

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Geologia

ANÁLISE E CORRELAÇÃO DE REGISTROS DE PROCESSOS EROSIVOS
COM DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Discente

João Pedro Massari de Mello

Orientador

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)

2018

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

Análise e Correlação de Registros de Processos Erosivos com Dados Pluviométricos

Discente

João Pedro Massari de Mello

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso no ano letivo de 2018.

Rio Claro (SP)

2018

M527a Mello, João Pedro Massari de
ANÁLISE E CORRELAÇÃO DE REGISTROS DE
PROCESSOS EROSIVOS COM DADOS
PLUVIOMÉTRICOS / João Pedro Massari de Mello.
-- Rio Claro, 2018
80 p. : il., tabs., fotos, mapas + 1 CD-ROM

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado -
Geologia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio
Claro
Orientador: José Eduardo Zaine

1. Erosões Lineares. 2. Dados Pluviométricos. I.
Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro.
Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” por proporcionar as condições e estruturas necessárias ao aprendizado da Geologia.

Ao Professor Doutor José Eduardo Zaine e ao Professor Doutor Fabio Augusto Gomes Vieira Reis pelas orientações, ensinamentos, paciência, compreensão e incentivo, fundamentais ao longo da ao desenvolvimento deste trabalho e ao meu amadurecimento na Geologia.

À toda a minha família e em especial aos meus pais, Fernanda e Fernando, ao meu irmão Rafael, aos meus avós Suely e José Massari e ao meu tio André por todo o carinho, amor imensurável, apoio e compreensão ao longo de toda a vida e também durante a graduação.

Aos colegas Samara e João Porcel pela ajuda e companheirismo, que junto dos professores Zaine e Fabio Reis contribuíram e me auxiliaram junto ao projeto “Alertas meteorológicos para avaliação de risco geológico e geotécnico nas regiões Sul e Sudeste do Brasil/Alertas Meteorológicas Associadas a Risco de Origem Geológico e Geotécnico”.

Aos meus amigos em geral que estiveram comigo ao longo da graduação. Aos meus amigos de São José dos Campos. Ao meu amigo Felipe (Deco), com quem sempre tive conversas que me auxiliaram em meu desenvolvimento e cuja parceria e amizade são de grande valia. Ao meu amigo Luis Eduardo (Du/Dudu/Sabonete), pela amizade e pelos futs ao longo de toda a graduação.

À minha namorada Vanessa pelo amor, amizade, carinho, apoio e companhia, e com quem compartilhei bons momentos e lembranças.

Um agradecimento especial a todos os amigos do Bonde, com quem estive junto desde o início da graduação. Aos meus amigos próximos e inestimáveis Henrique, Gamallo, Ian, Juan, Vitor (Dino) com quem convivi diariamente no condomínio Marrocos, e que junto aos amigos próximos e inestimáveis Isa Lee, Natália, Manoela, Mariana (Meris) e Vitor (Catarro) compartilharam comigo os melhores momentos da graduação e com eles eu guardo minhas melhores lembranças.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta etapa, estendo meu obrigado.

RESUMO

Notícias relacionadas às chuvas são, comumente, observadas em mídias físicas ou digitais e muitas estão relacionadas a problemas e danos causados às comunidades e aos cidadãos. Alguns desses eventos estão relacionados a erosões lineares que se desenvolvem em decorrências de fortes chuvas, constituindo uma maneira interessante de se estudar casos mais atuais de desenvolvimento e avanço de feições erosivas, constituindo um acervo de informações pertinentes tanto à área acadêmica quanto à comunidade. O objetivo geral deste estudo foi analisar uma série de registros de erosões e associar aos índices pluviométricos. Desta forma, é apresentado um panorama geral e atualizado de registros de processos erosivos majoritariamente situados na região sudeste, especificamente das erosões lineares, com base em dados levantados em notícias de jornais eletrônicos, envolvendo casos de erosões de diversas tipologias (sulcos, ravinas, voçorocas e erosões fluviais). Este trabalho expõe os resultados obtidos, apresentados na forma de gráficos, tabelas e fotos, comprovando uma correlação visível entre as chuvas retroativas em 30 dias e as feições erosivas que se formaram, permitindo avaliar o caráter de erosividade da chuva, conforme a intensidade, variação e duração. Foi também considerado o caráter de erodibilidade do terreno, com os principais fatores condicionantes: topografia, declividade, cobertura vegetal, uso do solo e variação das propriedades do solo. Foram realizados estudos específicos de casos para os municípios de Bauru/SP e Rio Claro/SP a fim de se analisar localmente a ação dos processos erosivos lineares. Foi denotada ao longo da pesquisa a contribuição das chuvas para o surgimento e crescimento das feições erosivas lineares. Os dados apresentam uma correlação das chuvas com as erosões lineares, apesar de tais feições erosivas se formarem num processo gradual. Ficou evidente que o tratamento das situações de possível risco para processos erosivos lineares deve ser distinto da gestão aplicada para escorregamentos, por haver uma diferença na velocidade de desenvolvimento dos processos. Paralelamente ao processo de erosividade e erodibilidade, se postula a ação antrópica como uma das maiores causas para o desencadeamento de erosões lineares. Das principais ações modificadoras, podem ser citados a impermeabilização do solo e o lançamento concentrado de águas de chuva em locais inadequados.

Palavras-Chave: Erosões lineares. Dados pluviométricos. Ação antrópica.

ABSTRACT

News related to rains are commonly observed in physical or digital media and many are related to problems and damages caused to communities and citizens. Some of these events are related to linear erosions that develop as a result of heavy rains, and are, in a way, an interesting way of studying more current cases of erosive features and development, constituting a collection of information pertinent to both the academic area and the community. The general objective of this study was to analyze a series of erosion records and to associate with the rainfall indices. In this way, is presented a general and updated overview of the records of erosive processes mostly located in the southeast region, specifically of linear erosions, based on data collected in electronic newspaper reports, involving cases of erosions of various types. This work presents the results obtained, presented in the form of graphs, tables and photos, proving a visible correlation between the retroactive rainfall in 30 days and the erosive features that formed, allowing to evaluate the character of rain erosivity, according to the intensity, variation and duration. It was also considered the character of erodibility of the land, with the main conditioning factors: topography, declivity, vegetation cover and soil properties. Specific studies were carried out for the municipalities of Bauru/SP and Rio Claro/SP in order to analyze locally the action of linear erosive processes. Throughout the research, the contribution of rainfall to the emergence and growth of linear erosive features was observed. The data present a correlation of rainfall with linear erosions, although such erosive features form in a gradual process. It was evident that the treatment of situations of possible risk for linear erosive processes should be different from the management applied to landslides, since there is a difference in the speed of process development. Parallel to the process of erosivity and erodibility, the anthropic action is postulated as one of the major causes for the triggering of linear erosions. Among the main modifying actions can be cited the waterproofing of the soil and the concentrated release of rainwater in inappropriate places.

Keywords: Linear erosions. Rainfall data. Anthropic action.

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 6 |
| 1.1. Objetivos | 8 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS | 9 |
| 3. BASE TEÓRICA | 12 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 13 |
| 4.1. Casos de Erosões Levantados | 13 |
| 4.2. Estudo de Casos | 19 |
| 4.3. Correlação dos 102 Casos e Dados Pluviométricas | 36 |
| 4.4. Estudo de Casos de Erosões Lineares na Bacia do Paraná | 42 |
| 4.4.1. Contexto Geológico da Bacia do Paraná e contexto da Bacia no estado de São Paulo | 43 |
| 4.4.2. Caso Bauru | 48 |
| 4.4.2.1. Síntese da Geologia Local em Bauru/SP | 48 |
| 4.4.2.2. Voçoroca localizada no Parque Bauru/SP | 49 |
| 4.4.3. Caso Rio Claro | 53 |
| 4.4.3.1. Síntese da Geomorfologia e Geologia Local em Rio Claro/SP .. | 53 |
| 4.4.3.2. Erosões e Assoreamentos em Rio Claro/SP | 54 |
| 4.4.3.2.1. Voçoroca Mãe Preta | 54 |
| 4.4.3.2.2. Erosões Lineares Próximas ao Rio Corumbataí | 58 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 65 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 68 |
| 6.1. Referências de Publicações | 68 |
| 6.2. Referências de Mídia Eletrônica | 70 |
| 7. ANEXO 1 – CASOS DE EROSÕES | 74 |

1. INTRODUÇÃO

A questão ambiental progressivamente se mostra mais presente em meio aos perímetros urbanos. Dessa forma, os problemas ambientais atrelados à geologia também ocorrem em determinadas regiões. Porém, a ação antrópica muitas vezes é responsável por acelerar alguns processos geológicos naturais, tais como erosões e assoreamentos. Dentre os processos erosivos lineares que criam adversidades próximos a áreas urbanas pode se destacar a formação de sulcos, ravinas e voçorocas.

Assim, a caracterização das feições erosivas próximo à perímetros urbanos é indispensável para os planejamentos de municípios assim como para remediação de áreas degradadas que podem apresentar riscos às residências e construções. Os dados pluviométricos associados aos estudos de processos erosivos podem denotar a possível correlação de tais dados assim como os períodos de maiores taxas de erosão. A alta taxa de escoamento superficial de tais águas de chuvas em meios urbanos, assim como a canalização/concentração são fatores significativos para a promoção de exacerbados processos erosivos próximos a tais perímetros.

O trabalho em questão propõe o estudo acerca da geologia, geomorfologia e geologia ambiental correlacionados com processos erosivos lineares e dados pluviométricos. A pesquisa abordará a caracterização de tais processos, análises de registro dos processos de erosivos das regiões a serem estudadas, organização de acervos relacionados ao tema e correlação de diferentes dados.

Segundo Kertzman (1995), a ocupação humana iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo da terra, implantação de estradas, criação e expansão das vilas e cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado, constitui o fator decisivo da origem e aceleração dos processos erosivos atuais.

As porções rurais influenciadas por atividade antrópica ou cultivadas também apresentam significantes quantidades de erosão. No estado de São Paulo é estimado que cerca de 80% da área cultivada esteja sofrendo processo erosivo além dos limites de tolerância, representando uma perda anual de aproximadamente 200 milhões de toneladas de terra, com prejuízos econômicos (LOMBARDI & BERTONI, 1985). Na Figura 1 pode se observar o mapa de suscetibilidade a erosão no estado de São

Paulo, diferenciando as porções com características geológicas e suscetibilidades divergentes.

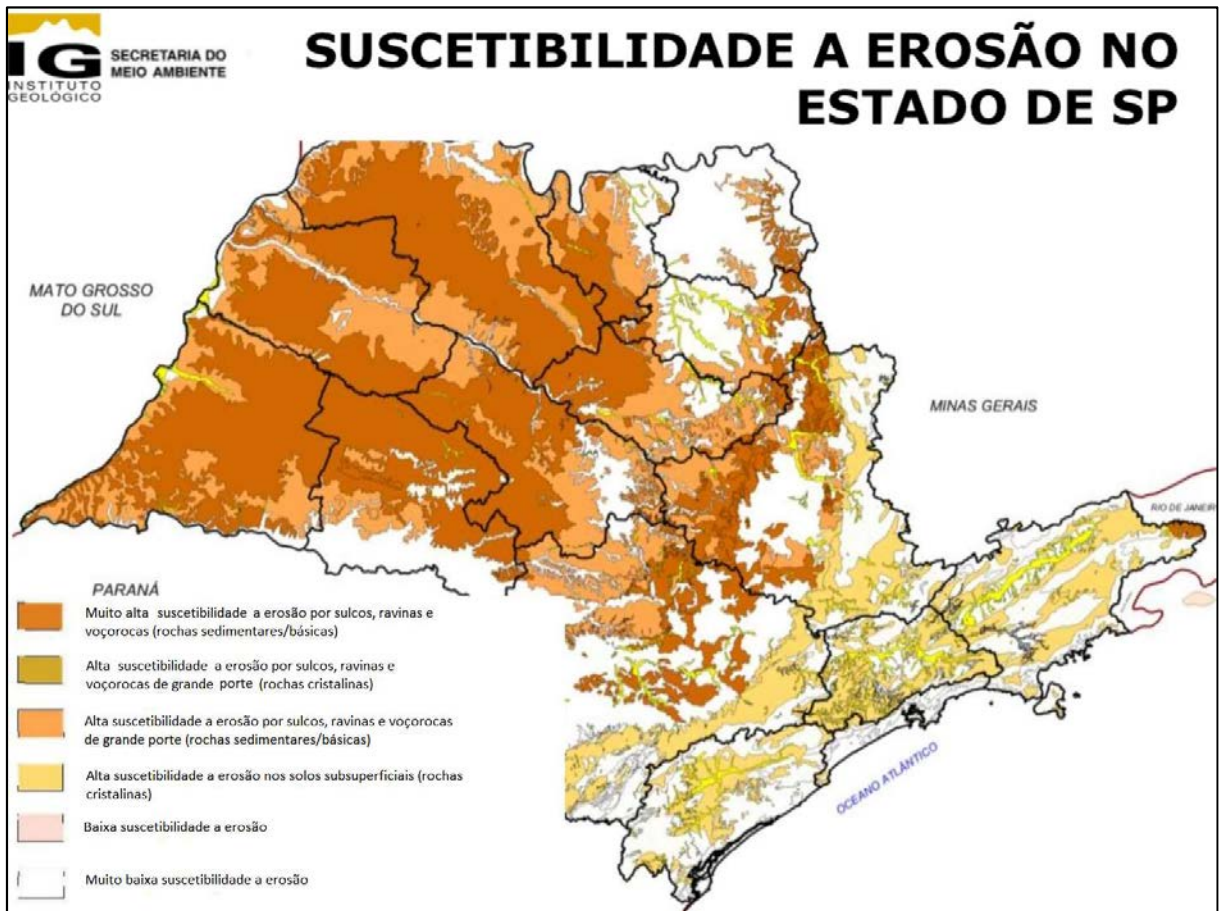


Figura 1 – Mapa de suscetibilidade a erosão no estado de São Paulo. Fonte: Instituto Geológico, 2012.

Com a expansão das cidades, o desmatamento e movimentos de terra para instalação de novos bairros expõe o solo e este, sem proteção da cobertura vegetal, fica suscetível a processos erosivos, tornando-se fonte de sedimentos que acabam por gerar problemas ambientais como os processos erosivos e assoreamento. A erosão associada ao escoamento superficial de águas pluviais se intensifica próximo aos perímetros urbanos com planejamentos ambientais inadequados. Dessa forma, este fenômeno natural tem seu equilíbrio dinâmico rompido a partir das formas impróprias de ocupação do relevo pelo uso da terra com ausência de técnicas adequadas e planejamento urbano adequado, o que tem provocado alterações na paisagem das vertentes.

A importância de se estudar as erosões lineares relacionando aos dados de chuvas se atrela ao fato de identificar os principais fatores condicionantes dos

processos erosivos lineares, como as fortes chuvas, a ação antrópica e a proximidade com o perímetro urbano. Além disso, tal acervo pode servir como base para indicadores de alerta, relacionando dados pluviométricos e erosões lineares.

Por esses fatores, tornam-se de grande importância estudos ambientais que abordem a análise e caracterização dos processos erosivos que correlaciona os fatores geológicos aos dados pluviométricos. Assim, a pesquisa realizada auxilia no entendimento da influência pluvial e antrópica nas feições erosivas lineares, contribuindo com o estabelecimento de diretrizes para a elaboração de medidas corretivas e preventivas para situações semelhantes.

1.1. Objetivos

O objetivo geral deste estudo foi analisar uma série de registros de erosões e associar aos índices pluviométricos, buscando, assim para identificar os fatores condicionantes das feições erosivas lineares o que contribui para se definir indicadores de risco e alerta. A análise do registro de processos erosivos se deu em porções dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal, atrelando os estudos aos dados pluviométricos de cada local.

O desenvolvimento da pesquisa científica se deu por meio dos seguintes objetivos específicos:

- Estudo da geologia, geomorfologia, assim como análise dos processos erosivos nos locais pretendidos, comparando as informações obtidas por registros/acervos já existentes em meios de comunicação (reportagens).
- Estudo da contribuição dos dados pluviométricos e da proximidade ao perímetro urbano, analisando e caracterizando os processos envolvidos.
- Análise detalhada de alguns dos processos de erosão, denotando a influência das áreas urbanas e rurais na dinâmica dos processos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 2 apresenta as etapas do trabalho. Parte dos dados e análises do trabalho em questão se incluem no projeto “Alertas meteorológicos para avaliação de risco geológico e geotécnico nas regiões Sul e Sudeste do Brasil/Alertas Meteorológicos Associadas a Risco de Origem Geológico e Geotécnico”.

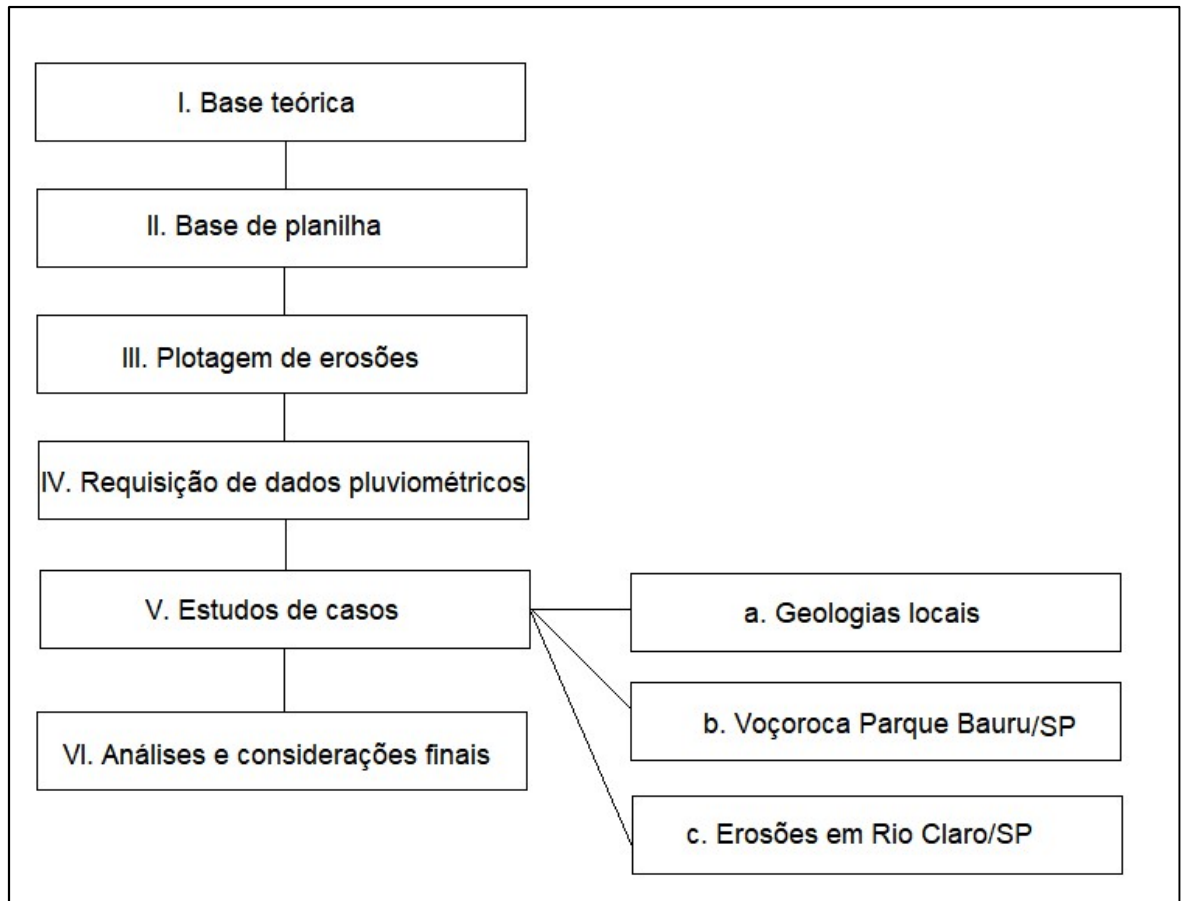


Figura 2 – Fluxograma apresentando as etapas realizadas ao longo do trabalho.

Os trabalhos realizados seguiram os seguintes procedimentos:

- I. Pesquisa bibliográfica e estudo do tema para confecção da base teórica.
- II. Organização de uma planilha no programa Microsoft Office Excel com o cadastro e informações dos principais eventos de erosão linear levantados digitalmente na web, com a busca em sites por palavras chaves, como “erosão”, “chuva e erosão”, salvando-os, posteriormente em PDF para observações futuras; cadastro das erosões selecionadas em planilha, ressaltando os principais aspectos abordados na notícia; filtragem do banco de dados,

selecionando áreas onde a erosão, realmente, tenha ocorrido na data prevista na notícia.

- III. Plotagem de casos de erosões em mapa e criação de banco de dados, com cadastros dos dados levantados na plataforma TerraMA, levando em consideração suas características e localização.
- IV. Requisição de dados pluviométricos para as datas dos eventos e 30 dias retrocedentes, com solicitação dos dados de chuva máxima diária, conforme as datas de todas as erosões cadastradas; formulação de gráficos e tabelas caracterizando as erosões filtradas, de acordo com os dados pluviométricos adquiridos.
- V. Estudo de casos detalhadamente com aquisição de dados acerca do contexto Geológico da Bacia do Paraná e contexto da mesma bacia no estado de São Paulo.
 - a. Aquisição de dados referentes às geologias locais dos municípios de Bauru/SP e Rio Claro/SP.
 - b. Revisão bibliográfica do caso da voçoroca do Parque Bauru, em Bauru/SP, incluindo análise e interpretação dos dados bibliográficos; correlação com eventos pluviométricos ocorridos em 1993, e descrição das obras corretivas, realizadas após deflagração da voçoroca e análise da situação atual.
 - c. Trabalho de campo e estudo dos casos de erosões lineares no município de Rio Claro/SP, dentre os quais são destacados os casos da Voçoroca Mãe Preta e casos de erosões próximos ao rio Corumbataí
- VI. Análises e considerações finais.

Na montagem da planilha foram considerados os seguintes itens: a) localidade (bairro, cidade, estado e coordenadas); b) a data do evento; c) tipologia (sulco, ravina, voçoroca ou erosão fluvial); d) magnitude; e) possíveis causas e danos causados à região, e f) site de acesso/fonte dos dados. Todos esses dados foram extraídos diretamente das notícias apresentadas na mídia eletrônica, podendo, portanto, apresentar imprecisão em algumas informações, como datas específicas para o evento, sua magnitude, ou reais causas para aparecimento, sendo que os sites foram salvos para consulta offline.

