-699.
- Araújo, F. G.; Pinto, B. C. T.; Teixeira, T. P. 2009. Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: Evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. *Hydrobiologia*, 618(1): 89–107.
- Araújo, P. T. 2011. *Estudo do desencadeamento das erosões lineares concentradas em uma área do município de São Pedro / SP*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em geotecnia, Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 177 pp.
- Bartorelli, A. 2016. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Becca, São Paulo, 96-111 pp.
- Baldassarini, S. J. 2014. A intervenção em prol da recuperação de áreas degradadas por erosão hídrica na microbacia hidrográfica da água três unidos no município de Vera Cruz – SP. *Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, Volume especial*, (36):174-190.
- Bertol, J. O. *et al.* 2007. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 31: 781-792.
- Biagiotti, G.; Pereira, J. Ribas, C. *et al.* 2013. Riqueza e composição de espécies de formigas no processo de recuperação de uma voçoroca. *Universidade Federal de Lavras, Lavras*, 19 (4) 4p.
- Cabral, P. B. J. *et al.* 2005. Intensidade Pluviométrica e vulnerabilidade á erosão do solo na área de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada-GO/MG. *Revista Eletrônica de Geografia do Campus Avançado de Jataí-GO, Jataí*, (4):15-25
- Camargo, G.; Camargo Filho, M.; Oliveira, T. A. M. 2004. Erosão em túneis e reconhecimento de rotas de fluxo subsuperficial concentrado no centro, sul e centro-oeste do estado do Paraná (Brasil). V Simpósio Nacional de Geomorfologia, Santa Maria, 11 pp.
- Camargo, B. A. A. 2012. *Avaliação e quantificação da contribuição de uma voçoroca para o assoreamento do Ribeirão das cruces, tributário da represa de Três Irmãos, SP*. Dissertação de mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 100pp.
- Campos, H. E. *et al.* 2008. A ocorrência de feições erosivas como evidências da evolução de voçoroca em Uberlândia-MG. *Revista Brasileira de geografia Física. Recife*, 1 (2):64-77.

Casagrande, A. 2012. *Erosão urbana no noroeste do paraná: riscos socioambientais ao desenvolvimento urbano - um estudo de caso do município de Nova Esperança-PR*. Disserta o de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 151 pp.

Carvalho P. H.; Ruiz, S. V. M. 2016. Avalia o da Consistência de Séries Históricas de Chuva da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, em Minas Gerais. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 12 (6):76-84.

CEPDEC. Coordenadoria Estadual de Prote o e Defesa Civil do Paraná. 2018. Sistema de Defesa Civil. Disponível em: <<http://www4.pr.gov.br/sdc/restrito/v2/comdec/index.jsp>>. Acessado em 28 outubro 2018.

CERH/PR. Conselho Estadual de Recursos Hídricos.2018 - Resolu o n . 49, de 20 de dezembro de 2006. Disponível em: <<http://www.recursoshidricos.pr.gov.br/arquivos/File/r492006.pdf>>. Acessado em 07 junho 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn362ja102wx5ok0liq1mqelqj5hh.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja102wx5ok0liq1mqelqj5hh.html). Acessado em 08 junho 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Erosão causa prejuízos econômicos e ambientais no Paraná. Não paginado. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36905812/erosao-causa-prejuizos-economicos-e-ambientais-no-parana>. Acessado em: 06 de novembro de 2018.

Fernandes, L. A.; Coimbra, A. M. 1994. O Grupo Caiuá (ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, **24**:164-176.

França Junior, Souza, M. L. 2014. Tecnógeno em ambientes fluviais: os depósitos tecnogênicos no noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Quaternary and Environmental Geosciences, Paraná, Curitiba*, **05**:45-52.

Ferreira, M. D.; Pejon, O. J. 2007. Processos erosivos acelerados: comportamento temporal e espacial de vo roca. *Revista Luso-Brasileira de Geotecnia*, São Paulo, **110**:101-119.

Fujihara. K. A. 2002. *Predic o de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento*. Disserta o de mestrado na área de concentra o: Ciências Florestais, Piracaba, 136 pp.

Geografalando. SOLOS: práticas agrícolas e os problemas ambientais no mau uso dos solos no Brasil e no mundo. Não paginado. Disponível em: <https://geografalando.blogspot.com/2013/05/solos-praticas-agricolas-e-os-problemas.html>. Acessado em; 05 de novembro de 2018.

Guerra, A. J. T., Jorge, M. C. O. 2014. *Degrada o de solos no Brasil*. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 308 pp.

Guerra, A. J. T. *et al.* 2014. Erosão e Conserva o de Solos no Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, Rio de Janeiro, 37(1): 81-91.