Inicialmente, foram levantados 266 casos, dentre os quais foram selecionados 102, com base em sua localização preferencialmente na região Sudeste e também

com base nos processos associados à erosão pluvial em encostas. Esta lista foi organizada por datas e separadas em dois grupos: registros mais recentes (2016-2018) e registros anteriores a 2015.

Na sequência, os locais foram plotados em mapa, além de serem cadastrados no programa TerraView, de modo a gerar um banco de dados atualizado das erosões.

Além da planilha e do mapa dos pontos, foram obtidos os dados pluviométricos correspondentes aos locais e datas dos registros erosivos, apresentados na forma de tabela, considerando o dia exato do evento e 30 dias retroativos, onde d0 representa o dado para o dia exato do evento, enquanto d1 a d30 correspondem aos dias seguintes, de modo a avaliar as potenciais chuvas que possam ter interferido no evento.

Em seguida foram construídos gráficos de diferentes configurações no programa Microsoft Office Excel para se ter a compreensão e se conseguir analisar a distribuição e dispersão de certos dados. Assim, foram construídos gráficos de tipologias, gráficos de distribuição de eventos e gráficos comparativos de diferentes eventos.

Os materiais utilizados para estudos e análises detalhada de alguns dos processos de erosão, denotando a influência das áreas urbanas e rurais na dinâmica dos processos foram adquiridos através de teses, publicações e estudos específicos acerca do tema. Para tal, anteriormente foi realizada uma pesquisa bibliográfica e foram adquiridos dados acerca da geologia regional e geologia local dos locais de interesse de estudo (Bauru/SP e Rio Claro/SP).

Após a apresentação dos resultados e das discussões, com avaliações dos contextos problemáticos, foram estudadas e indicadas diretrizes para a elaboração de medidas preventivas e corretivas dos casos. Além disso também foi denotada a influência dos dados pluviométricos na contribuição do aceleração dos processos erosivos lineares.

Para a execução do projeto se teve a disponibilidade de material cartográfico, de fotografias aéreas dos diferentes locais, dos laboratórios do Departamento de Geologia Aplicada do IGCE/Unesp – Rio Claro e a disponibilização de dados pluviométricos das datas especificadas e requeridas provenientes do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP).

3. BASE TEÓRICA

A erosão é dada pelo grupo de processos sob os quais o material terroso ou rochoso é desagregado, decomposto e removido de alguma parte da superfície terrestre. De forma isolada, a água é o agente considerado e o mais importante por seu poder desagregador e como um agente transportador dos sedimentos.

A erosão, o transporte e a deposição são processos que não podem ser separados. Eles são interdependentes dentro de relações constantemente mutáveis do fluxo e da carga existentes.

A capacidade de erosão de um fluxo depende principalmente das partículas por ele transportadas, porém também depende da vazão de água. A ação corrosiva tende a eliminar a rugosidade da superfície. O fluxo aumenta para jusante assim como sua carga, e com a diminuição do fluxo, ocorre a deposição dos sedimentos.

A erosão dos solos ocorre das mais variadas formas, afetando tanto áreas agrícolas como áreas urbanas. A erosão consiste em um conjunto de processos pelos quais os materiais da crosta terrestre são desagregados, dissolvidos ou desgastados e transportados de um ponto a outro por escoamentos superficiais.

A água se destaca como agente erosivo, cujo início se dá através do desprendimento das partículas do solo, pelo impacto das gotas de chuva na superfície e principalmente pelo escoamento superficial

Os casos de erosão lineares são diferenciados em sulcos, ravinas e voçorocas. Segundo o DAEE (1990) sulcos são feições erosivas lineares com profundidade de até 50 cm. Ravinas têm profundidades superiores a 50 cm até atingir o nível freático. Já, as voçorocas são feições erosivas lineares de grande porte e que atingem o nível freático.

A evolução de áreas intensamente afetadas pela erosão apresenta normalmente, um primeiro estágio de erosão laminar intensa, que leva a formação de sulcos rasos e profundos. Não havendo medidas de combate, os sulcos podem crescer rapidamente formando ravinas de portes variados. Se as condições dos terrenos forem favoráveis a erosão, as ravinas podem se aprofundar até atingir o nível d'água subterrânea. Neste estágio passa a se desenvolver a voçoroca, que evolui de modo acelerado e complexo em função da ação combinada das águas superficiais e subterrâneas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Casos de Erosões Levantados

A partir dos filtros em relação à tipologia das erosões e das regiões específicas a serem analisadas são apresentados um total de 102 casos de erosões lineares que atendem as especificações.

Os 102 casos levantados e analisados estão distribuídos, principalmente, entre o estado de São Paulo e regiões próximas, em sua maioria na região Sudeste. Os pontos de erosões catalogadas constam do mapa da Figura 3 e no Anexo 1.

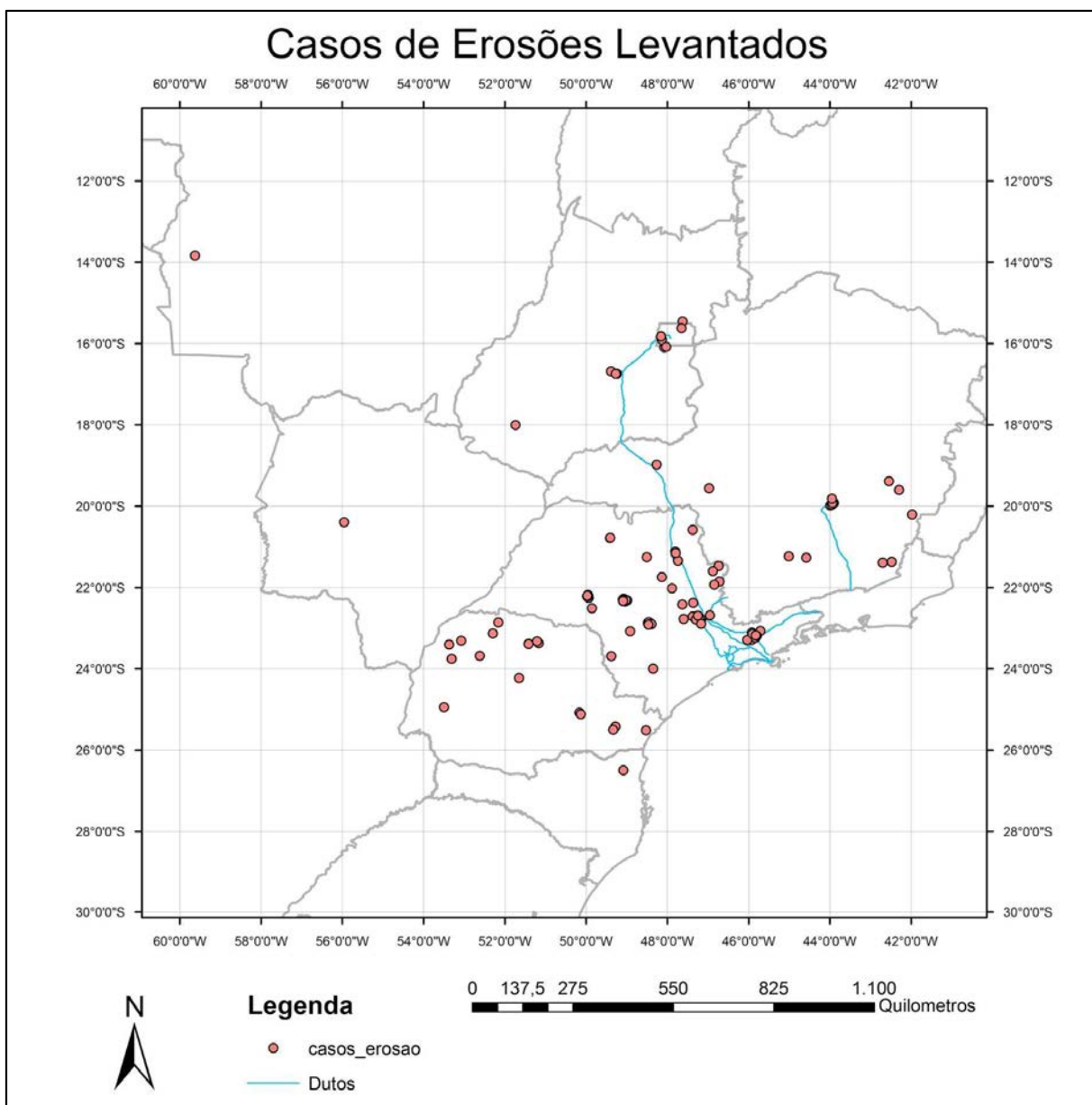


Figura 3 - Pontos com a distribuição dos 102 casos de erosões levantados.

Geologicamente, a maior parte das erosões analisadas se localiza em terrenos sedimentares, principalmente na Bacia Sedimentar do Paraná, que contém, em sua sequência estratigráfica, expressivas formações arenosas e, conseqüentemente, solos arenosos, ou seja, terrenos suscetíveis às erosões lineares.

Os casos de erosão foram diferenciados em sulcos, ravinas e voçorocas. De acordo com DAEE (1990) sulcos são feições erosivas lineares com profundidade de até 50 cm, enquanto ravinas têm profundidades superiores a 50 cm até atingir o nível freático. Já, voçorocas são feições erosivas lineares de grande porte e que atingem o nível freático. Na Figura 4 apresenta a quantidade de casos por tipologia de erosão.

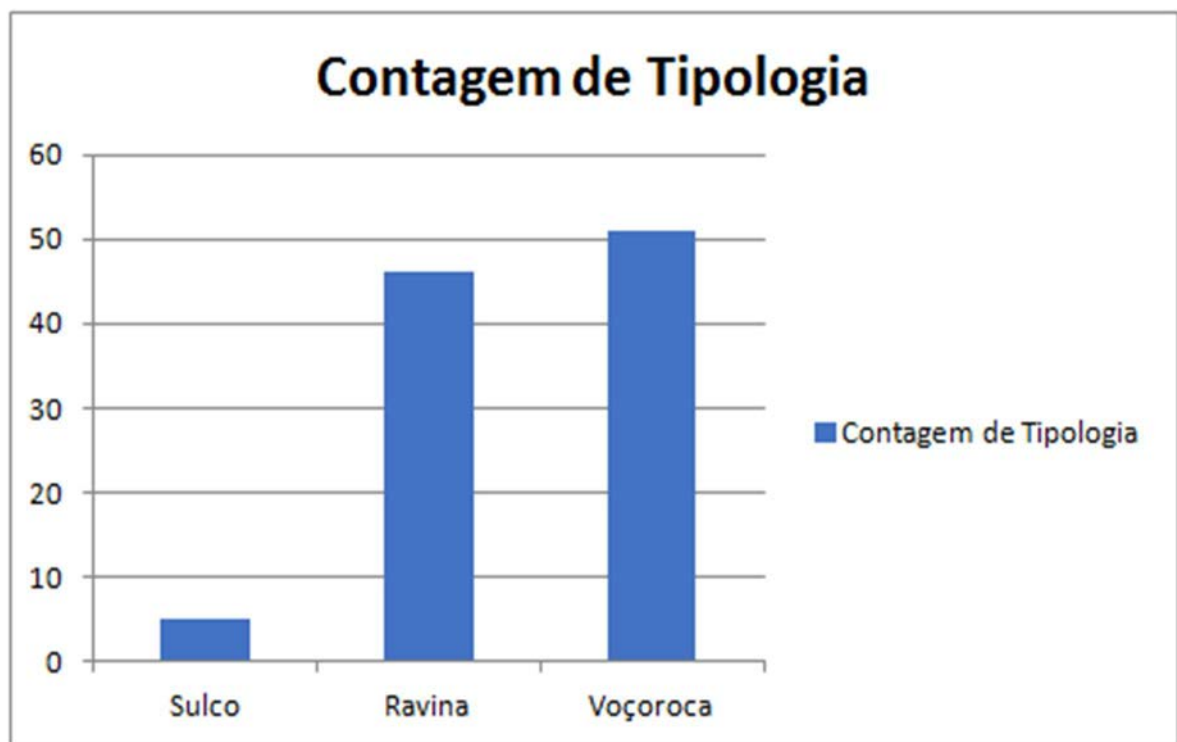


Figura 4 – Gráfico denotando a quantidade de casos por estágio evolutivo de erosão (tipologia).

Como pode se observar, a tipologia de erosão com maior quantidade de casos são as voçorocas, com 51 casos. Esse tipo de erosão é a mais preocupante em relação às erosões lineares, já que atinge o nível freático. Assim, além de normalmente as voçorocas apresentarem uma alta profundidade, o fato de atingirem o nível freático representa uma grande preocupação ambiental, já que pode ocorrer a contaminação das águas subterrâneas. As voçorocas próximas aos centros urbanos usualmente comprometem infraestruturas e construções.

As ravinas se apresentam como a segunda tipologia com maior quantidade de casos, com uma contagem de 46 casos. A grande quantidade de casos dessa tipologia

também é preocupante, já que uma ravina pode evoluir para uma voçoroca em pouco tempo. Além disso, próximo às áreas urbanas as ravinas também podem comprometer e ameaçar infraestruturas. Da mesma forma que as voçorocas e os sulcos, os sedimentos carregados da ravina podem causar processos de assoreamento associados a quebras negativas ou junto do encontro de drenagens.

Já os sulcos são a tipologia com menor quantidade de casos, com apenas 5 casos apresentados. A pouca quantidade de casos apresentados provavelmente se deve ao menor interesse das reportagens e dos meios de comunicação nessa tipologia de erosão linear, porém a quantidade existente desse tipo é considerável e grande parte das vezes se apresenta espacialmente associado às ravinas e voçorocas.

Também é possível destacar a quantidade de casos de erosão por estado, sendo possível destacar os estados com maior incidência dentre os casos de erosão destacados. Assim, pode se ter noção dos estados em que os meios de comunicação apresentam maiores preocupações e dão maiores destaques aos problemas erosivos lineares. Em relação à distribuição dos casos de erosão por estado, São Paulo se destaca com maior incidência. Na Figura 5 pode se denotar a quantidade de casos de erosão por estado.

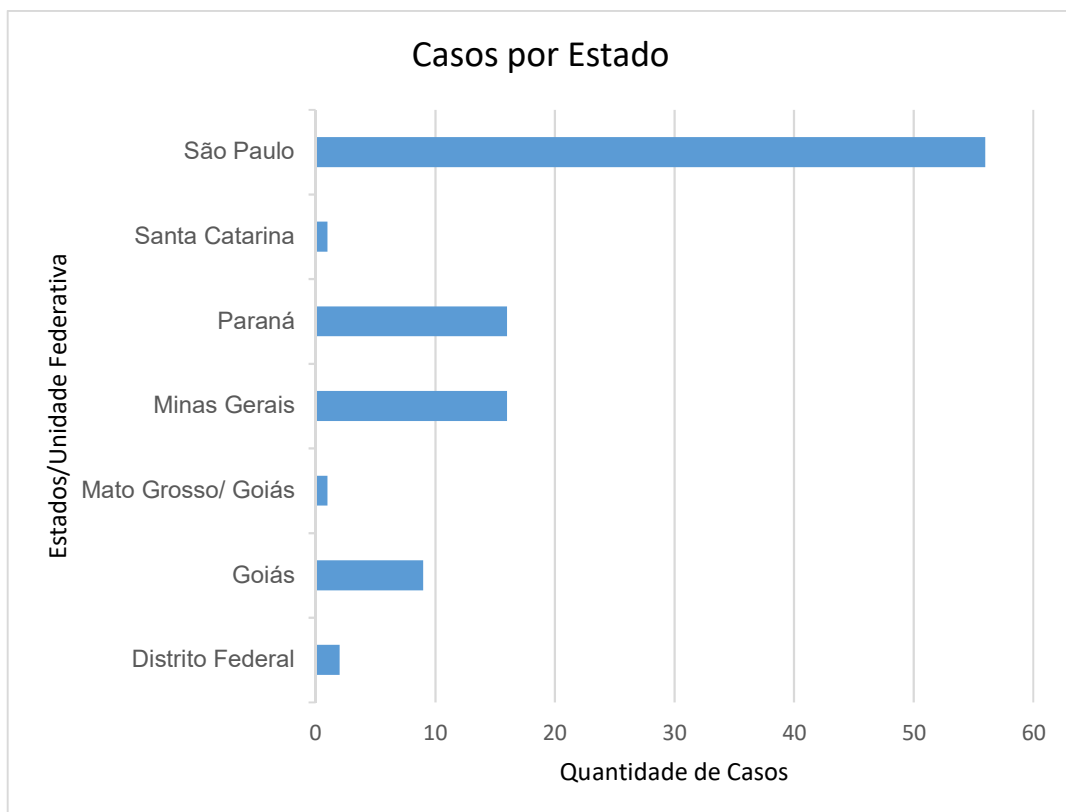


Figura 5 - Gráfico denotando a quantidade de casos por tipologia de erosão.

Como ilustrado no gráfico, dentre os casos estudados a partir das diferentes reportagens estudadas, o estado que apresenta mais casos de erosão linear é o estado de São Paulo com 56 casos. Em seguida os estados Paraná e Minas Gerais aparecem com 16 casos cada. O estado de Goiás apresenta 9 casos, com o Distrito Federal apresentando 2 casos. Santa Catarina apresenta 1 caso. E, um caso de erosão envolvendo os estados de Mato Grosso junto de Goiás é representado também por 1 caso.

Dentre as possíveis causas que intensificam os processos erosivos lineares nos casos estudados pode se denotar alguns aspectos, como: fortes chuvas principalmente em períodos específicos é um dos principais fatores causadores das erosões; associado ao perímetro urbano, com ausência ou problemas com galerias danificadas; drenagens que deságuam em locais inadequados como ampliadores das erosões próximas ao perímetro urbano; o desmatamento e projetos de loteamento também usualmente agem acentuando erosões lineares.

A Figura 6 denota os casos de erosões associados especificamente ou não às fortes chuvas e os períodos adjacentes. Como pode se observar, são muitos os casos que apresentam associação direta com fortes chuvas. Também, os outros casos normalmente detêm correlação com chuvas intensas, porém apresentam outras razões como principais intensificadores das erosões, como problemas com galerias ou concentração de águas em drenagens.

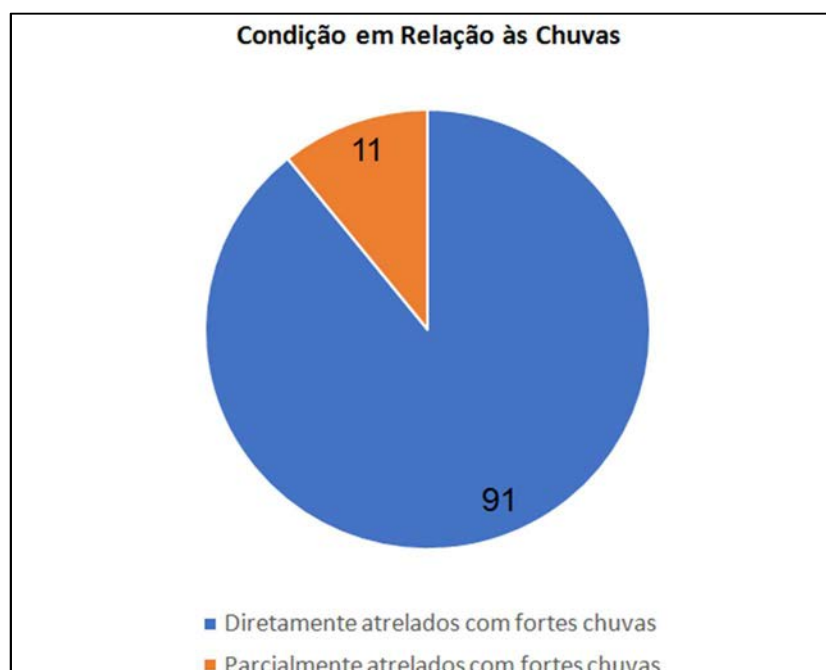


Figura 6 - Gráfico ilustrando a relação dos casos com chuvas fortes.

Os danos e consequências das erosões lineares nos casos estudados podem ser denotados principalmente próximos ou dentro do perímetro urbano. Assim, tais erosões ocorreram por diversas vezes comprometendo infraestruturas de ruas e rodovias, ameaçando ou comprometendo casas e infraestruturas públicas (tubulações, redes elétricas), e por vezes causando risco a moradores e outras construções. Os problemas ambientais também podem ser denotados como pelo vazamento de água e em ambientes rurais se denota por comprometer estradas rurais assim como áreas rurais. Os casos com danos associados a rotas de meios de transporte (ruas e rodovias) são significativos, representando mais da metade dos casos, como pode ser observado na Figura 7.

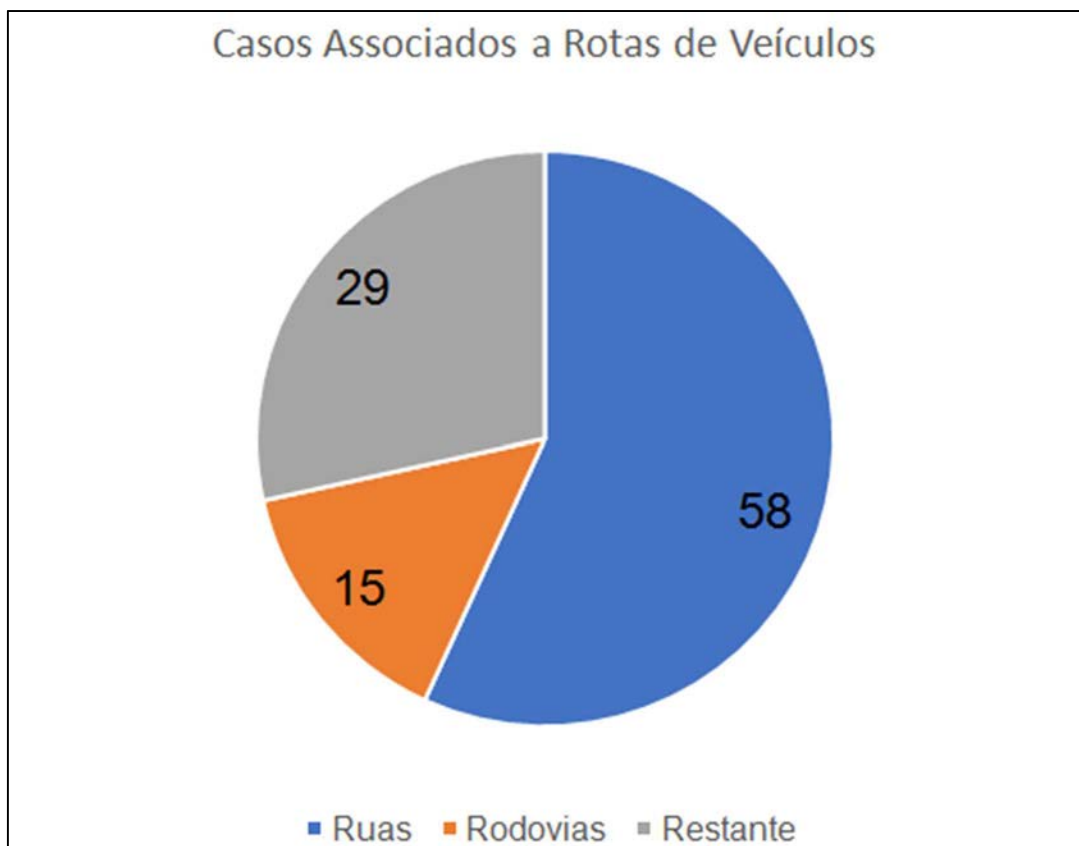


Figura 7 - Quantidade de casos associados a rotas de meios de transporte.