Guglieri-Caporal, A. *et al.* 2011. Revegetação espontânea de voçoroca na região de Cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Hoehnea*, Campo Grande, 38 (2): 289-306.

Guimarães, C. C. J. *et al.* 2012. Abordagem de práticas conservacionistas na recuperação de voçorocas. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, Goiânia, 8 (14): 977-989.

Gurgel, R. S. *et al.* 2011. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do EUPS - equação universal de perda de solos no município de Riachão das Neves - BA. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 15 (3): 93–112.

Infanti JR., N.; Fornasari Filho, N. 1998. Processos da Dinâmica Superficial. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*: Associação Brasileira de Engenharia (ABGE), São Paulo, 9:131-152.

Lemos, C. F. de; Fiori, A. P. Oka-Fiori, C., & Tomazoni, J. C. 2011. Erosões concentradas na bacia hidrográfica do alto curso do Rio Pitangui - PR. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12 (1): 59-67 pp.

Lima, V. C.; De Lima, R. M.; Melo, V. F. 2012. Conhecendo os principais solos do Paraná: Abordagem para professores do ensino fundamental e médio. *Sociedade Brasileira de Solos*, Curitiba, 18 pp.

Melfi, J. A.; Montes, C. R. 2008. As ciências da Terra e sua importância para a Humanidade: A contribuição brasileira para o Ano Internacional do Planeta Terra – AIPT. *Sociedade Brasileira de Geologia*, Curitiba, 8:108-126.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. 2001. Atlas Geológico do Estado do Paraná - Escala base 1: 500.000; Curitiba, 116 pp.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. 2010. Guia de prevenção de acidentes geológicos urbanos, Curitiba, 73pp.

Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa nº 02, de 20 de dezembro de 2016. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Instru%C3%A7%C3%A3o+Normativa+N+02+-+VERSAO+PARA+PUBLICA%C3%87%C3%83O-21.12.16.pdf/dfce339a-4aa9-4d39-8220-a9a9c3434779>. Acessado em: 22 de nov. de 2018.

Montanher, C. O. 2013. Ciclos de erosão e Sedimentação em Bacias Hidrográficas urbanas do Noroeste Paranaense e suas implicações no ajuste de sistemas fluviais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. 14 (4):319-325.

Muratori, M. 1984. *Erosão no noroeste do Paraná: uma proposta metodológica de estudo sistemático através do uso de fotografias aéreas*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, 171 pp.

Pirolí, E. L.; Perusi, M.C. 2006. Mudanças no uso da terra e impactos sobre o solo da microbacia hidrográfica do Córrego Água da Veada, Ourinhos, 1 (4): 855–865.

Roselen, S. V. 1996. *Cartas pedogeoquímicas dos solos desenvolvidos sobre as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral: Utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG)*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica Geotectônica, Universidade de São Paulo, 76 pp.

Ribeiro S. de F. C.; Kozovits A.; Leite M. G. 2012. Avaliação do potencial de espécies vegetais para recuperação de voçorocas – Bacia do Rio Maracujá (Ouro Preto – MG, Sudeste Brasil). CASCAIS WORLD FORUM 2012 Sustaining Our Land, Water and Life in Changing Climate, Cascais, 20-21 pp.

Santos, R., Caldeira, L., & Neves, E. M. das. (2012). Ensaio de erosão em fuga concentrada tubular. Influência da compactação na erodibilidade de um solo hole erosion test (het). Influence of the compactation in soil erodability. In SPG (Ed.), XIII Congresso de Geotecnia, Lisboa, 1-8 pp.

Salomão, F. X. de T. 1994. *Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural*. Tese Doutorado em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 200pp.

Serato, S. B.; Rodrigues, C. S. 2010. Avaliação e recuperação da área degradada (voçoroca) no interior da fazenda experimental do Glória no município de Uberlândia (MG). Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, 30(2):29-42.

Silva, W. B.; Pietrobelli, G. Tratz, E. B. 2013. Circulação e vazão de água em encosta com erosão em túneis na bacia do rio das Pombas - Guarapuava - PR. Terra Plural, 7 (2): 269-286.

Silva, M. A.; Mello, R. C.; Cury, N. & Oliveira, M. P. 2008. Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de latossolos no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 32: 2125-2134.

Souza, M. L. 2001. *Proposta de um sistema de classificação de feições erosivas voltados a estudos de procedimentos de análises de decisões quanto a medidas corretivas, mitigadoras e preventivas: aplicação no município de Umuarama (PR)*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências exatas, Universidade Estadual Paulista, 284 pp.