Em relação aos gráficos de volume de chuva para cada caso, a Figura 8 mostra a quantidade de chuva no dia do evento reportado.

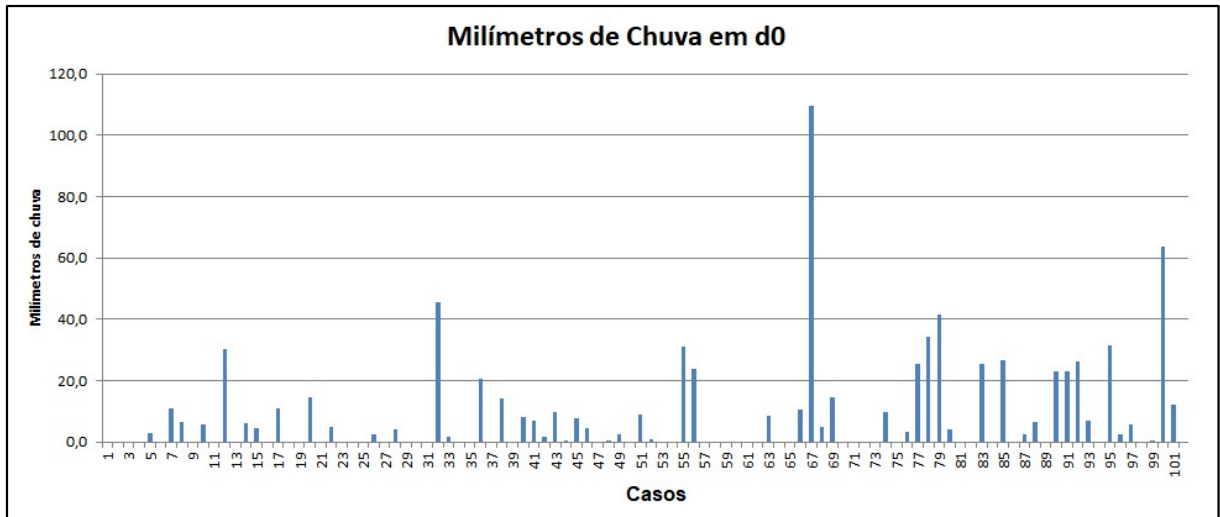


Figura 8 - Precipitação em milímetros no dia em que o evento foi reportado.

Em alguns casos pode se denotar um pico de chuva em d0, porém em outros casos a precipitação é nula ou próxima a zero, indicando que o evento pode ter sido reportado em um dia diferente em relação a um dia com chuva com expansão das erosões lineares.

O gráfico (Figura 9) demonstra a máxima pluviométrica em um dia dos últimos 31 dias (d0 até d30).

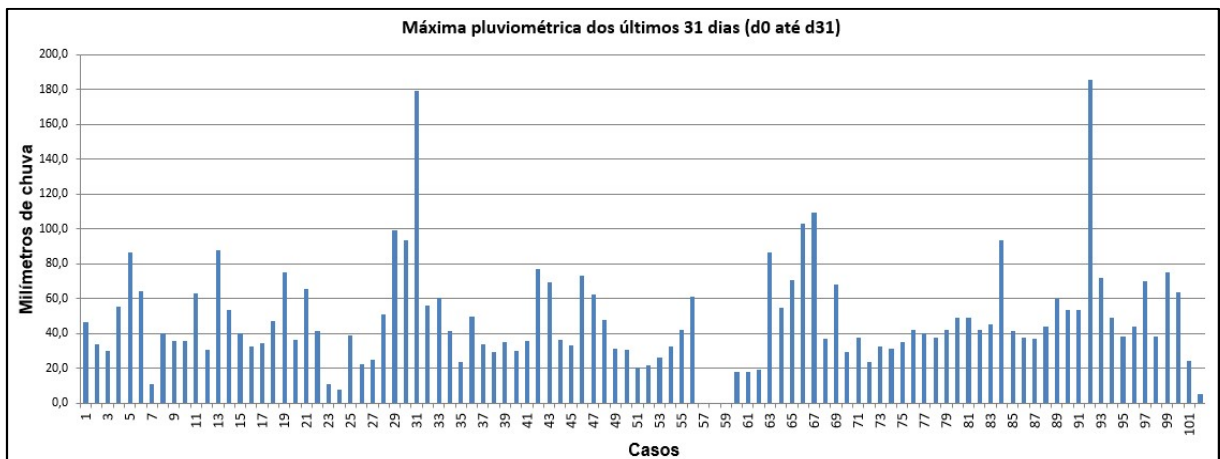


Figura 9- Precipitação em milímetros representando a máxima pluviométrica no dia de maior precipitação dos últimos 31 dias (d0 até d30).

Pode-se evidenciar uma grande quantidade de casos que apresentam uma máxima pluviométrica acima de 40 milímetros de chuva. Porém, ocorrem casos em que a máxima é inferior a 10 milímetros de chuva, indicando que as erosões lineares se desenvolvem através de um processo gradual e contínuo.

4.2. Estudo de Casos

Dentre os 102 casos registrados (Anexo 1), foram selecionadas 15 erosões, localizadas preferencialmente no estado de São Paulo, além de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal, algumas nas imediações do duto Osbra, conforme mostradas no mapa geomorfológico da Figura 10.

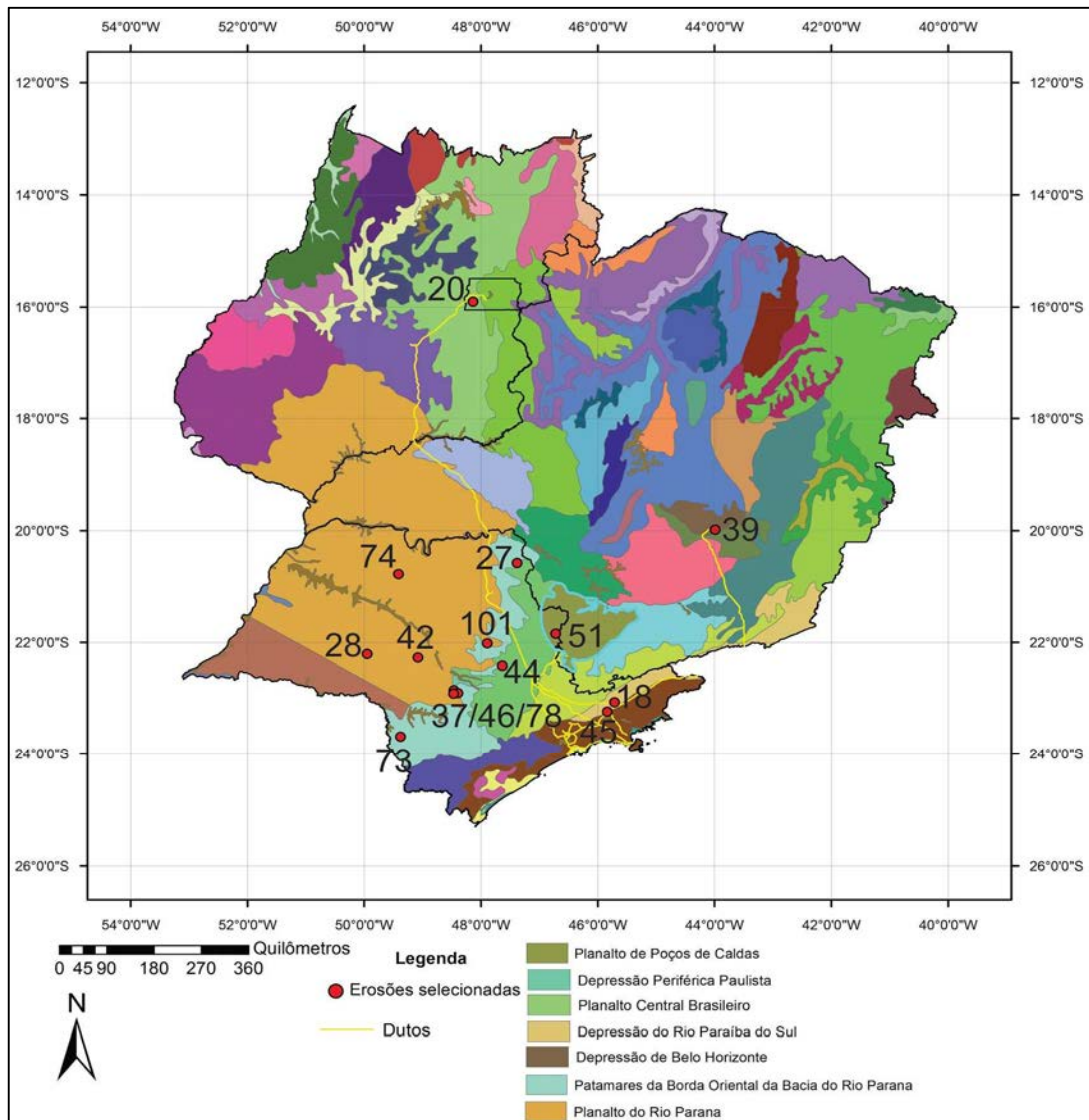


Figura 10 - Distribuição dos pontos de erosão selecionados em mapa geomorfológico. Fonte: IBGE/DGC.

Em seguida são apresentadas algumas informações de cada caso, assim organizadas: Número e localização, seguida de breve descrição e análise, ilustrada com o gráfico mostrando a precipitação no dia em que o evento foi reportado (d0), bem como a precipitação dos 30 dias anteriores (d1 até d31). Associando tais casos, a precipitação dos dias e os relatos noticiados, foi possível correlacionar os dados pluviométricos com os casos de erosão e realizar certas inferências.

Caso 18 - Bairro Pinus de Iriguassu, Caçapava, SP, 06/03/2015

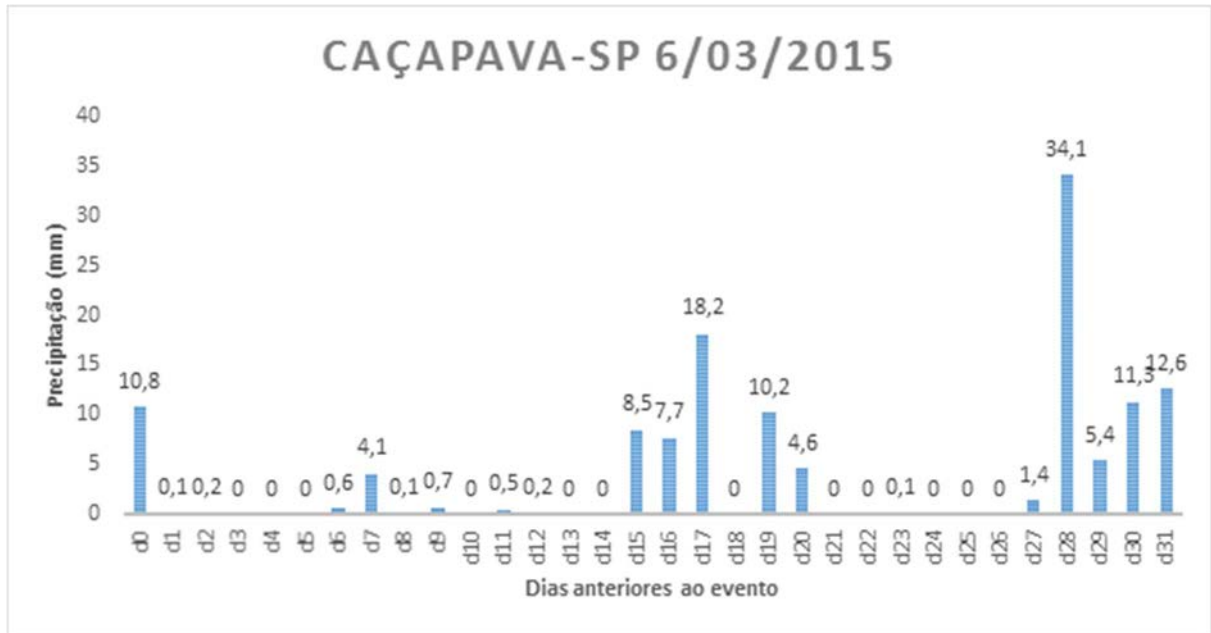


Figura 11 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Caçapava, SP, no dia 06/03/2015.

Segundo a reportagem, as chuvas do último mês aumentaram uma erosão em meio ao bairro. A erosão em questão (Figura 12) se trata de uma ravina, gerada a partir de fortes chuvas e galerias danificadas.

De acordo com o gráfico pluviométrico da Figura 11 os dias d28 a d31 ocorreram fortes chuvas com uma somatória superior a 60 milímetros de chuva. No dia d0, dia em que foi deflagrado o evento erosivo, ocorreu uma chuva que superou 10 milímetros, possivelmente responsável pela ampliação da erosão.



Figura 12 – Erosão expondo encanamentos enterrados no local. Fonte: G1, 2015.

Caso 20 - Núcleo Rural Vargem da Benção, Recanto das Emas, DF, 10/04/2015

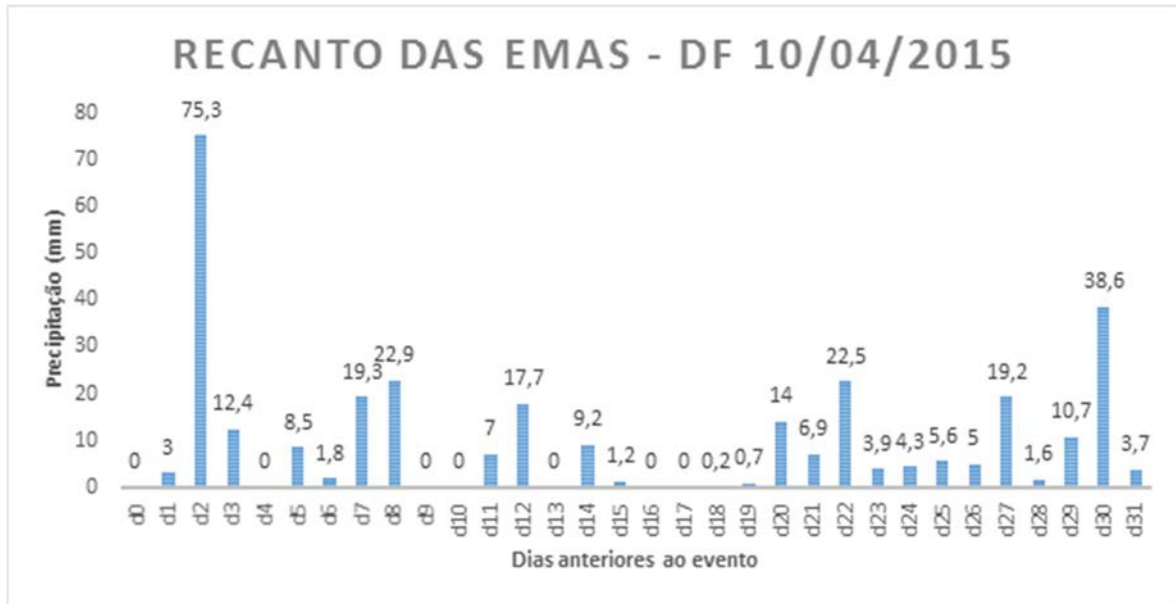


Figura 13 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Recanto das Emas, DF, no dia 10/04/2015.

De acordo com a reportagem, as fortes chuvas da madrugada do dia 08/04/2015 para o dia 09/04/2015 fizeram surgir uma imensa cratera em uma rua do Núcleo Rural Vargem da Bêncão, no Recanto das Emas, às margens da BR-060, deixando exposta a tubulação, assustando os moradores da região. e comprometendo infraestruturas. A erosão (Figura 14) se trata de uma ravina de longo comprimento. O evento erosivo provavelmente se associa ao evento pluviométrico ocorrido em d2, cuja precipitação superou 75 milímetros de chuvas (Figura 13). A forte chuva foi responsável pela erosão, que foi reportada provavelmente dois dias depois, em d0.



Figura 14 – Erosão expõe tubulação e colocando moradia em risco. Fonte: Correio Braziliense, 2015.

Caso 27 - Bairro Jardim Aeroporto, Franca, SP, 05/01/2016

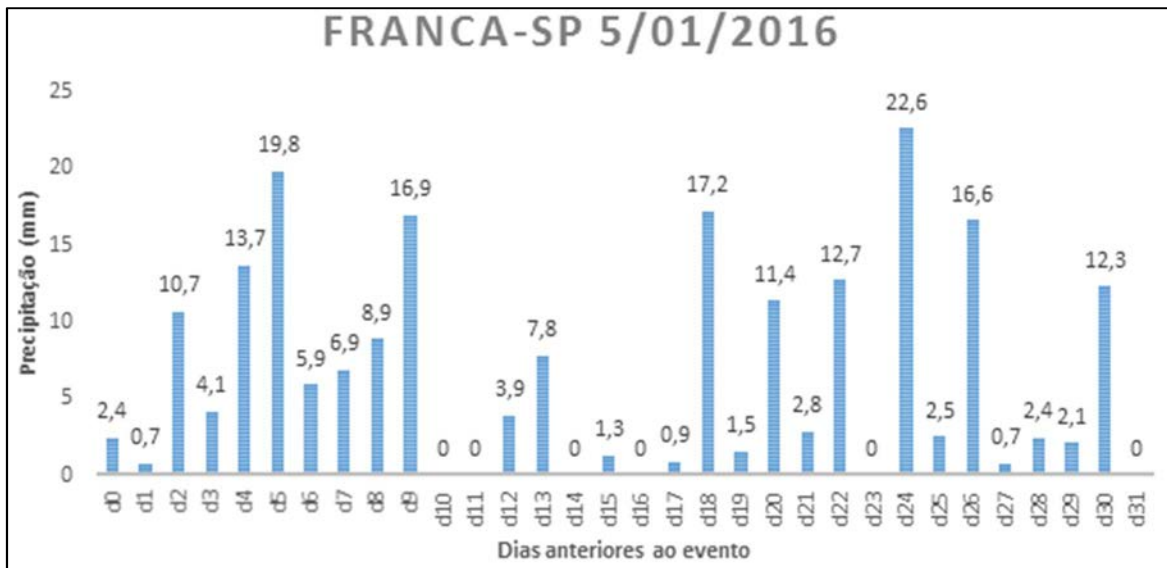


Figura 15 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Franca, SP, no dia 05/01/2016.

A reportagem noticiou que “as chuvas das últimas semanas contribuíram, consideravelmente, para o aumento do tamanho de uma voçoroca, ameaçando a estrutura de algumas casas do bairro. A erosão (Figura 16) se trata de uma voçoroca com cerca de 10 metros de profundidade gerada através de fortes chuvas associadas à ausência de galerias pluviais. Através do gráfico pode se observar que ocorreram chuvas consideráveis previamente à ampliação da feição erosiva. As chuvas em d2, d4, d5 e d9 ultrapassaram os 10 mm (Figura 15). E, ao considera os 30 anteriores à d0 as chuvas em d18, d20, d22, d24, d26 e d30 também foram superiores a 10 mm. Tais chuvas constantes e superiores a 10 mm contribuíram com o aumento expressivo da voçoroca.



Figura 16 – Erosão expressiva na cidade de Franca, SP. Fonte: G1, 2016.

Caso 28 - Rua Mato Grosso, Marília, SP, 5/01/2016

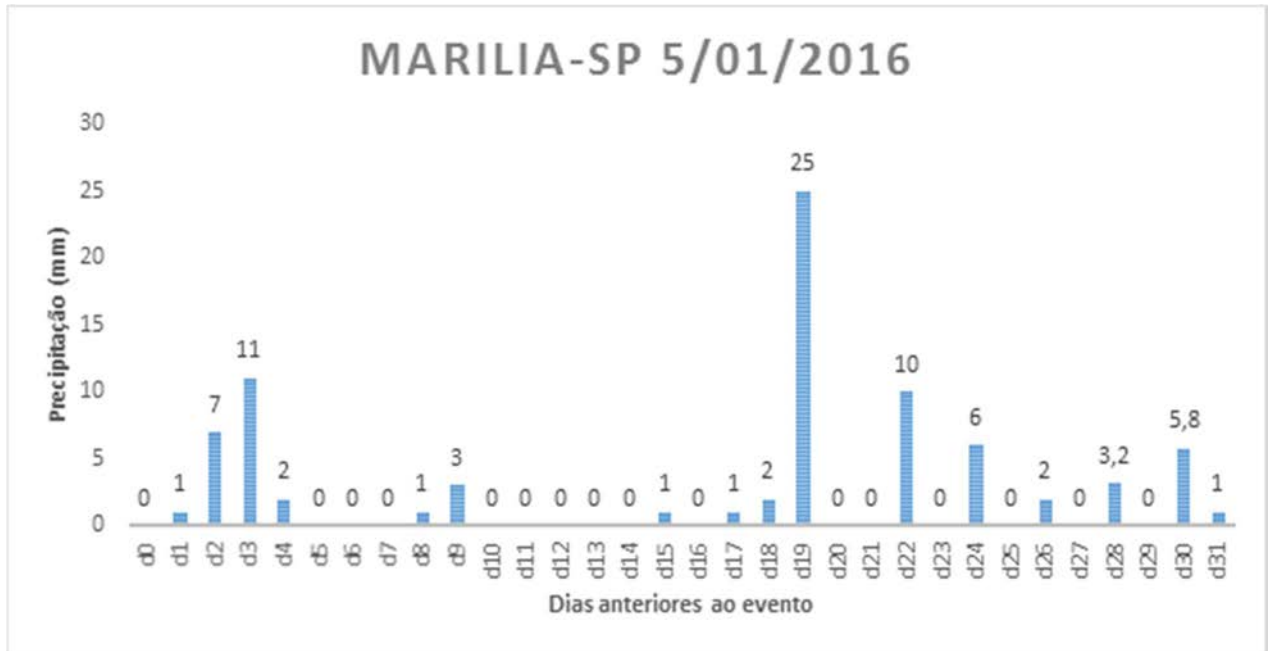


Figura 17 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Marília/SP no dia 5/1/2016.