Santos, R.; Caldeira, L.; Neves, E. M. 2010. Influência da energia de compactação na erodibilidade de um solo sujeito a uma fuga concentrada. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Gramado - RS, 7 pp.

Teixeira, N. C., & Guimarães, C. D. de C. 2012. Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil. Revista Saberes, 10:1-14.

Telles, S. T.; Guimarães, F. M.; & Decher, F. C. S. 2010. The costs of soil erosion. Revista Brasileira de Ciências do Solo. Londrina, 35: 287-298

Tomazoni, J. C. *et al.* 2005. A sistema de quantificação da erosão na bacia do rio Anta Gorda (PR). Revista Estudos Geográficos, 3 (1):1-21pp.

Vidal, F. K. 2015. Uso de geotecnologias aplicadas à delimitação de áreas de risco a voçorocamento em Manaus (AM). Caderno de Geografia, 25 (43): 192-205 pp.

Vieira, C. M.; Verdum R. 2011. Estabilização de ravina em areal no município de São Francisco de Assis-RS/Brasil, tendo como base técnica a bioengenharia de solos. Boletim de resumos. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Rio de Janeiro. Disponível em <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/estabilizacao\\_resumo.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/estabilizacao_resumo.pdf)>. Acessado em 08 jun. 2018.

Vieira, C. M.; Verdum R. 2015. Arenização e erosão hídrica no sudoeste do Rio Grande do Sul: Análise dos agentes condicionantes e considerações básicas para intervenções mecânico-vegetativas. *Revista de Geografia (UFPE)*, Pernambuco, **32**:41-65.

Waltrick, P. C; Machado, M. A. M.; Deickow, J.; Oliveira, D. 2015. Estimativa da erosividade de chuvas no Estado do Paraná pelo método de pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. [s.l]. **39**:256-267.

### 2.3.4 ANEXO 1- TABELA COM OS PONTOS DO LEVANTAMENTO DAS VOÇOROCAS NA ÁREA DE ESTUDO

Município	Lat	Long	Município	Lat	Long
Douradina	266672	7412214	Loanda	293670	7458210
Douradina	266849	7412257	Loanda	293183	7458056
Douradina	266906	7412264	Loanda	293108	7459788
Douradina	264639	7411036	Loanda	293507	7459684
Douradina	265069	7411846	Loanda	293666	7459579
Douradina	264671	7412076	Loanda	294088	7459335
Douradina	263721	7413166	Loanda	294231	7459212
Douradina	262396	7407932	Loanda	294325	7459036
Douradina	265740	7407617	Loanda	293866	7457867
Douradina	266207	7407338	Loanda	293540	7457833
Douradina	265977	7407477	Loanda	281898	7461782
Douradina	267677	7405981	Loanda	280705	7460678
Umuarama	267790	7378144	Loanda	281059	7464263
Umuarama	267575	7377858	Loanda	300795	7458648
Umuarama	262625	7387831	Loanda	299498	7456461
Umuarama	257532	7386239	Loanda	299577	7456512
Umuarama	257686	7386044	Loanda	299704	7456485
Umuarama	256259	7389084	Loanda	299772	7460538
Umuarama	259456	7397901	Loanda	289230	7445122
Umuarama	259132	7400622	Porto Rico	263442	7475690
Umuarama	274854	7377563	Porto Rico	264201	7476386
Umuarama	275250	7377403	Porto Rico	263139	7476903
Umuarama	277392	7376036	Querência do Norte	251098	7448991
Umuarama	277573	7375977	Querência do Norte	248440	7454238
Umuarama	277743	7375900	Querência do Norte	247899	7452382
Umuarama	277950	7375235	Querência do Norte	240980	7462304
Umuarama	273988	7370424	Querência do Norte	240217	7449421
Umuarama	274010	7370545	Querência do Norte	240087	7449145
Umuarama	274458	7370926	Querência do Norte	239949	7448992
Maria Helena	275192	7387076	Querência do Norte	240444	7449665
Maria Helena	274884	7387420	Querência do Norte	239746	7448429
Maria Helena	272924	7386932	Santa Mônica	283490	7443025
Maria Helena	276143	7388675	Santa Mônica	283428	7443061
Maria Helena	278718	7384954	Santa Mônica	283488	7442888
Maria Helena	279141	7382949	Santa Mônica	282952	7442744
Maria Helena	276209	7388615	Santa Mônica	283236	7442716
Maria Helena	278281	7384393	Santa Mônica	290447	7446624
Maria Helena	279908	7387660	Santa Mônica	286730	7446254
Maria Helena	278884	7385628	Santa Mônica	288511	7443862
Maria Helena	277431	7385967	Santa Mônica	282697	7430285
Maria Helena	277351	7387100	Planaltina do Paraná	304896	7451126
Maria Helena	276234	7388236	Planaltina do Paraná	303378	7437898

Maria Helena	276428	7388550	Planaltina do Paraná	293893	7432991
Maria Helena	274750	7389212	Planaltina do Paraná	295232	7442555
Maria Helena	274553	7386562	Planaltina do Paraná	298588	7439032
Maria Helena	279322	7379441	Planaltina do Paraná	298688	7438307
Maria Helena	279630	7379414	Planaltina do Paraná	299838	7451091
Maria Helena	280698	7377967	Planaltina do Paraná	300217	7451050
Maria Helena	275289	7390200	Planaltina do Paraná	310622	7454769
Maria Helena	275255	7390752	Planaltina do Paraná	310279	7456547
Maria Helena	276306	7398772	Planaltina do Paraná	307639	7460304
Maria Helena	276101	7386195	Guairaça	325536	7454761
Maria Helena	278386	7385714	Guairaça	324659	7455161
Maria Helena	279235	7385700	Guairaça	328461	7457823
Maria Helena	281567	7386435	Guairaça	329380	7459962
Maria Helena	269714	7388478	Guairaça	325124	7457102
Maria Helena	267291	7388869	Guairaça	325190	7454871
Maria Helena	266647	7388377	Marilena	287663	7478384
Maria Helena	266613	7396999	Marilena	285023	7475589
Maria Helena	266302	7396822	Amaporã	316973	7447107
Tapejara	310150	7374824	Amaporã	318067	7444252
Tapejara	306234	7375718	Amaporã	317703	7444661
Tapejara	306031	7375286	Amaporã	314805	7449146
Tapejara	306051	7375024	Amaporã	315987	7450113
Tapejara	306020	7374411	Amaporã	316070	7449731
Tapejara	305768	7374879	Amaporã	309962	7450788
Tapejara	306464	7375943	Amaporã	305129	7449714
Tapejara	309516	7376930	Amaporã	306247	7448351
Tapejara	305477	7378940	Amaporã	304270	7444124
Tapejara	305766	7379239	Amaporã	319047	7447867
Tapejara	319361	7387903	Amaporã	320714	7444777
Tapejara	320766	7392124	Amaporã	320207	7442535
Tapejara	322510	7392069	Amaporã	315698	7436290
Tapejara	320994	7384117	Amaporã	314516	7433200
Tapejara	320654	7380762	Amaporã	308751	7443910
Tapejara	320613	7379935	Tapira	273020	7406644
Tapejara	320523	7379712	Tapira	288054	7421042
Tapejara	317576	7380129	Tapira	287241	7419250
Tapejara	315270	7377258	Tapira	289821	7419060
Tapejara	315860	7377572	Tapira	291350	7420141
Tapejara	316501	7377908	Tapira	285440	7427069
Tapejara	318125	7377375	Tapira	276191	7430018
Tapejara	321565	7380890	Tapira	275920	7429766
Tapejara	300379	7375492	Tapira	275509	7428919
Tapejara	292948	7390602	Tapira	277212	7427184
Rondon	313221	7389666	Tapira	277863	7426701
Rondon	310603	7389215	Tapira	279075	7414096
Rondon	307241	7404934	Tapira	282740	7417501