Segundo a reportagem as fortes chuvas dos últimos dias de 2015 causaram novos e piorou os antigos problemas de erosão. A feição erosiva em questão (Figura 18) se trata de uma ravina gerada a partir de fortes chuvas e galerias danificadas. Analisando o gráfico pode se observar que em d19 a chuva atingiu 25 milímetros e em d3 e d2 a somatória das chuvas atingiu 18 milímetros (Figura 17). Em d0 não ocorreu precipitação, o que indica que o evento erosivo ocorreu anteriormente e possivelmente foi reportado no dia errado.



Figura 18 – Erosão atingindo edificações na cidade de Marília, SP. Fonte: G1, 2016.

Caso 37 - Bairro Vila di Capri, Botucatu, São Paulo, 5/06/2016

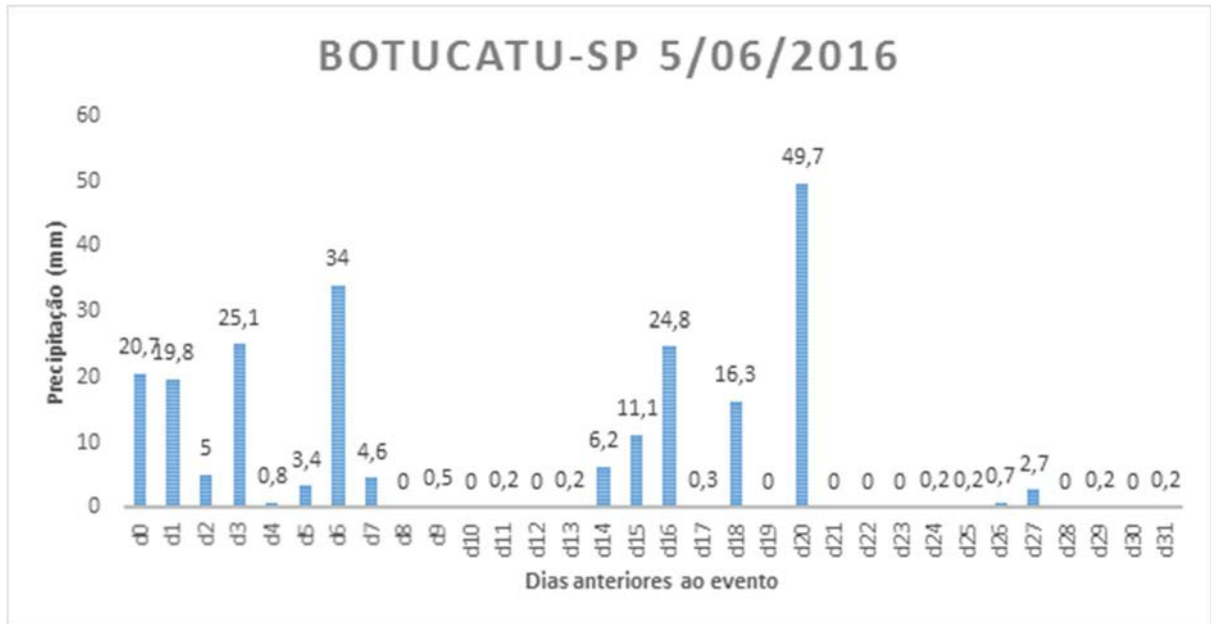


Figura 19 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Botucatu/SP no dia 5/6/2016.

Segundo a reportagem as fortes chuvas da noite de sábado, 04, na região do bairro Vila Di Capri em Botucatu, formou uma grande erosão. A feição erosiva é uma ravina (Figura 20) formada pelo escoamento de fortes chuvas no asfalto. As tubulações e galerias danificadas foram responsáveis pela erosão. O gráfico (Figura 19) aponta uma forte chuva no dia d20, ultrapassando 49 milímetros. As chuvas em d0 e d1 ultrapassaram 40 milímetros, o que contribuiu para a erosão.



Figura 20 – Fotos mostrando danos causados pela erosão na cidade de Botucatu, SP. Fonte: Jornal Acontece Botucatu, 2016.

Caso 39 - Bairro Bonsucesso, Belo Horizonte, Minas Gerais, 9/11/2016

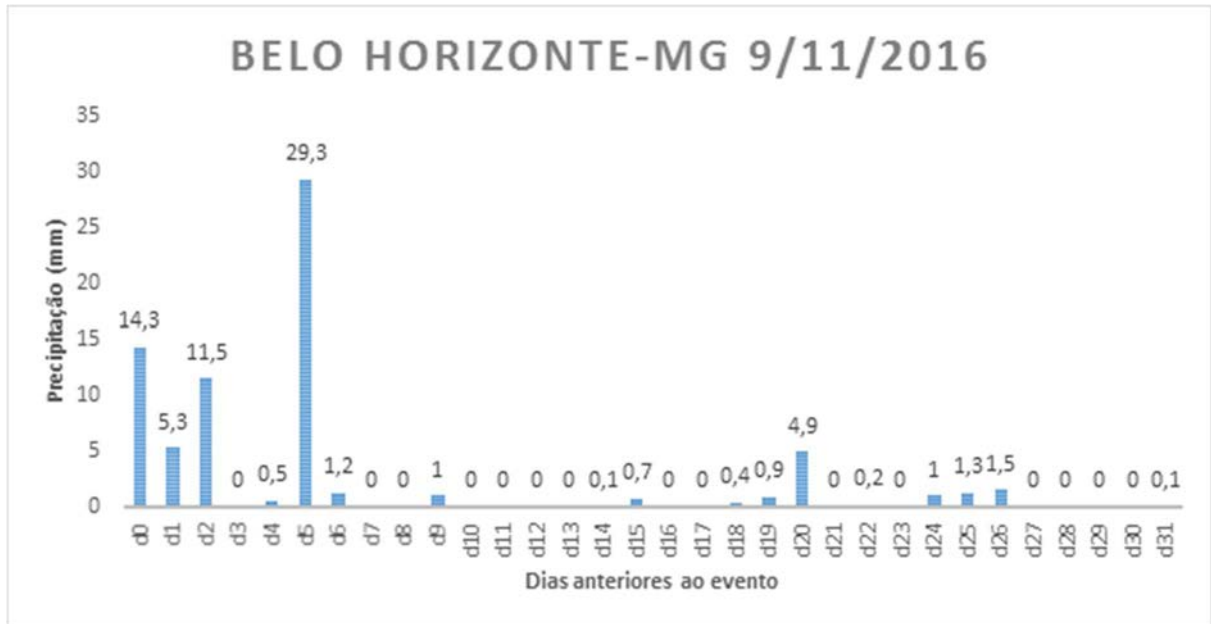


Figura 21 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Belo Horizonte/MG no dia 9/11/2016.

Segundo a reportagem as fortes chuvas na madrugada do dia 10 e na noite da quarta-feira 9 causou uma erosão e o desmoronamento de parte de uma no bairro Bonsucesso.

A feição erosiva se trata de uma voçoroca que foi ampliada através das fortes chuvas dos dias anteriores. Em d0 a chuva foi superior a 14 milímetros, em d2 superior a 10 milímetros e em d5 superior a 29 milímetros (Figura 21). Assim, é possível se inferir que as fortes chuvas dos dias anteriores contribuíram com o aumento da voçoroca.

Caso 42 - Bairro Pousada da Esperança, Bauru, São Paulo, 12/12/2016

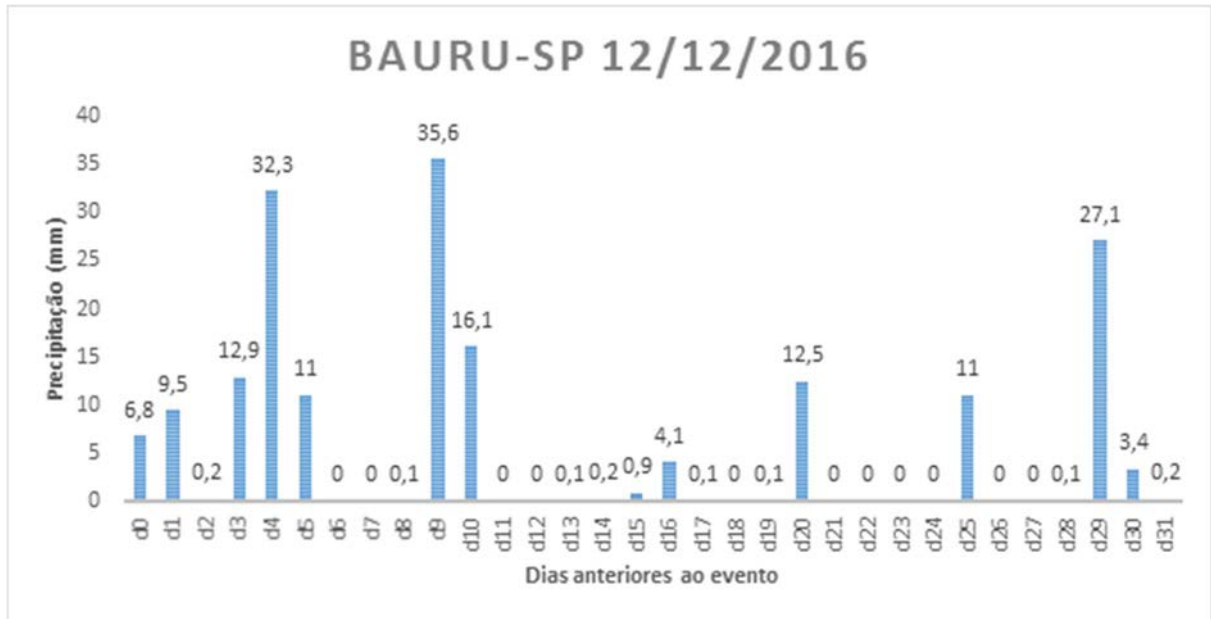


Figura 22 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Bauru/SP no dia 12/12/2016.

Segundo a reportagem as fortes chuvas aumentaram uma ravina no meio da Rua Takuji Takenaka, no bairro Pousada da Esperança, em Bauru (SP) piorou com a chuva do fim de semana (dias 10/12/2016 e 11/12/2016). As fortes chuvas e os problemas de drenagens pluviais ampliaram a ravina (Figura 23). Observando o gráfico da Figura 22 pode se notar que as chuvas superaram 100 milímetros nos últimos 30 dias, o que contribuiu com o aumento da ravina, comprometendo infraestruturas urbanas.



Figura 23 – Foto apresentando erosão expondo encanamentos enterrados, em via pública, em Bauru (SP). Fonte: G1, 2016.

Caso 44 - Campo do Cocho, Rio Claro, São Paulo, 23/01/2017

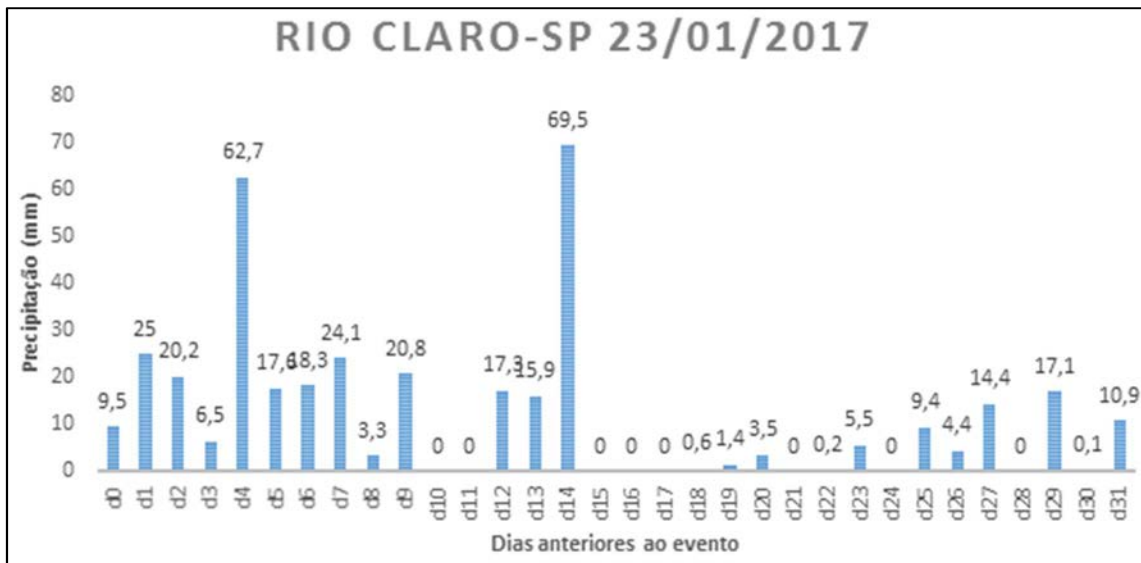


Figura 24 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Rio Claro/SP no dia 23/1/2017.

Segundo a reportagem as fortes chuvas dos últimos dias, inclusive as chuvas no fim de semana dos dias 21/01/2017 e 22/01/2017 foi responsável pela abertura de ravinas de expressivas que impediram o tráfego de veículos na Estrada do Campo do Cocho. Foi gerada uma ravina de aproximadamente 2 metros de profundidade na lateral da estrada rural (Figura 25), o que indica um escoamento da chuva para a lateral da estrada, assim gerando uma feição erosiva linear. Como pode se observar no gráfico da Figura 24, as chuvas ocorrem na maior parte dos dias entre d0 e d15, o que superou 200 milímetros de chuva, responsável pela erosão.



Figura 25 – Fotos apresentando erosão em estrada rural no Município de Rio Claro, SP. Fonte: Imprensa da Prefeitura de Rio Claro, 2017.

Caso 45 - Bairro Santa Luzia, São José dos Campos, São Paulo, 25/01/2017

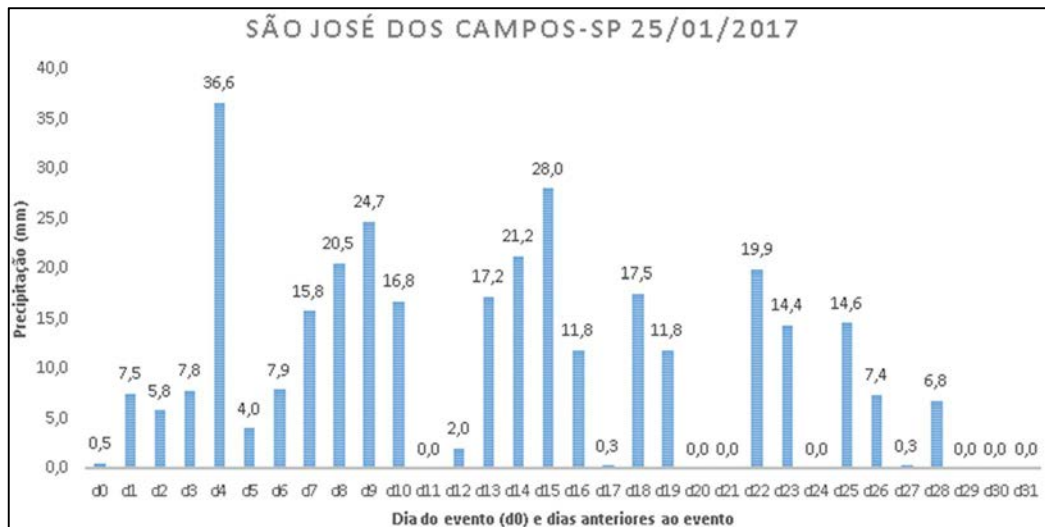


Figura 26 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de São José dos Campos/SP no dia 25/1/2017.

Segundo a notícia, com as chuvas dos últimos dias, a erosão aumentou, colocando em riscos os moradores, que estão com medo das casas caírem. A Sabesp informou por meio de nota que a cratera foi aberta devido a problemas com a galeria de água pluviais e a responsabilidade é da prefeitura da cidade. A feição erosiva (Figura 27) é uma ravina de profundidade superior a 5 metros, gerada por fortes chuvas e galerias pluviais danificadas, dessa forma, como pode se observar, as chuvas constantes dos dias anteriores ao evento ser deflagrado em d0 (Figura 26), foram responsáveis pela erosão.



Figura 27 – Fotos mostrando erosão de grande magnitude em São José dos Campos, SP. Fonte: G1, 2017

Caso 46 - Zona Rural, Botucatu, São Paulo, 27/01/2017

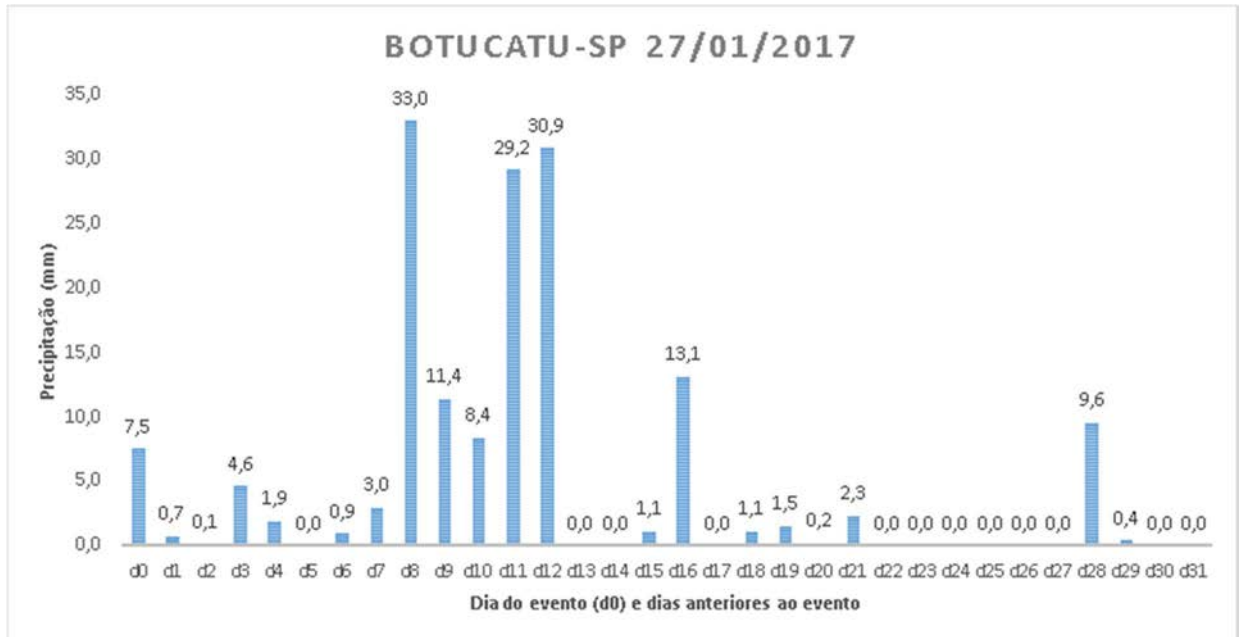


Figura 28 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Botucatu/SP no dia 27/1/2017

Segundo a notícia a chuva intensa deste mês está contribuindo para a formação de uma erosão em uma área verde às margens da estrada rural Geraldo Biral, em Botucatu. A erosão (Figura 29) começou há alguns meses, mas foi nas últimas semanas que o buraco ficou maior e chegou mais próximo às margens da rodovia. A erosão se trata de uma ravina de cerca de 30 metros de comprimento e 4 metros de profundidade. Analisando o gráfico (Figura 28), as fortes chuvas dos dias anteriores, principalmente em de d8, d11 e d12 (somatória dos três dias superou 90 milímetros) foram responsáveis pela ampliação da erosão.



Figura 29 – Fotos com a erosão e o respectivo depósito de assoreamento. Fonte: Diário Botucatu, 2017.

Caso 51 - SP-215, Águas da Prata, São Paulo, 1/03/2017

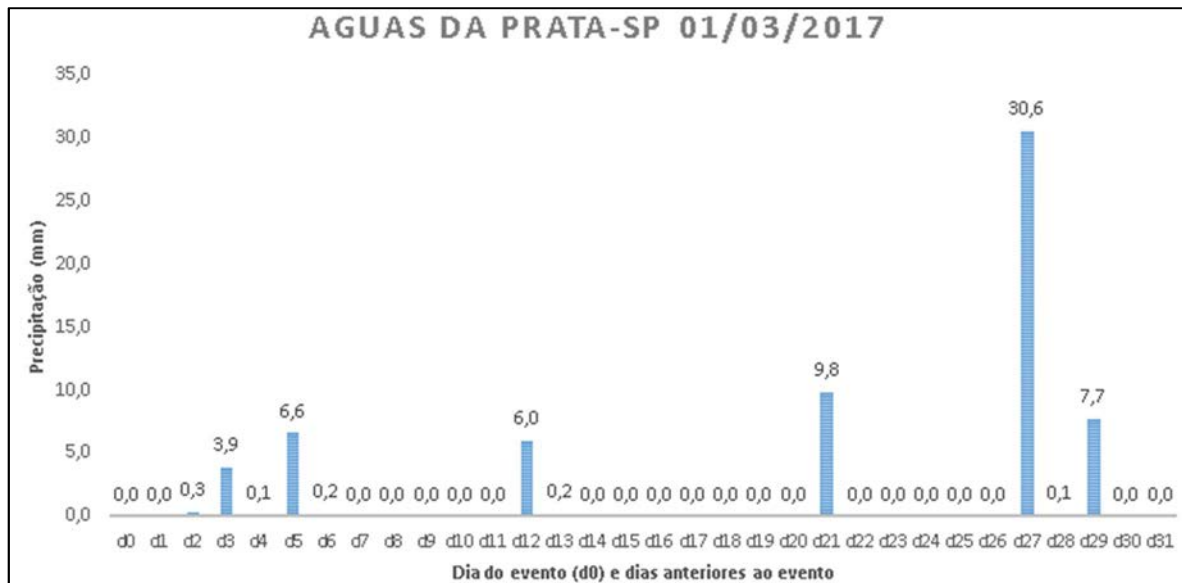


Figura 30 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de águas da Prata/SP no dia 1/3/2017.

Uma erosão em um trecho da Rodovia João Batista de Souza Andrade (SP-215), que liga Águas da Prata a Vargem Grande do Sul (SP), preocupa motoristas que passam pela região devido aos riscos. O problema começou durante as chuvas no mês passado. A erosão (Figura 31) fica no km 8 da rodovia e se formou depois de uma forte chuva no dia dezoito de março. A enxurrada levou embora a base do asfalto e destruiu um trecho com cerca de 300 metros do acostamento da rodovia no sentido de Vargem Grande do Sul. A chuva do dia d27 superou 30 milímetros (Figura 30), o que indica que possivelmente o evento não tenha ocorrido no dia d0, e provavelmente no dia da máxima mensal, o que gerou sulcos na rodovia devido à grande precipitação. As chuvas posteriores ao dia d27 provavelmente contribuíram com a ampliação dos sulcos na rodovia, já que não ocorre influência de galerias no local.



Figura 31 – Fotos mostrando erosão na lateral da rodovia. Fonte: G1, 2017.

Caso 73 - Rodovia Jurandir Siciliano, Itaporanga/Coronel Macedo, São Paulo,
11/01/2018

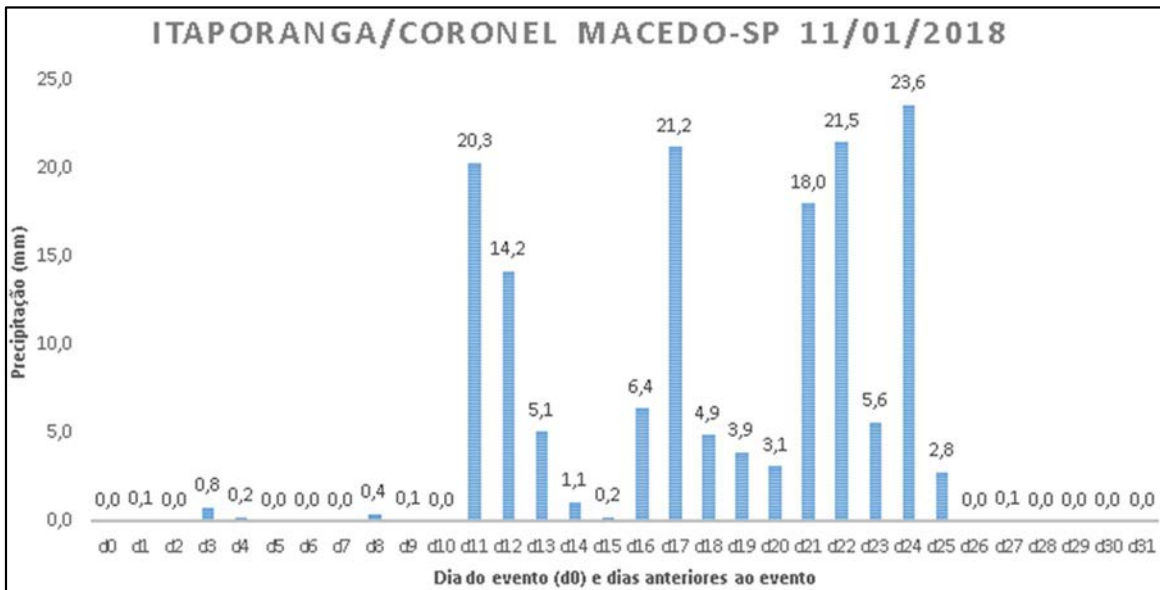


Figura 32 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Itaporanga/Coronel Macedo/SP no dia 11/1/2018

De acordo com a Polícia Rodoviária, as chuvas que atingiram a região causaram a erosão na rodovia, formando a cratera. Por medida de segurança, a pista foi interditada até reparo ser feito. A feição erosiva se trata de uma voçoroca (Figura 33) formada pelas fortes chuvas atreladas a galerias danificadas. Analisando o gráfico (Figura 32) pode se observa uma grande influência de precipitações entre d25 e d11, o que possivelmente contribuiu com a feição erosiva, e as galerias pluviais danificadas foram responsáveis pela ampliação, já que em d0 e nos dias anteriores quase não ocorreu precipitação.



Figura 33 – Fotos mostrando erosão na lateral da rodovia. Fonte: G1, 2018.

Caso 74 - Solo Sagrado, São José do Rio Preto, São Paulo, 18/01/2018

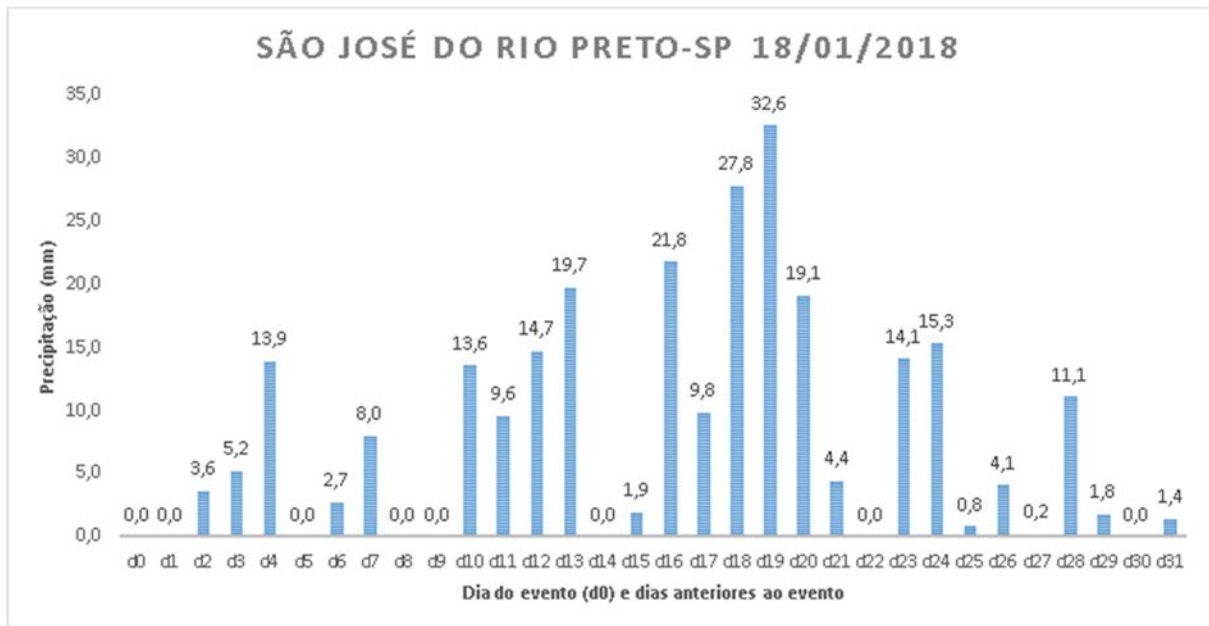


Figura 34 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de São José do Rio Preto/SP no dia 18/1/2018

Segundo a reportagem uma cratera se abriu durante o período de chuvas das últimas semanas, no bairro Solo Sagrado, em São José do Rio Preto (SP). Os moradores relataram à equipe de reportagem da TV TEM que os tubos da galeria pluvial foram arrastados com as chuvas e o buraco abriu. A feição erosiva se trata de uma voçoroca (Figura 35) gerada pelas fortes chuvas. Como se observa no gráfico (Figura 34) as precipitações ao longo das semanas anteriores ultrapassam 100 milímetros, rompendo tubulações.



Figura 35 – Erosão com entulho em S. J. do Rio Preto, SP. Fonte: G1, 2018.

Caso 78 - Jardim Riviera, Botucatu, São Paulo, 24/01/2018

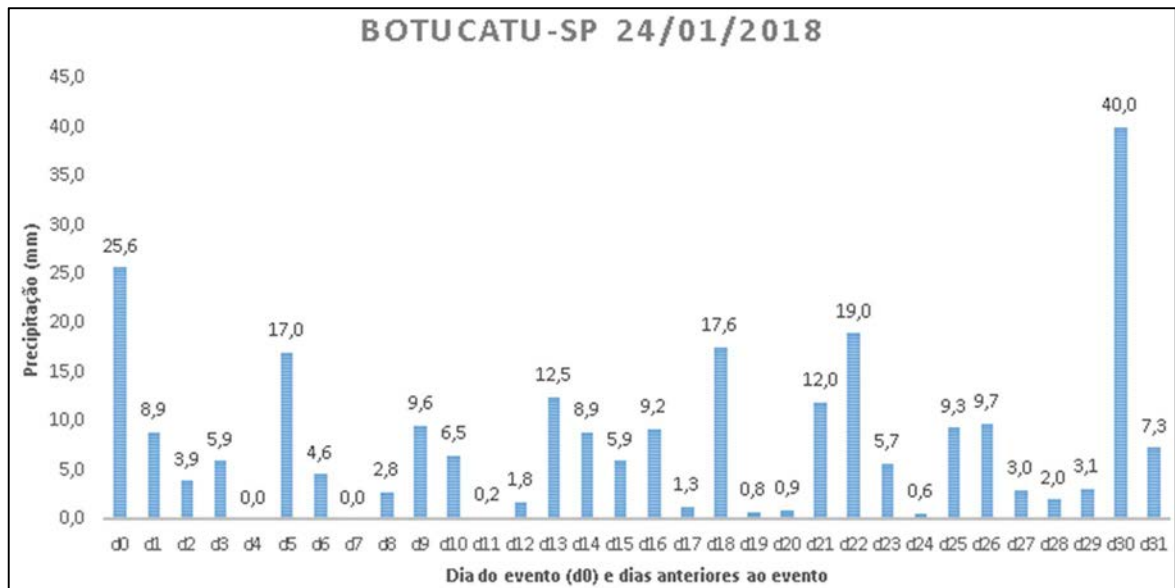


Figura 36 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de Botucatu/SP no dia 24/1/2018.

Segundo a notícia, os moradores da região registraram imagens de diversos estragos causados pelas fortes chuvas que atingiram Botucatu na tarde desta quarta-feira (24). O muro lateral de um imóvel residencial caiu por completo na calçada, houve um deslizamento sobre a passagem do rio, causando erosão de quase meia pista na rua, um açude rompido causando grande erosão, interditando o tráfego de veículos e algumas casas foram inundadas pela água da chuva (Figura 37). As feições erosivas se tratam de ravinas. No gráfico (Figura 36) pode se observar que a precipitação foi constante ao longo de todo o período precedente ao evento. Em d0, as chuvas ultrapassaram 25 milímetros, o que ampliou a erosão em questão.



Figura 37 – Erosão com danos em vias e edificação em Botucatu, SP. Fonte: Agência14news, 2018.

Caso 101 - Avenida Comendador Alfredo Maffei, São Carlos, São Paulo,
21/03/2018

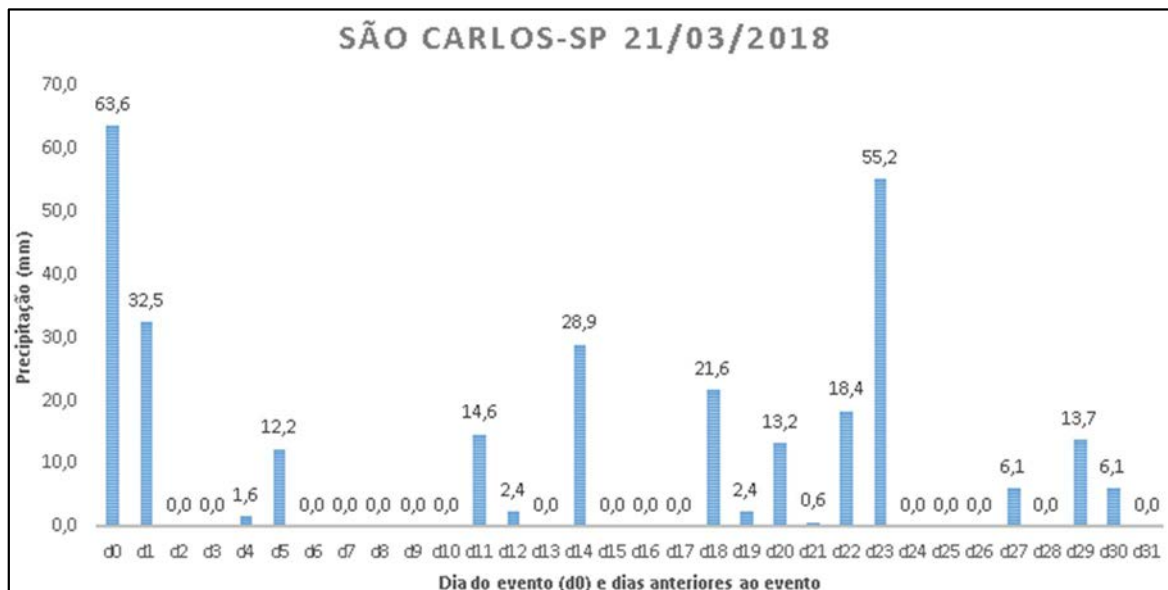


Figura 38 - Gráfico da distribuição das chuvas, no dia do evento (d0) e retroativa a 30 dias para a cidade de São Carlos/SP no dia 21/3/2018.

De acordo com a reportagem a forte chuva do dia 21 foi responsável por gerar grandes erosões, comprometendo infraestruturas públicas como ruas e tubulações e ainda derrubando árvores (Figura 39). Ao analisar o gráfico (Figura 38) e atrelando à imagem é possível observar a influência da precipitação ocorrida em d0, que superou 63 milímetros. Também pode se notar que em d1 as chuvas superaram 30 milímetros. Assim, a somatória das precipitações em ambos os dias superou 95 milímetros e foi responsável pela formação e ampliação das erosões supracitadas do evento.



Figura 39 – Erosão afetando via marginal de córrego em São Carlos, SP. Fonte: G1, 2018.

Analisando as informações e os gráficos denotados nos estudos dos casos pode se denotar a influência da atividade pluvial (chuvas) na influência e crescimento das erosões lineares, já que as informações reportadas indicam a ocorrência de chuvas, muitas vezes em larga escala, previamente às reportagens. Também pode ser feita uma constatação da forte influência antrópica, das áreas urbanas e de expansão urbana na formação e acelerando a dinâmica de feições erosivas lineares na forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

A prevenção e a contenção dos processos erosivos dependem do controle e fiscalização das áreas de crescimento urbano. Para tal devem ser estabelecidas diretrizes e leis específicas contemplando as características geológicas, geomorfológicas e hidrológicas respectiva a cada local que apresenta riscos de erosões lineares. Possíveis prevenções e contenções para esses problemas se apresentam como projetos urbanos que contemplem um eficiente sistema de drenagem que distribua a água, não a concentrando.

Como forma de correlacionar os 15 casos de erosão com a intensidade pluviométrica, foi construído o gráfico a seguir (Figura 40), indicando as máximas mensais, acumulações mensais e precipitação no dia em que o evento foi reportado (d0) para cada um dos casos.

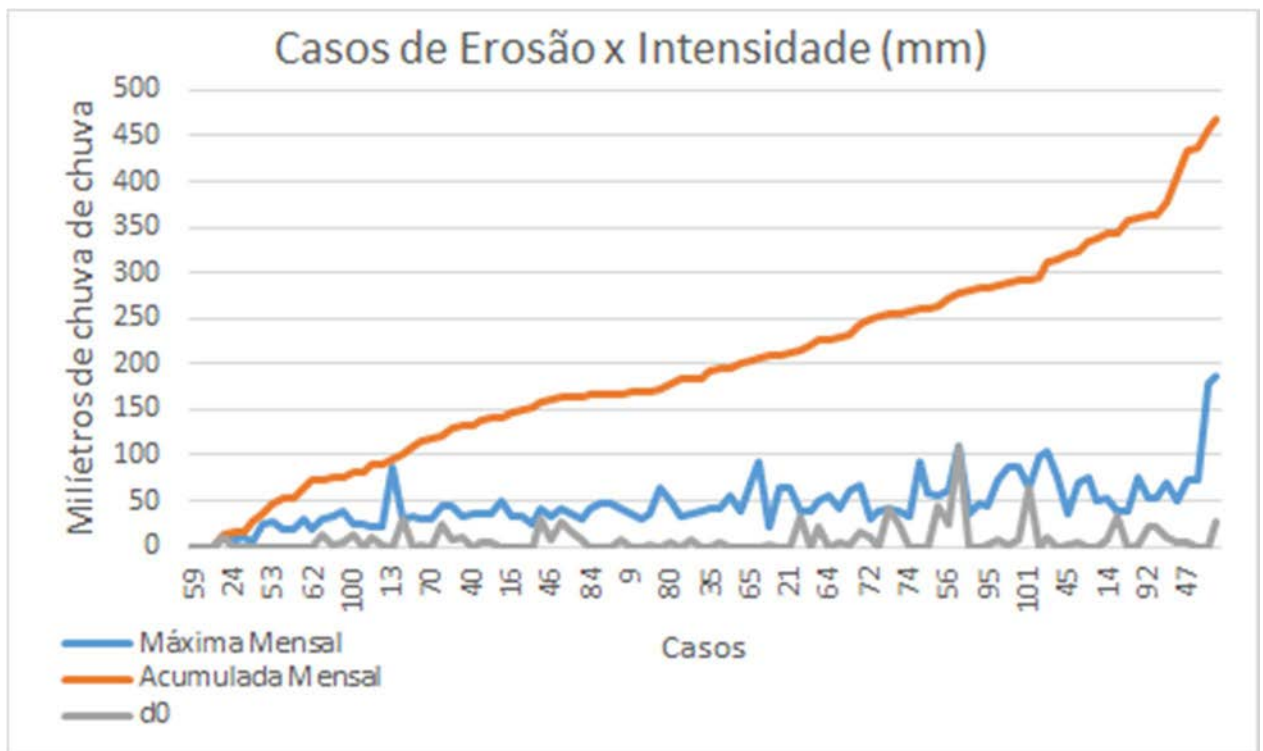


Figura 40 - Casos de erosões e suas máximas mensais, acumuladas mensais e intensidade no dia do evento.

Na maior parte dos casos pode se denotar que as máximas pluviométricas mensais estão longe das acumuladas mensais, sendo que na maioria dos casos essa diferença supera 100 milímetros de chuvas. Tal fato corrobora a inferir e concluir que as feições erosivas lineares são geradas através processos contínuos e graduais, podendo ser agravadas através de máximas pluviométricas de grande porte.

4.3. Correlação dos 102 Casos e Dados Pluviométricas

A análise da Figura 41 mostra que as áreas onde se encontram as erosões, comumente, não são em zonas onde a precipitação em 3 dias ultrapassa 100 mm, portanto, pode-se prever que outros fatores tenham colaborado para o desenvolvimento de tais feições, como a influência antrópica, desmatamento da mata nativa original, sistemas de drenagens inadequados e concentração de recursos hídricos, de forma a potencializar a ação da chuva. Também cabe ressaltar que essas zonas onde a frequência de chuva nos 3 dias é baixa, possuem, portanto, chuvas rápidas e fortes, o que pode corroborar com fenômenos erosivos e auxiliar no crescimento de feições erosivas lineares.

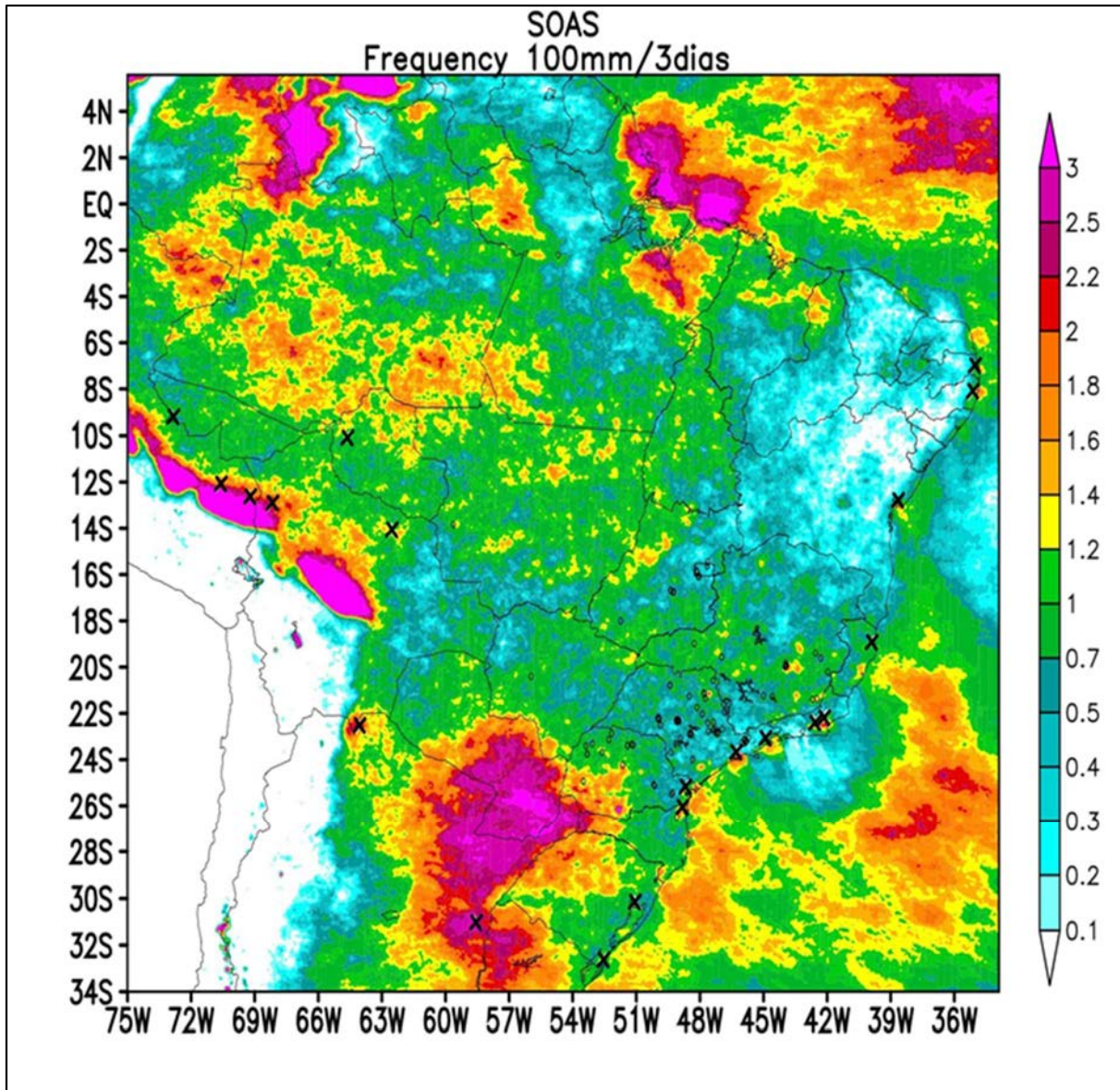


Figura 41 - Mapa mostrando áreas e pontos em que a frequência de chuva ultrapassou 100 mm em 3 dias. Fonte: IAG, 2018.

De forma associada, de acordo com os dados fornecidos pelo IAG, observa-se que, segundo a Figura 42, cerca de 50% dos casos estão associados à eventos com uma chuva acumulada máxima diária acima de 40 mm em no mês (30 dias retroativos à d0).