Rondon	307513	7397986	Tapira	282614	7412319
Rondon	322668	7402013	Cidade Gaúcha	301653	7414038
Cruzeiro do Oeste	289000	7398986	Cidade Gaúcha	294122	7421102
Cruzeiro do Oeste	285698	7393136	Cidade Gaúcha	294655	7412909
Cruzeiro do Oeste	289242	7386137	Indianópolis	326327	7401584
Cruzeiro do Oeste	290518	7384836	Indianópolis	329717	7405223
Cruzeiro do Oeste	278800	7374460	Indianópolis	326911	7396220
Cruzeiro do Oeste	278787	7374861	Indianópolis	322408	7395013
Cruzeiro do Oeste	279365	7373766	Japurá	340141	7400909
Cruzeiro do Oeste	278438	7373110	Japurá	344185	7414551
Cruzeiro do Oeste	278351	7373155	Japurá	346114	7412648
Cruzeiro do Oeste	279746	7371308	Japurá	349241	7409814
Icaraíma	236940	7406729	São Tomé	338105	7400472
Icaraíma	237507	7406807	São Tomé	337814	7396980
Icaraíma	241974	7410349	São Tomé	337750	7396681
Icaraíma	244088	7411922	São Tomé	337184	7396372
Icaraíma	244226	7413679	São Tomé	334232	7394814
Icaraíma	240783	7413268	São Tomé	332581	7396403
Icaraíma	241678	7412810	São Tomé	332835	7392878
Icaraíma	240256	7419217	São Tomé	332561	7393313
Icaraíma	241131	7424320	São Tomé	332167	7393541
Icaraíma	241247	7428582	Floraí	357738	7413090
Icaraíma	231278	7416894	Alto Paraná	357536	7442848
Icaraíma	239077	7421839	Alto Paraná	356461	7438049
Icaraíma	240859	7417848	Alto Paraná	359706	7439429
Icaraíma	241943	7422950	Nova Esperança	372679	7428626
Icaraíma	247369	7414260	Pres. Castelo Branco	381434	7424514
Icaraíma	247382	7413418	Pres. Castelo Branco	378902	7426716
Icaraíma	247217	7412488	Doutor Camargo	375516	7394965
Icaraíma	247884	7412664	Cianorte	337595	7378707
Icaraíma	248366	7412363	Cianorte	338211	7377040
Icaraíma	248003	7411813	Cianorte	338506	7376568
Icaraíma	247032	7412379	Cianorte	339865	7378758
Icaraíma	247298	7412069	Cianorte	338630	7378558
Icaraíma	247340	7412685	Cianorte	329614	7391367
Icaraíma	246634	7411554	Cianorte	326850	7390058
Icaraíma	246995	7412262	Cianorte	325988	7388122
Icaraíma	247584	7411610	Cianorte	333690	7388211
Icaraíma	247697	7411411	Cianorte	332016	7388673
Icaraíma	248764	7412440	Cianorte	330338	7388340
Icaraíma	249309	7412563	Cianorte	336522	7385698
Icaraíma	249247	7412696	Cianorte	336656	7385501
Icaraíma	249305	7412802	Jussara	355279	7393132
Icaraíma	248870	7413591	Jussara	356447	7392962
Icaraíma	248598	7413891	Jussara	349375	7375415
Icaraíma	248619	7414334	Tamboara	346033	7434245

Icaraíma	247320	7416702	Tamboara	343117	7440504
Icaraíma	246818	7417807	Nova Aliança do Ivaí	332924	7437261
Icaraíma	233107	7416930	Nova Olímpia	286944	7416006
S. Cruz de M. Castelo	264287	7458190	Nova Olímpia	290688	7401299
S. Cruz de M. Castelo	263878	7459335	Nova Olímpia	290789	7401181
S. Cruz de M. Castelo	262172	7462007	Paranavaí	342761	7441813
S. Cruz de M. Castelo	261881	7462946	Paranavaí	348344	7445920
S. Cruz de M. Castelo	266720	7453344	Paranavaí	343827	7452574
S. Cruz de M. Castelo	267614	7453023	Paranavaí	344404	7453695
S. Cruz de M. Castelo	265048	7448617	Paranavaí	341872	7455002
S. Cruz de M. Castelo	265155	7448611	Paranavaí	341204	7455995
S. Cruz de M. Castelo	252338	7434420	Paranavaí	341054	7456674
S. Cruz de M. Castelo	253768	7449496	Paranavaí	339169	7451375
S. Cruz de M. Castelo	255118	7450565	Paranavaí	338819	7449575
S. Cruz de M. Castelo	261882	7453866	Paranavaí	339598	7442657
São Pedro do Paraná	268917	7476463	Paranavaí	339685	7443277
São Pedro do Paraná	282774	7477233	Paranavaí	341424	7445022
São Pedro do Paraná	269401	7469444	Paranavaí	344348	7453653
São Pedro do Paraná	281774	7488147	São Manoel do Ivaí	330895	7408586
São Pedro do Paraná	275508	7482079	São Manoel do Ivaí	271388	7448648
Loanda	282718	7464273	São Manoel do Ivaí	272439	7448939
Loanda	284395	7466155	São Manoel do Ivaí	271542	7448205
Loanda	297372	7455373	São Manoel do Ivaí	270553	7447113
Loanda	285917	7467340	São Manoel do Ivaí	272010	7448678
Loanda	283785	7464443	São Manoel do Ivaí	274434	7446920
Loanda	285398	7462893	São Manoel do Ivaí	277633	7443472
Loanda	295191	7454819	São Manoel do Ivaí	273230	7456148
Loanda	282119	7463701	São Manoel do Ivaí	275765	7453235
Loanda	286248	7461520	São Manoel do Ivaí	276819	7448801
Loanda	286868	7461375	São Manoel do Ivaí	277189	7446383
Loanda	279415	7462515	São Manoel do Ivaí	278877	7444590
Loanda	297083	7460548			