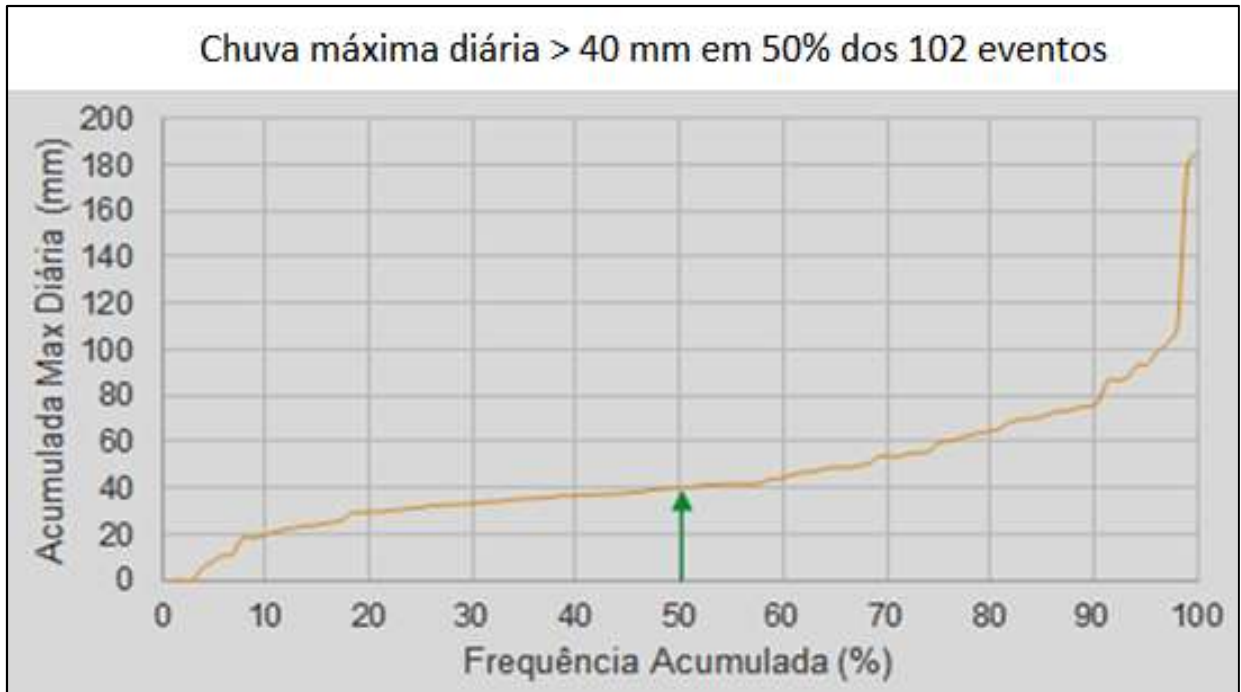


Figura 42- Chuva acumulada máxima diária e seus percentuais na frequência de erosões.

Relacionando aos 30 dias retroativos, conforme a Figura 43, cerca de 80% dos casos, o evento ultrapassa 100 mm de chuva acumulada mensal, e em cerca de 50% dos casos, esse valor vem a ser maior que 200 mm de chuva acumulada mensal.

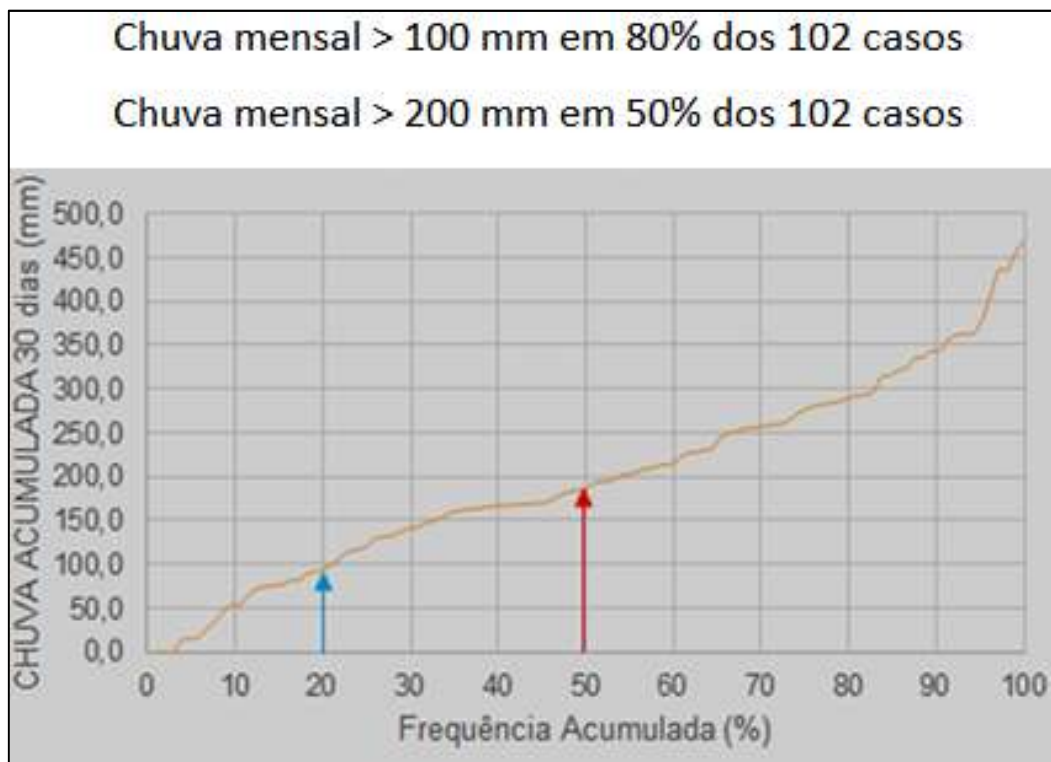


Figura 43 - Chuva acumulada máxima em 30 dias retroativos e seus percentuais na frequência de erosões.

As Figuras 42 e 43 apresentam que em muitos casos a atividade pluvial foi altamente representativa previamente aos casos de erosão linear, assim pode se constatar que apesar de as feições erosivas lineares serem formadas gradualmente e de forma lenta, as chuvas se apresentam como agente importante e responsável pela geração das erosões.

Nas Figuras 44 e 45 são apresentados os gráficos comparando as acumuladas de 3, 15 e 30 dias com outros dados. Na Figura 44 é apresentado uma comparação entre as chuvas dos dias em que os eventos foram reportados (d0) e as acumuladas de 3 dias, 15 dias e 30 dias respectivamente.

Já na figura 45 pode se observar a comparação entre as chuvas máximas mensais dos 30 dias anteriores à d0 com s acumuladas de 3 dias, 15 dias e 30 dias respectivamente.

Pode se observar nos gráficos da Figura 44 que não é evidente uma diferença considerável entre as chuvas do dia em que o evento foi reportado (d0) e as acumuladas dos 3 dias anteriores, de forma a criar uma linha de tendência na qual os pontos não estão muito dispersos em relação á linha. Já na comparação entre as chuvas do dia (d0) com as acumuladas de 15 e 30 dias pode se denotar uma dispersão considerável dos pontos em relação à linha de tendência.

Na Figura 45 pode se notar uma considerável diferença do primeiro gráficos em relação aos dois gráficos subjacentes. No gráfico de Máxima mensal em comparação com a acumulada dos 3 dias anteriores ao dia do evento pode se denotar que é possível criar uma linha de tendência na qual os pontos estão muito pouco dispersos. Tal fato indica que as máximas mensais normalmente se incluem dentro do período de acumulado de 3 dias. Assim, esse pico pluviométrico mensal inserido no acumulado de 3 dias indica que além das chuvas graduais, os picos de chuvas também podem contribuir no crescimento das erosões lineares.

Já nos gráficos comparando com as máximas com as acumuladas de 15 dias e 30 dias (Figura 45) ocorre uma maior dispersão em relação a uma linha de tendência, indicando que as acumuladas são consideravelmente diferentes em relação às máximas mensais. Assim, pode se considerar que os processos erosivos lineares são contínuos e graduais, porém com picos pluviométricos pode se ter um aumento considerável da erosão já existente.

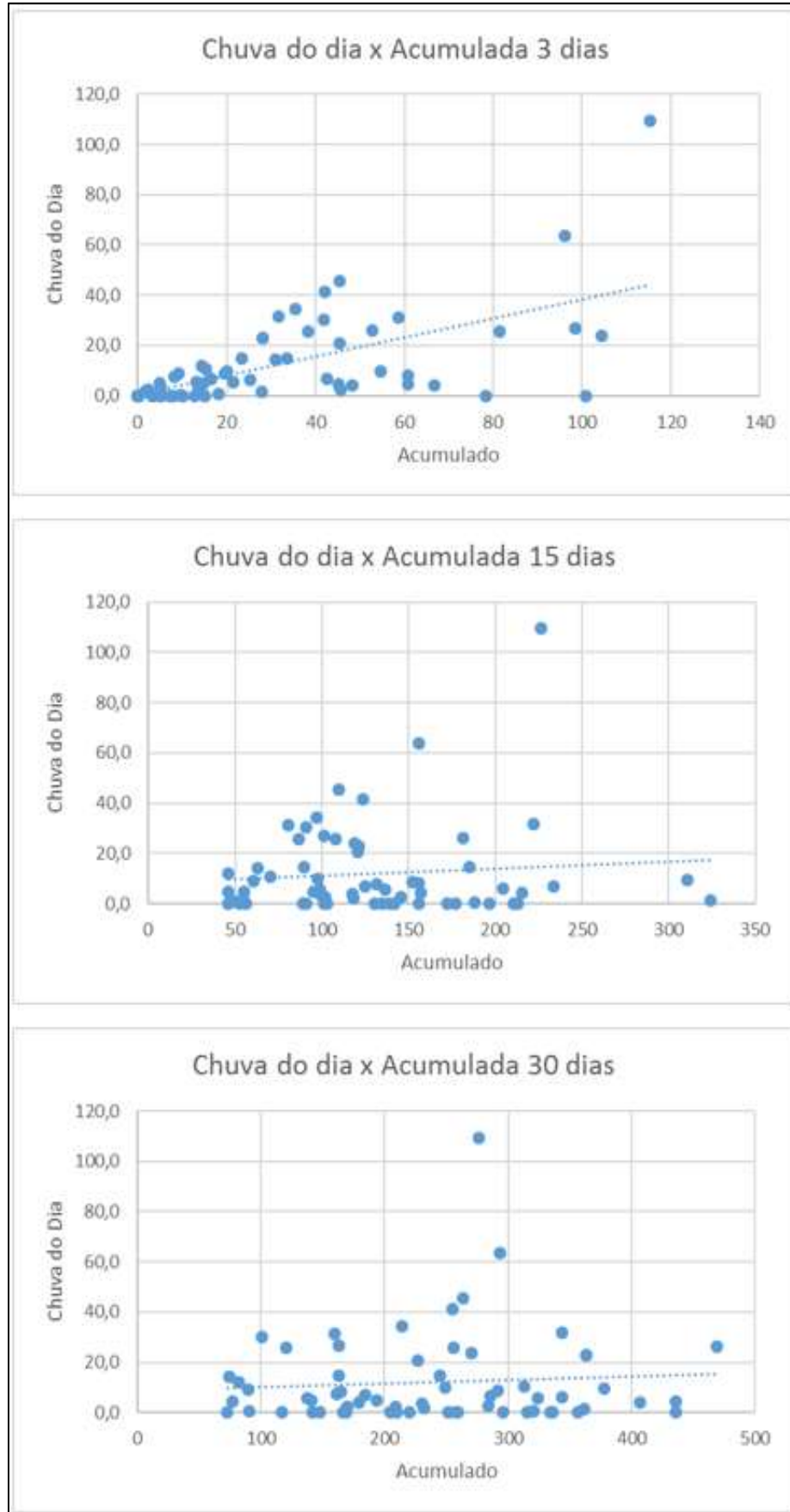


Figura 44 – Gráficos apresentando as chuvas dos 102 casos em d0 em comparação com as acumuladas de 3 dias, 15 dias e 30 dias anteriores ao evento.

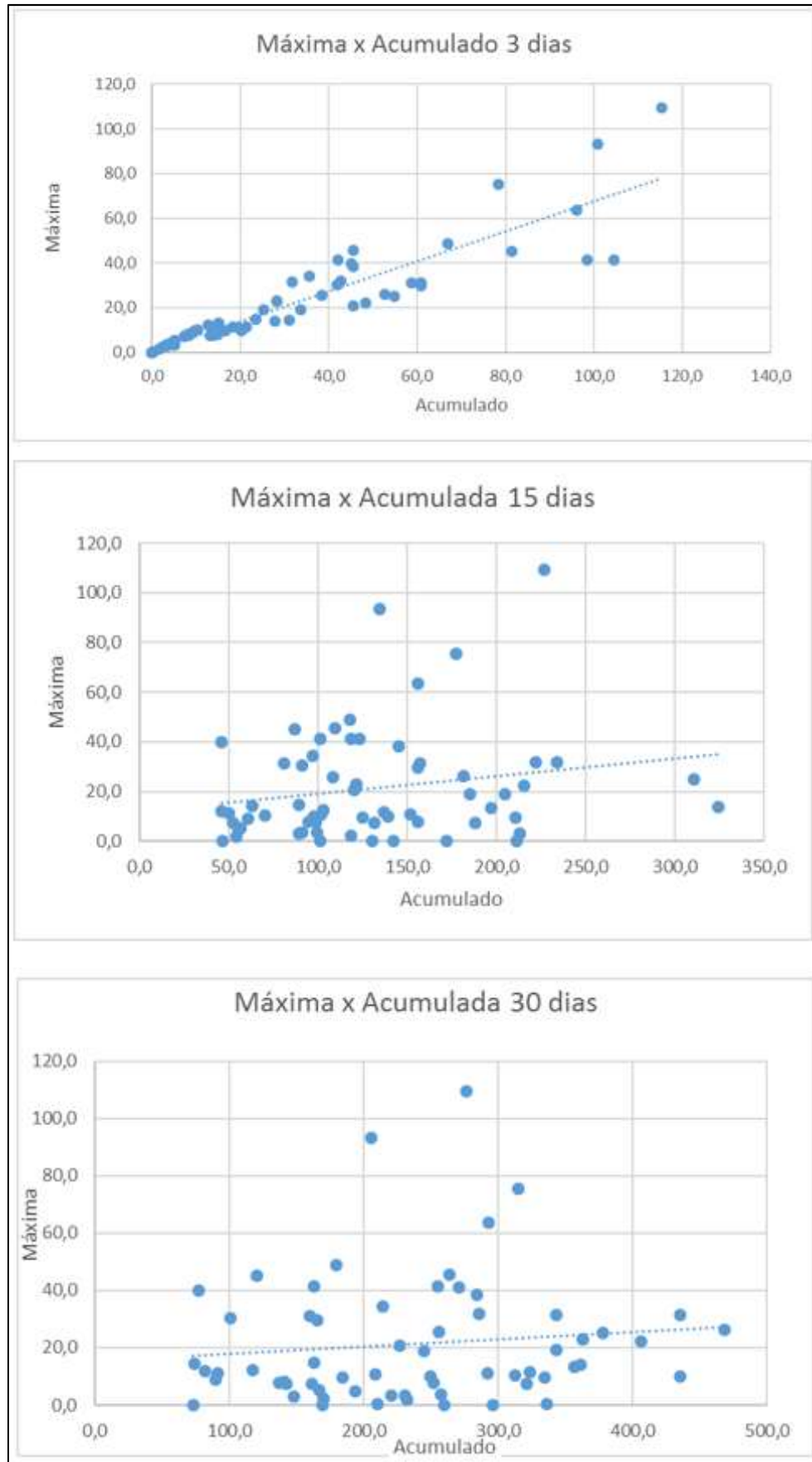


Figura 45 - Gráficos apresentando as chuvas máximas mensais dos 102 casos em comparação com as acumuladas de 3 dias, 15 dias e 30 dias anteriores ao evento.

Como uma análise a primeira instância, observa-se que os padrões de dispersão contido nos gráficos tendem a se horizontalizar conforme se estudam casos envolvendo um maior número de casos retrógrados.

Os gráficos também apresentam que em mais de 80% dos casos, a chuva que ocorreu no dia do evento ultrapassou 30 mm., o que difere de outros processos, como o fluxo de massa, que comumente demandam de uma precipitação de 40 mm como um ponto de partida para o processo.

Embora os gráficos apresentem certa linearização quando trabalhados com dados próximos ao dia do evento, essa linearização se perde quando trabalhado com dados que abranja de 15 a 30 dias retroativos ao evento, isso pode ser explicado devido ao fato de que a probabilidade de uma maior dispersão dos dados aumenta conforme o número de dias aumenta.

Assim, para a prevenção e alerta de casos de erosão, as chuvas associadas ao tipo de solo e meio geológico devem ser analisadas particularmente. Em terrenos sedimentares arenoso, como ocorre em grande parte da Bacia Sedimentar do Paraná e em grande parte dos 102 casos estudados, a erodibilidade do terreno é maior, sendo necessária maior cautela e atenção ao se associar aos dados pluviométricas, já que baixas quantidades pluviométricas sobre terrenos arenosos associadas a ambientes urbanos e rurais com sistemas de drenagens não adequados podem ser responsáveis pela formação de feições erosivas lineares de grande porte.

Também pode se denotar que as situações de possível risco para processos erosivos lineares (geração de sulcos, ravinas e voçorocas), principalmente para erosão pluvial, devem ser tratadas de forma distinta da gestão aplicada para escorregamentos, por haver uma diferença na velocidade de desenvolvimento dos processos de erosão, sendo a erosão pluvial mais lenta, porém persistente ao longo do período chuvoso, já os escorregamentos são processos rápidos e muitas vezes repentinos.

4.4. Estudo de Casos de Erosões Lineares na Bacia do Paraná

No tópico em questão serão tratados casos de erosões lineares nas cidades de Bauru/SP e de Rio Claro/SP, ambas situadas no estado de São Paulo e cujos municípios apresentam erosões contidas nos 102 casos já estudados. Os dois os casos se inserem no contexto de erosões sobre terrenos arenosos da Bacia do

Paraná. O caso de Bauru/SP se insere no contexto de formações geológicas arenosas do Grupo Bauru, enquanto o caso de Rio Claro/SP se insere principalmente no contexto arenoso da Formação Rio Claro

4.4.1. Contexto Geológico da Bacia do Paraná e contexto da Bacia no estado de São Paulo

A Bacia do Paraná é uma vasta região sedimentar de forma elíptica com eixo N-S mais desenvolvido. Ela se localiza na porção centro-oriental da América do Sul, compreendendo regiões do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, e totalizando uma área de aproximadamente 1,5 milhão de quilômetros quadrados (Milani *et al.*, 2007). No Brasil, a bacia se distribui pela região Sul, (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e partes de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais, sendo que a bacia compreende uma área de cerca de 1,1 milhão km².

A bacia apresenta um registro estratigráfico composto por rochas magmático-sedimentares que exhibe uma espessura máxima de 7 mil metros em seu depocentro, localizado geograficamente na calha do rio Paraná (Milani *et al.*, 2007). Esse pacote registra a sedimentação durante o Paleozóico e Mesozóico, entre os períodos do Neordoviciano ao Neocretáceo, que corresponde a aproximadamente 385 Ma segundo Milani (1997).

O registro geológico da Baía do Paraná não é contínuo, havendo uma série de lacunas ao longo do tempo geocronológico abrangido pela bacia. Podem ser delimitadas, assim, uma série de discordâncias regionais entre os pacotes, sendo organizados em seis Supersequências (*sensu* Vail *et al.*, 1977): Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). As três primeiras sequências são representativas de ciclos transgressivos-regressivos paleozóicos, ao passo que as demais constituem um registro sedimentar continental mesozoico.

Segundo Milani (2007), o Grupo Itararé e as Formações Tatuí, Irati, Corumbataí e Pirambóia se associam à Supersequência Gondwana 1, enquanto as Formações Botucatu e Serra Geral, e rochas correlatas, se associam à Supersequência Gondwana 3. Ainda, há o Grupo Bauru, associado a Supersequência de mesmo nome.

No estado de São Paulo, o Grupo Guatá é representado pela Fm. Tatuí, o Grupo Passa Dois pelas Fm. Irati e Corumbataí, o Grupo São Bento pelas Fm. Pirambóia, Botucatu e Serra Geral e o Grupo Bauru pela Fm. Itaqueri na região de Ipeúna (Zaine, 1994). As Unidades Geológicas associadas às regiões de estudo estão citadas e especificadas a seguir.

- **Grupo Itararé (Permiano-Carbonífero):** Segundo Zaine (1994), constitui a unidade base da coluna estratigráfica na região de Rio Claro, aflorando no fundo dos vales dos rios Corumbataí e Passa Cinco, na estrutura denominada domo de Pitanga. Apresenta espessura aproximada de 900m e uma alta variedade faciológica, compreendendo camadas espessas de arenito de granulação variada, desde muito fino a conglomératico (Zaine, 1994) com cruzadas, siltitos, diamictitos e ritmitos.

Segundo Perinotto (2008), o ambiente de formação é altamente variável, possuindo origens continentais (glacial, fluvial, lacustre), mistas (ambientes transicionais) e marinho (glacio-marinho). Também é associada ao Grupo Itararé a última incursão marinha na Bacia do Paraná e possuindo fósseis de origem marinha.

A assembleia fóssilífera se caracteriza por bivalves, braquiópodos articulados, palinóforos, acritarcas, poríferos, glossopteridófitas, pterófitas, lycófitas e outras pteridófitas.

- **Formação Tatuí (Permiano):** Possui espessuras aproximadas de 30 a 40m, cujas litofácies presentes são identificadas como lamitos de coloração vermelha e marrom-arroxeados na porção basal e lamitos cinza-esverdeados em direção ao topo (Soares, 1972), com concreções carbonáticas redondas, arenitos muito finos com cruzadas e estrutura Hummocky (tempestitos) na fração superior. A Camada Ibicatu ocorre no topo da Fm. Tatuí e corresponde a um nível de conglomerado rico em grânulos e seixos de sílex e bioclastos, constituindo uma camada de espessura com cerca de 10cm a 3m (frequentemente menor que 1m), sendo utilizada como camada-guia do topo da Fm. Tatuí.

O ambiente se associa à transgressão gerada pelo derretimento das geleiras do Itararé (misto/ marinho raso). Fulfaro et al. (1984) e Perinotto (1987) definem o ambiente como representando uma plataforma marinha, um sistema costeiro e, localmente na região de Rio Claro, um sistema de leques deltáicos.

Os fósseis são caracterizados por escamas, dentes e espinhos de nadadeiras de peixes e coprólitos na Camada Ibicatu e por acritarcas e cordados (condrítios) no restante da Fm. Tatuí.

- **Formação Irati (Permiano):** constitui a unidade litoestratigráfica da Bacia do Paraná com maior homogeneidade e identidade em toda a sua extensão areal (Zaine, 1994) e é dividida em Membro Taquaral na base (10 a 15 metros) e Membro Assistência no topo (40 a 50 metros). O Membro Taquaral possui litofácies associadas a um folhelho negro com alta matéria orgânica e carbono orgânico. O Membro Assistência está atrelado folhelhos negros (alta matéria orgânica) e calcários dolomíticos. Níveis ricos em concreções de sílex podem ser observados ao longo das diferentes litologias da formação. Alguns estromatólitos também podem estar presentes na unidade.

O ambiente é caracterizado como misto (Laguna, plataforma rasa). A Formação Irati corresponderia ao ápice do evento transgressivo que afetou a sequência permocarbonífera da bacia, admitindo-se ambiente marinho de águas calmas para a porção basal e marinho de águas rasas em áreas de plataforma para o membro superior (Schneider et al., 1974)

Grande quantidade de fósseis pode ser observada nessa formação, sendo representado por cianofíceas, pteridófitas, pseridospermófitas, gimnospermófitas, troncos de traqueófitas, foraminíferos, mesossauros no Mb. Assistência e clarkecaris (crustáceos) característicos do Mb. Taquaral.

- **Formação Corumbataí (Neopermiano):** Possui uma espessura aproximada de 60m a 70m, podendo chegar a 130m. Segundo Zaine (1994), as litofácies apresentam siltitos, argilitos e folhelhos avermelhados/arroxeados, bancos carbonáticos e sílexíticos, níveis de coquinas e camadas de arenitos finos.

Ambiente de formação raso com exposição subaérea (gretas de contração e estromatólitos), grande parte dos autores, como Gama Jr. (1979), associam com ambientes de marés interpondo-se, esporadicamente, depósitos de "offshore", sendo admitidas condições mais continentais para o topo, enquanto outros associam apenas a ambientes rasos sem influência marítima.

Os fósseis são denotados por bivalves, ostracodes, conchostráceos, peixes (dentes e escamas) e restos de vegetais (troncos).

- **Formação Pirambóia (Triássico-Jurássico):** Unidade do topo da Supersequência Gondwana 1, formada no Triássico e com espessura aproximada de 150m. De acordo com Zaine (1994), as litofácies se associam a arenitos finos e médios, com grãos arredondados e esféricos, com níveis conglomeráticos (na base), de cores avermelhadas e amareladas, com estratificações cruzadas de porte variado,

geradas por ventos e correntes aquosas. Ocorrem níveis de lamitos (argilas e siltes depositados em interdunas). Ambiente com situações flúvio-desérticas (desértico) com certos rios intermitentes, migração de dunas de areia e regiões interdunas mais úmidas, representando a continentalização da Bacia do Paraná.

A deposição dessa Formação se insere em um diferente contexto geotectônico, relacionado a um episódio referido como Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967). Neste novo cenário geotectônico, em etapa precursora, processou-se a sedimentação flúvio-eólica da Formação Pirambóia (Zaine, 1994).

Fósseis representados por icnofósseis (principalmente pegadas).

- **Formação Botucatu (Jurássico-Cretáceo):** Constituída por arenitos finos a médios avermelhados, com grãos bem arredondados e foscos, friáveis ou silicificados e ainda, localmente, podem ocorrer arenitos argilosos e níveis conglomeráticos (Zaine, 1994). Ocorre em São Paulo, acompanhando ou próximo à linha de cuevas, com espessuras médias de 50 a 70 m, até um máximo de 150 m (Zaine, 1994).

O ambiente indicado para gênese dessa formação é desértico, com deposição eólica, devido às paleodunas, representadas pela presença constante de estratificação cruzada em grandes cunhas, que é uma característica fundamental desta unidade. Subordinadamente, há registros de sedimentos flúviorrençiais e lacustrinos (Zaine, 1994)

Seus registros paleontológicos se restringem a pegadas e pistas fósseis (Schneider et al., 1974).

- **Formação Serra Geral e Rochas Correlatas (Eocretáceo):** A Formação possui uma espessura aproximada de 100m e suas correlatas se apresentam na forma de diques e soleiras com espessura altamente variável. A litologia é representada predominantemente por rochas máficas extrusivas (basaltos). Inclui-se rochas intrusivas associadas ao evento do vulcanismo da Bacia do Paraná, constituídas por diques e expressivas soleiras de diabásio (Zaine, 1994).

Pode ser compreendida como um extenso magmatismo de fissura como uma resposta intraplaca frente aos esforços que resultaram na separação entre a América do Sul e a África, lava ascendeu acima das dunas da Formação Botucatu.

- **Formação Itaqueri (Terciário):** composta por uma alternância de arenitos, por vezes silicificados ou com crostas ferruginosas, lamitos e conglomerados. As maiores espessuras observadas estão em torno de 125 m (Zaine, 1994).

O ambiente indicado pela faciologia seria um sistema de leques aluviais (alta energia), sendo ainda sugeridas condições áridas a semi-áridas para a época de deposição (Zaine, 1994). Parte dessa formação pode ser associada ao acervo de sedimentos que constituem a Formação Rio Claro.

Segundo Mezzalira (1989), os registros paleontológicos incluem gastropódes, bivalves, ostracodes e conchostráceos.

- **Grupo Bauru (Neocretáceo):** Pela divisão estratigráfica adotada pelo IPT em 1981 e de acordo com proposta de Soares et al (1980), o Grupo Bauru engloba quatro formações geológicas (Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília) e aflora em grande parte da região centro-oeste do Estado de São Paulo, abrangendo uma área de cerca de 102.000 km², o que corresponde a aproximadamente 40% da área total do Estado.

As Formações se situam estratigraficamente acima da Formação Serra Geral e são basicamente constituídas por arenitos de diferentes colorações, com pequenos bancos de lamitos e siltitos. Restos de dinossauros estão entre os fósseis que são encontrados na unidade

A Formação Caiuá é constituída predominantemente por arenitos de coloração arroxeada, com marcante estratificação cruzada de grande porte, tangencial na base de granulação fina a média, bem selecionados ao longo da mesma lâmina ou estrato, com grãos arredondados e subarredondados.

A Formação Santo Anastácio é caracterizada pela ocorrência de arenitos marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação fina a média, seleção geralmente regular a ruim, com grãos arredondados a sub-arredondados, cobertos por película limonítica.

A Formação Adamantina é constituída por um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenitos de granulação de fina a muito fina, cor de róseo a castanho, portando estratificação cruzada, com espessuras variando entre 2 a 20 metros.

A Formação Marília é constituída por arenitos grosseiros a conglomeráticos, com grãos angulosos, teor de matiz variável, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis e ocorre em bancos com espessura média entre 1 e 2 metros, maciços ou com acabamento incipiente, subparalelo e descontínuo, raramente apresentando estratificação cruzada de médio porte.

- **Formação Rio Claro (Terciário-Quaternário):** Possuindo cerca de 30m (Zaine, 1994) de espessura e podendo se situar sobre diferentes unidades geológicas. Segundo Zaine (1994), é composta de arenitos mal selecionados, esbranquiçados, amarelos e róseos, friáveis, por vezes com estratificações cruzadas, níveis centimétricos a decimétricos de argilitos e níveis conglomeráticos (principalmente na base).

O ambiente de formação se associa com condições fluviais constituindo-se um paleocanal, e localmente com pequenos lagos dentro da planície de inundação. Conforme Zaine (1994), os sedimentos teriam como fonte os arenitos das formações Botucatu e Piramboia, atestado pela situação geográfica e pelas semelhanças granulométricas e texturais e, ainda, a Formação Corumbataí, fornecedora tanto dos clastos da base, como do material formador das camadas pelíticas.

Fósseis, principalmente de restos vegetais comparados a representantes de angiospermas atuais, são encontrados normalmente em argilitos (Zaine, 1994).

- **Sedimentos Aluviais Recentes (Quaternário):** Detém espessura variável (normalmente pequena) e composta por depósitos arenosos inconsolidados e outros sedimentos aluviais, que podem preencher os fundos de vales atuais e terraços (Zaine, 1994). Em planícies aluviais ocorre lama frequentemente associada a matéria orgânica. Sedimentos associados ao canal fluvial e à planície fluvial.

4.4.2. Caso Bauru

4.4.2.1. Síntese da Geologia Local em Bauru/SP

O Município de Bauru se situa na porção centro-oeste do Estado de São Paulo, região em que afloram formações respectivas ao Grupo Bauru. A maior parte do município se insere no contexto em que afloram arenitos. Tais rochas se apresentam diversas vezes friáveis e são facilmente erodíveis.

A área urbana de Bauru é predominantemente recoberta pela Formação Adamantina (arenitos finos a muito finos) e pela Formação Marília (arenitos finos a grosseiros). Como pode se observar na Figura 1, grandes taxas de erosão estão associadas à porção centro-oeste do estado de São Paulo, que é na maior parte recoberta por arenitos do Grupo Bauru.

A constituição das rochas e dos solos do local explicam a grande susceptibilidade à eventos erosivos lineares na região, como sulcos, ravinas e voçorocas.

4.4.2.2. Voçoroca localizada no Parque Bauru, Bauru/SP

Tratou-se da maior erosão urbana do Estado de São Paulo, teve seu início devido a instalação de conjuntos habitacionais, estes alteraram a bacia de contribuição do local, que não possuía uma rede de drenagem eficiente. Parte das informações tratadas nesse tópico são provenientes da tese de Almeida Filho (2000).

A instalação do processo erosivo ocorreu devido a fortes chuvas no primeiro semestre de 1992, com grande evolução da cabeceira e rápido desenvolvimento (o maior no estado de São Paulo); em 6 meses (novembro/92 a abril/93) a voçoroca atinge 800 metros de extensão, largura de 26 metros (média), máxima largura acima de 50 metros, como pode ser visto na Figura 46, além de profundidade variando de 15,5 a 28 metros.

| Comparação entre as medidas da voçoroca nos anos 1993 e 2000 | | | |
|---|-----------------|-----------------|------------------------------|
| Dados geométricos da voçoroca em 1993 | | | |
| Comp. Médio (m) | Prof. Média (m) | Larg. Média (m) | Vol. Médio (m ³) |
| 800 | 15 | 30 | 360.000 |
| Dados geométricos da voçoroca em 2000 | | | |
| Comp. Médio (m) | Prof. Média (m) | Larg. Média (m) | Vol. Médio (m ³) |
| 150 | 4 | 20 | 12.000 |

Figura 46- Medidas da voçoroca nos anos 1993 e 2000

As chuvas no ano atingiram patamares extremamente altos, como pode ser visto na Figura 47, foram meses relativamente atípicos para o nível de chuva, esse foi um dos motivos para o rápido avanço da feição erosiva (Figura 48), e também para que fosse considerada a maior erosão no estado de São Paulo.

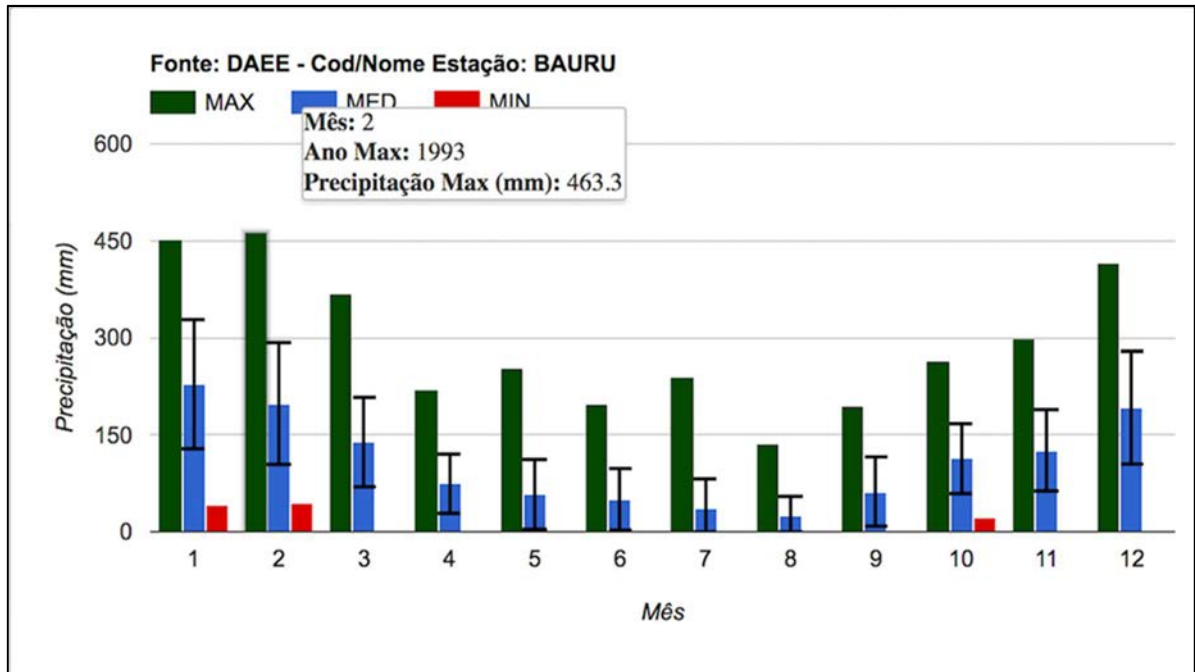


Figura 47 – Gráfico dos valores de precipitação máxima, média e mínima para o ano de 1993, próximo ao Parque Bauru.



Figura 48 - Vista geral da erosão do Parque Bauru, em 1993. Fonte: IPT.

Quando a erosão atingiu o lençol freático, formada pela concentração das águas pluviais da bacia de contribuição, começou a evoluir lateralmente pela ação do *piping*. Cerca de 360.000 m³ de sedimentos e lixos foram transportados e depositados para o córrego Vargem Limpa, chegando até o rio Bauru. Em fevereiro de 1993 foram adotadas algumas obras emergenciais para conter a erosão. Fez-se quatro obras de construção, sendo que duas delas estavam à montante da bacia de contribuição, como barragens (sistema de cachimbos) e bacias de retenção/infiltração. As outras duas obras tiveram o objetivo de desviar/ direcionar as águas pluviais e construção de várias paliçadas no interior da erosão que não tivesse ocorrendo *piping*. Junto a essas obras adotadas, foi implementado um sistema de drenagem mais completo nas ruas paralelas e transversais à voçoroca, com materiais mais resistentes, aumentando a captação da água por “bocas-de-lobos”, grelhas e sistema de dissipação com blocos de rocha.

Como observado no gráfico as chuvas em fevereiro de 1993 foram muito superiores às médias para o mês, mais que duas vezes a média para o mês. Em outubro de 1993, foram realizadas mais três obras como diques de terra com drenagem subterrânea, dreno subterrâneo misto e aterro da erosão com abatimento dos taludes. Porém, com todas essas obras emergenciais e posteriores, em 2000 foi constatado um processo erosivo de jusante para a montante de forma acelerada, que acabou comprometendo as obras já realizadas.

Certas tarefas poderiam solucionar tal problema, como refazer aproximadamente 200 metros do dreno na forma de espinha de peixe, aterrar parte da erosão, executar algumas curvas de nível e reparar as de montante, a revegetação e pavimentação das ruas transversais poderiam resolver o problema. Seria necessário também a visita periódica para realização da manutenção.

A situação até os anos 2000 era ainda preocupante, pois os processos erosivos de pequeno porte, causados pela intensidade das chuvas sucessivas, ainda eram frequentes mesmo após certo investimento na área. Mesmo assim, houve a destruição de 100 metros do dreno da área.

Em setembro de 2010 a prefeitura deu continuidade à implantação de asfalto novo para o bairro Parque Bauru, guias, serviços de limpeza e aterramento em trechos da avenida Jorge Schneyder Filho e avenida Cruzeiro do Sul.

Em fevereiro de 2011 o Parque Bauru recebeu serviços emergenciais para a recuperação de ruas de terra, contendo os estragos provocados pelas chuvas, o

avanço da ocupação, como pode ser observado na transição entre 2004 e 2010 (Figura 49), pode ser o responsável por este problema. Em uma única rua, rua Maria de Lourdes Almeida, sendo a área mais crítica do bairro, foram necessários cerca de 65 caminhões de terra e entulho para conter uma grande erosão e fazer o nivelamento do solo. No mês de março do mesmo ano foram realizadas obras de infraestrutura, incluindo construção de novas galerias e pavimentação

Em janeiro de 2016 a prefeitura de Bauru realizou obras para a recuperação de galerias no bairro Parque Bauru, em alguns trechos da rua Silvia Regina Mariano, avenida Jorge Shneyder Filho com a rua Ataliba Bastos. Uma enorme cratera abriu após chuva no dia 12 de janeiro do mesmo ano, com desabamento de uma parte de uma casa, chegando três metros de comprimento e um pouco mais de quatro metros de profundidade.

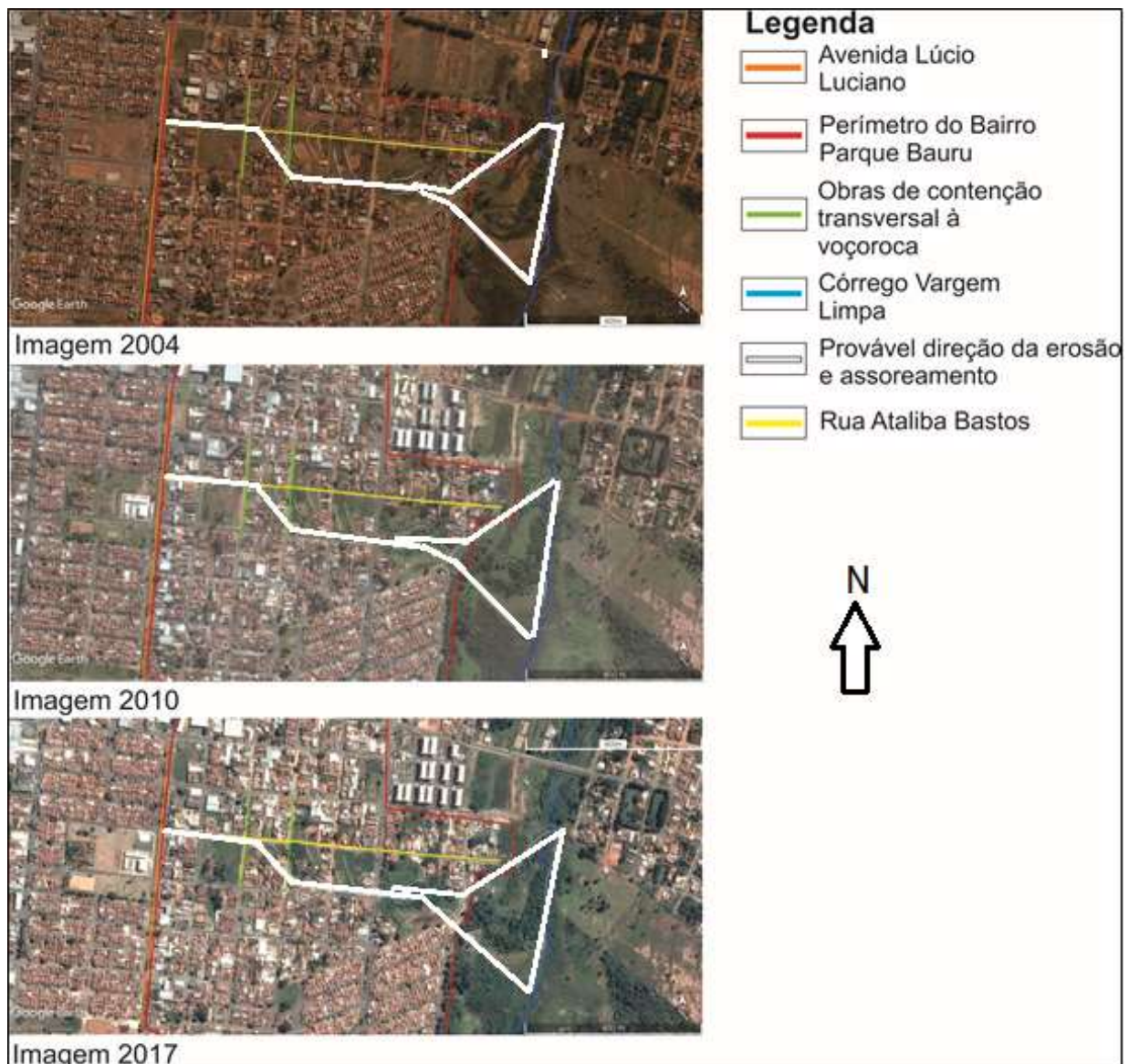


Figura 49 - Avanço de processo erosivo no Parque Bauru, anos 2004, 2010 e 2017.

Como forma de remediação de voçorocas pode se destacar algumas medidas como o terraceamento e construção de canaletas de concreto são para controle da erosão hídrica. Além disso, a revegetação para contensão dos sedimentos e solos é uma medida que auxilia a evitar a perda de material da superfície pela erosão. A Embrapa sugere também como medidas de recuperação de voçorocas a construção de terraços e paliçadas para contenção de sedimentos na erosão e a construção de bacias de retenção para contenção e armazenamento da água de enxurradas de modo que ela tenha tempo para se infiltrar no solo.

4.4.3. Caso Rio Claro

4.4.3.1. Síntese da Geomorfologia e Geologia Local em Rio Claro/SP

Contexto Geomorfológico

A região na qual se situa a cidade de Rio Claro pertence à Depressão Periférica, uma das cinco grandes províncias geomorfológicas do estado de São Paulo. Grande parte do município apresenta relevo de topografia suave, com interflúvios subtabulares, os quais são separados por vales, cujas seções transversais podem ultrapassar quatro quilômetros (COTTAS, 1983). Penteado-Orellana (1981) conclui que geomorfologia do local é principalmente composta por colinas que oscilam entre 550 e 650 metros de altitude. Segundo Zaine (2000) também ocorrem relevos sustentados por maciços básicos.

O principal sistema de drenagem da região é representado pelo rio Corumbataí e pelos seus afluentes, rio Passa Cinco pela margem direita, Ribeirão Claro e córrego da Servidão pela margem esquerda (ZAINÉ, 2000).

Contexto Geológico

O município de Rio Claro se localiza no nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, contendo unidades paleozóicas do Grupo Itararé, formações Tatuí, Iratí e Corumbataí, unidades mesozóicas das formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral e a unidade cenozóica da Formação Rio Claro.

A parte urbana e arredores do município estão situados sobre a formação Corumbataí, constituída por argilitos, siltitos e folhelhos de coloração arroxeada e avermelhada, às vezes, esverdeada com níveis de calcários e intercalação de arenitos

(ZAINÉ, 2000), e sobre a formação Rio Claro, inicialmente definida por Bjornberg & Landim (1966), com contatos basais geralmente marcados por um nível de conglomerado (ZAINÉ, 1994) e constituída de arenitos pouco consolidados, com lentes de argila e níveis conglomeráticos e a ocorrência de solos arenosos (ZAINÉ, 2000). O rio Corumbataí, no município de Rio Claro, apresenta certas porções assoreadas por sedimentos das Formações Rio Claro e Corumbataí, e se encontra acima da Formação Corumbataí.

4.4.3.2. Erosões e Assoreamentos em Rio Claro/SP

4.4.3.2.1. Voçoroca Mãe Preta

No contexto do município de Rio Claro pode se encontrar e estudar diversos casos de erosões lineares que se desenvolveram através principalmente através do crescimento urbano desordenado associado à uma estrutura inadequada para condicionamento e escoamento das águas pluviais.

Pode-se destacar o caso da Voçoroca Mãe Preta (Figura 50), localizado no Bairro Mãe Preta, com uma população que atinge 5.865 habitantes e é limitada pelo Ribeirão Claro e drenada pelo Córrego Cachoeirinha, encontrando-se em uma zona de contato entre formações.



Figura 50 - Imagem de satélite da Voçoroca Mãe Preta. Fonte: Google Earth, 2018.

A voçoroca em questão se associa principalmente à terrenos arenosos da Formação Rio Claro (Figura 51), onde há grande susceptibilidade erosiva devido sua constituição litológica e geomorfológica que é agravada pelo recente processo de urbanização que se desenvolveu no entorno da área.



Figura 51 – Voçoroca Mãe Preta com as feições erosivas lineares sobre os terrenos associados à Formação Rio Claro.

No caso da Formação Rio Claro, ela é considerada friável em diversas porções, sendo que além disso as condições pedológicas de solos dessa formação contribuem para geração de feições erosivas lineares.

A Voçoroca se formou há quase 80 anos em função da ocupação rural. Com a retirada da mata original do local, associados aos eventos pluviométricos, foram responsáveis pela constante retirada de material através das erosões lineares. Assim, com aproximadamente 600 metros de largura e uma profundidade de 25 metros a erosão tomou grandes proporções.

Por volta de 1980 se iniciou as obras para a implantação do bairro que apresentava até então solo exposto. Em 1981 teve início o plano de loteamento do bairro. Dessa forma, em 1988 o arruamento já se apresentava bem definido e alguns lotes com edificações puderam ser observados. No terreno, que na década de 1970 estava sendo preparado, também foi implantado um loteamento e uma indústria, sendo que surgiu uma área de pastagem no entorno do bairro. O uso do solo nas adjacências da voçoroca do bairro Parque Mãe Preta passou a ser diverso, encontrando-se indústrias, loteamentos e bairros residenciais (Figura 52).



Figura 52 – Evolução da ocupação territorial nas adjacências da Voçoroca Mãe Preta. A: 1972, B: 1988, C: 1995.

Seguida dos danos gerados pela ocupação rural e desmatamento a urbanização com crescimento desordenado gerou diversos transtornos, como a impermeabilização do solo com camada asfáltica, a qual aumenta o volume e a velocidade das águas superficiais, que desagrega o pacote e aumenta a carga de sedimentos, que auxilia os processos erosivos da voçoroca do bairro Parque Mãe Preta.

Como já dito, devido ao rápido processo de substituição de matas nativas por cultivos agrícolas e pastagens plantadas em larga escala, desde o início do século passado na parte oeste do Estado de São Paulo e da urbanização com ausência de planejamento adequado que considere a importância do fator relevo, os solos tornaram-se vulneráveis ao impacto das águas pluviais. A concentração do escoamento de águas pluviais provocou a formação de erosões de caráter linear e consequente evolução para a voçoroca.

Não há unanimidade quanto ao estado da voçoroca da Mãe Preta, com alguns autores apontando que ela ainda se encontra em evolução, e outros que ela se encontra atualmente estabilizada. Algumas medidas de remediação foram tomadas pela prefeitura no intuito de atenuar e/ou conter a evolução da voçoroca. Dentre as medidas tomadas pode se destacar o terraceamento e construção de canaletas de concreto.

Na voçoroca, é possível observar diversas áreas vegetadas (Figura 53), que contribuem para evitar a perda de material da superfície pela erosão. Porém, ainda há superfícies expostas, que podem indicar uma evolução lenta, porém ainda existente da voçoroca. Tais fatores tornam difícil determinar se a voçoroca se encontra mesmo estável ou ainda em processo evolutivo.



Figura 53 – Áreas vegetadas dentro e no entorno da Voçoroca Mãe Preta

4.4.3.2.2. Erosões Lineares Próximas ao Rio Corumbataí

Outros casos de erosão no município de Rio Claro que também devem ser alvo de destaque são os casos de erosões lineares próximas ao rio Corumbataí. Por diversas vezes, é possível associar tais processos às ações antrópicas e à proximidade do perímetro urbano, onde o escoamento superficial de águas pluviais é visivelmente comprometido em certos locais.

As zonas de cabeceiras (região próxima às nascentes de afluentes do rio Corumbataí) é a área situada próxima aos anfiteatros de nascentes de drenagens. As zonas em questão se caracterizam pela predominância de processos erosivos acentuados formando sulcos, ravinas e apresentando processos de voçorocamento. De modo geral, tais zonas se apresentam em regiões topograficamente mais elevadas que as zonas posteriores (zona intermediária e zona de confluência), apresentando em porções superiores a Formação Rio Claro em contato com a Formação Corumbataí imediatamente abaixo.

A Figura 54 mostra a cabeceira do Córrego Sobrado e uma porção ao lado da Rodovia Wilson Finardi (SP-191), onde estão denotadas as principais porções em que ocorrem os processos erosivos nas zonas de cabeceiras da região adjacente ao Rio Corumbataí em Rio Claro/SP.

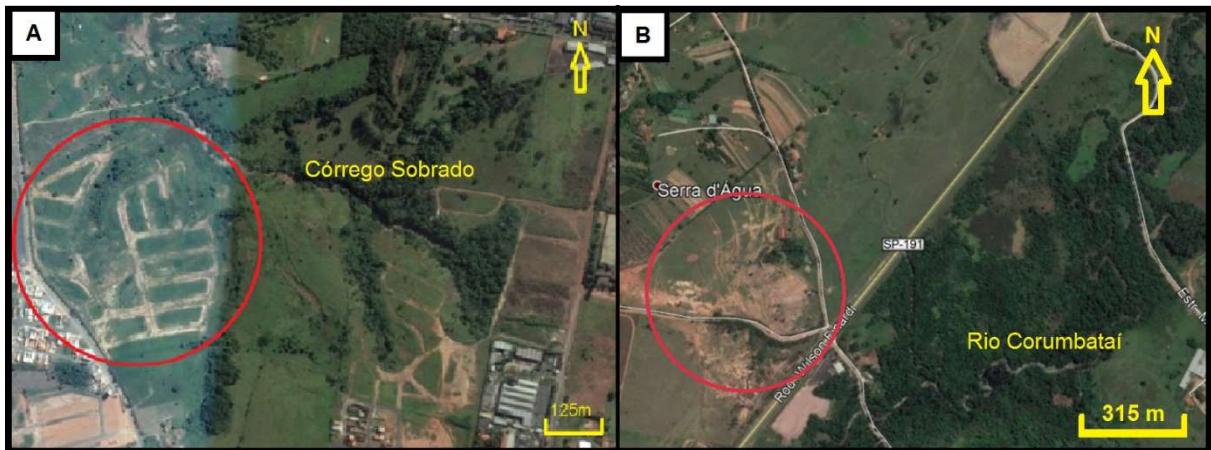


Figura 54 - Em “A”, inserida no círculo vermelho o loteamento com ruas de terra, sendo a zona de maiores processos erosivos próximo ao Córrego Sobrado. Em “B”, inserida no círculo vermelho a zona de maiores processos erosivos ao lado da Rodovia Wilson Finardi (SP - 191).

Tratando do Córrego Sobrado (zona de cabeceira de um afluente do Rio Corumbataí), ocorrem feições erosivas junto à cabeceira desse córrego e um

loteamento com ruas ainda não pavimentadas (Figura 58). Nesse local existe grande quantidade de ravinas (próximas às ruas do plano de loteamento) que se interligavam, formando feições erosivas lineares em “V”, em que afloravam litologias das Formações Rio Claro e Corumbataí. Nas ravinas, as regiões que apresentavam maior declividade caracterizavam uma porção de grande erosão, enquanto nas porções de menor declividade (patamares) se depositavam alguns sedimentos, sendo esse processo encontrado dentro das próprias ravinas. Grande parte do material erodido é levado aos afluentes e ao Rio Corumbataí, contribuindo com os processos de assoreamento ao longo do rio.

Ainda na cabeceira do Córrego Sobrado, próximo à nascente ocorre um intenso processo de voçorocamento, que originou paredões superiores a 20 metros de altura nas margens do afluente e evidenciou grandes afloramentos da Formação Corumbataí (Figura 55). Em tal local foram observadas feições de escorregamento (instabilidade de taludes) devido à alta erosão provocada no local, que gerou grandes profundidades onde passava o córrego e promovendo consideráveis desníveis topográficos. Nas fotos aéreas utilizadas na fotointerpretação não foi possível observar essa acentuada feição erosiva (voçorocamento), demonstrando que essa fisiografia foi formada recentemente.

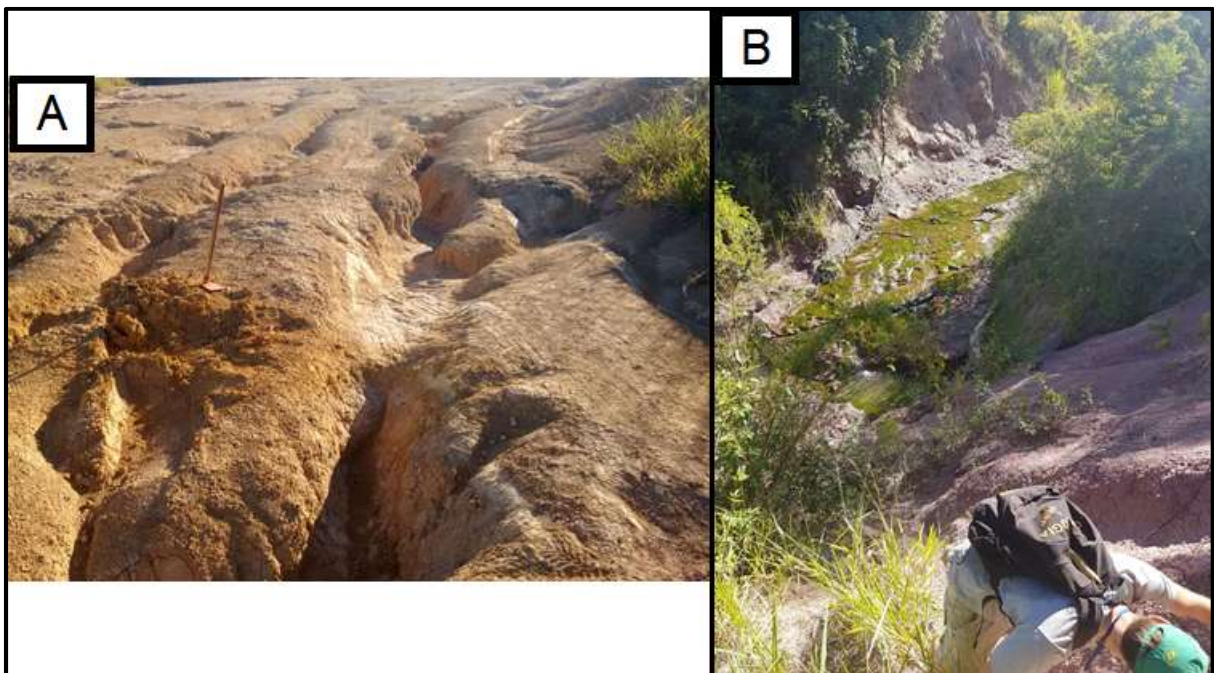


Figura 55 - Em “A” são visíveis ravinas próximo ao loteamento. Em “B” se observa processo de voçorocamento na nascente do córrego com paredões superiores a 20 metros de altura.

Em outro ponto próximo ao Rio Corumbataí, ao lado da Rodovia Wilson Finardi (SP-191), junto à estrada de terra Rio Claro - Itapé também ocorre uma zona de cabeceira onde o processo erosivo linear se demonstrou altamente atuante, gerando sulcos e ravinas. Assim como observado no Córrego Sobrado, no local também foi evidente o contato entre a Formação Rio Claro e a Formação Corumbataí inserido nas ravinas das cotas altimétricas mais elevadas do local. As ravinas observadas apresentavam siltitos pastilhados e arroxeados característicos da Formação Corumbataí, tendo sido encontrados também em seu interior, dejetos antrópicos como plásticos, tijolos, telhas e pneus. Algumas ravinas atingiram grandes proporções, possuindo profundidades superiores a 4 metros e comprimento chegando até centenas de metros (Figura 56).



Figura 56 - Em “A”, processo erosivo linear produzindo ravinas de proporções métricas ao lado da estrada de terra. Em “B”, ravinas possuindo profundidades superiores a 4 metros e comprimento chegando até centenas de metros.

A proximidade do Rio Corumbataí e de seus afluentes à rodovia Wilson Finardi (SP-191) apresentou certos riscos à dinâmica do rio, como ocorrido na região apresentada na Figura 57. Inicialmente esse local não apresentava um afluente do Rio Corumbataí, porém a saída de águas pluviais provenientes da rodovia ao lado (Wilson Finardi; SP-191) gerou um canal que iniciou um grande processo de erosão que por fim evoluiu para um voçorocamento. Anteriormente esse local era usado para extração de argila para olaria, responsável por grande degradação ambiental. Atualmente a extração na área foi proibida, todavia sua recuperação é muito lenta e problemática já que ocorre o despejo de resíduos urbanos na região.



Figura 57 - Processo de voçorocamento, próximo à Rodovia SP-191.

Outras zonas que foram caracterizadas são as zonas Intermediárias (região de curso médio da drenagem), que se situam entre as zonas de cabeceiras e a zonas de confluências. Nessas zonas foram identificados patamares e rampas. Os patamares se situam em porções onde o relevo apresenta menor declividade, predominando o processo de sedimentação e formando depósitos de assoreamento. Já as rampas ocorrem em locais com relevo mais acentuado, predominando o processo de erosão e formando sulcos e ravinas. Em tais regiões ocorrem principalmente rochas da Formação Corumbataí e depósitos de assoreamento quaternários associados à resíduos de proveniência urbana como plásticos, cimento, entre outros.

As zonas intermediárias foram denotadas ao longo do curso dos afluentes principalmente como depósitos de assoreamento. No Córrego Sobrado, sobre o segmento de curso do Córrego Sobrado, ocorre um grande depósito de assoreamento gerado por uma região de menor declividade (patamar). Nesse local se dão sedimentos predominantemente cascalhosos e arenosos provenientes da Fm. Rio Claro e principalmente sedimentos em forma de pastilhas da Fm. Corumbataí, além de também ocorrer a presença de resíduos urbanos como plásticos e panos. Com a grande quantidade de sedimentos recebidos pelo afluente, esse córrego não consegue transportar tanta carga e deposita grande parte dos sedimentos, formando barras arenosas ao longo do percurso do canal.

Também caracterizada como zona intermediária, as porções do Córrego Jacutinga, que se apresentam em meio à área urbana apresentam porções indicativas de assoreamento e outras porções caracterizando erosão. Esse local, por estar inserido dentro do perímetro urbano do município de Rio Claro, apresentou uma forte influência antrópica sobre o rio. Tal afluente denota grandes problemas ambientais, sendo que seu canal apresentou grande excesso de dejetos de origem tanto antrópica quanto natural. A água se apresentou integralmente poluída e a dinâmica do córrego muito comprometida. Ao longo do córrego foi evidente a presença de porções assoreadas apresentando sedimentos quaternários depositados junto à dejetos urbanos, assim como também foi evidente a presença de processos erosivos em determinados locais, expondo rochas da Formação Corumbataí. A Figura 58 apresenta as feições de erosão e assoreamento das zonas intermediárias.



Figura 58 - Em “A”: ravinas e feições erosivas ao longo do Córrego Jacutinga espacialmente atrelado ao perímetro urbano. Em “B”: assoreamento denotado pela posterior erosão ao longo do trajeto do canal do Córrego Jacutinga. Em “C”: depósito de assoreamento em um patamar ao longo do canal do Córrego Sobrado.

As zonas de confluência (região próxima à foz) são a porção que se colocam no encontro dos afluentes estudados junto ao Rio Corumbataí. Em tal local predomina os processos de assoreamento e sedimentação. Isso ocorre pelo encontro da alta carga de sedimentos provenientes dos afluentes, que ao encontrarem a drenagem principal apresentam uma acumulação exacerbada que excede a capacidade que o

rio apresenta de transportar/carrear sedimentos. Assim, a quantidade de material que o rio não conseguiu transportar se sedimentou na forma de depósito de assoreamento próximo ao local de encontro das drenagens, o que gerou barras arenosas e depósitos associados. Tais zonas se apresentaram nas porções topograficamente mais baixas, associadas às rochas da Formação Corumbataí e depósitos sedimentares arenosos friáveis cenozoicos.

No encontro do Córrego Sobrado com o Rio Corumbataí foi identificado um depósito de assoreamento ao lado da confluência das drenagens. Ao lado do rio ocorre um depósito de dique marginal constituído predominantemente por sedimentos de silte e areia fina. Devido ao excesso de sedimentos provenientes do rio e principalmente do Córrego Sobrado foi gerada uma barra arenosa já bem desenvolvida, formada a partir da deposição de tais sedimentos pouco à frente da desembocadura do afluente. A Figura 59 apresenta depósitos de assoreamento associado às zonas de confluência entre os afluentes e o Rio Corumbataí.



Figura 59 – Em “A” e “B”, pontos 21 e 20 respectivamente, podem ser observados depósitos de assoreamento na Zona de Confluência de afluentes e o Rio Corumbataí. Em “C” (ponto 9) é observada uma barra arenosa no encontro do Córrego Sobrado com o Rio Corumbataí.

Ao longo do percurso do Rio Corumbataí no município de Rio Claro/SP, as principais áreas degradadas eram as que se encontravam junto às zonas de confluências dos afluentes com a drenagem principal, apresentando depósitos de assoreamento sobretudo na forma de barras arenosas. Outras porções degradadas ao longo do percurso do rio são as zonas com maior proximidade urbana.

Dentre os impactos dos processos erosivos e de assoreamento pode se denotar a diminuição do armazenamento de água, a colmatação de lagos e açudes, obstrução de canais de cursos de água, aumento da turbidez, degradação da água para consumo e prejuízo na distribuição da água. Em casos mais graves de voçorocamento acentuado, pode se destacar a contaminação do lençol freático e instabilidade de taludes prejudicando construções.

Dessa forma, as possíveis prevenções e contenções para tais impactos passa por projetos de loteamentos e urbanos que contemplem um sistema adequado de drenagem que seja capaz de descentralizar os cursos d'água, evitando os processos erosivos lineares. Também, a fiscalização em áreas degradadas é indispensável para que não sejam despejados dejetos urbanos junto às feições erosivas que formam grandes profundidades em meio à paisagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da execução do trabalho de conclusão de curso foram utilizados conhecimentos obtidos através do ensino acadêmico, sendo que tais conhecimentos foram levados às práticas além da universidade e com o objetivo de auxiliar a sociedade em questões ambientais atrelados à expansão urbana. Sem a devida precaução ambiental a urbanização acelerada provoca feições e condições que podem comprometer tanto a dinâmica natural geológica quanto a urbanização.

Neste estudo, envolvendo a correlação entre chuvas e processos erosivos, um exercício experimental para tal selecionou 102 áreas, principalmente, na região sudeste do Brasil, buscando-se definir a data do início da deflagração do processo erosivo, ou pelo menos quando este se tornou problemático e se transformou em notícia.

Para definir os principais indicadores de suscetibilidade e risco para erosão, foram considerados os fatores de erodibilidade, ou seja, as características do terreno, tais como: topografia, declividade, propriedades do solo, tipo de cobertura vegetal, uso do solo e erosividade considerando a intensidade/ variação de intensidade, duração, direções de velocidade e de movimento das chuvas. Há uma constatação da forte influência antrópica, das áreas urbanas e de expansão urbana na formação e acelerando a dinâmica de feições erosivas lineares na forma de sulcos, ravinas e voçorocas.

Desta forma, em situações de meia encosta, os indicadores de risco ou de perigo podem ser definidos como a associação chuvas intensas e fluxos concentrados pela ação antrópica com as características dos solos (principalmente solos arenosos incoesos, que se desagregam mais facilmente) e morfologia dos terrenos, com destaque para a declividade e forma de encosta, que condicionam a velocidade da água, portanto a energia do sistema, ou a maior potencial para desagregação e transporte do material.

Em drenagens e margem fluvial (erosão fluvial em linhas de drenagem) devem ser observados a morfologia da encosta, talude marginal, além das características e dimensões da bacia hidrográfica, assim, devem ser adotados, como indicadores de alerta, o índice pluviométrico e de vazão do canal. Também para erosão fluvial devem ser consideradas as interferências concentradoras, assim como foi analisado nas

erosões próximas ao Rio Corumbataí em Rio Claro/SP (fluxos concentrados por ações antrópicas).

Os trabalhos pesquisados, geralmente voltados a análise de perda de solo, consideram sem grande destaque a interferência de ações modificadoras das condições naturais. Neste trabalho ficou muito evidente, em todos os casos analisados, que obras e ações que mudam e concentram águas de chuvas, em áreas urbanas ou rodovias, são as principais causas de deflagração e aceleração de erosões. Embora não seja um indicador desconhecido, mas pouco utilizado, este trabalho comprovou que a concentração do fluxo de águas de chuva por interferências antrópicas é a principal causa das erosões, com danos associados.

Uma contribuição do projeto, em termos de um melhor entendimento quanto aos indicadores de alerta, foi, principalmente a sistematização das informações técnicas necessárias para a sua definição.

Tanto para erosão pluvial como fluvial, o grau de acerto dos indicadores associados a índices pluviométricos pode ser ajustado à setorização de áreas com maior ou menor suscetibilidade à erosão e áreas que já apresentaram registros de situações problemáticas. Neste projeto um exercício de correlação selecionou 102 áreas, principalmente, na região sudeste do Brasil, buscando-se definir a data do início da deflagração do processo erosivo, ou pelo menos quando este se tornou problemático e se transformou em notícia. Para erosão fluvial, os modelos de correlação chuva x vazão usados no controle de enchentes podem ser úteis.

Nesta pesquisa ficou evidente que o tratamento das situações de possível risco para processos erosivos lineares, principalmente para erosão pluvial, deve ser distinto da gestão aplicada para escorregamentos, por haver uma diferença na velocidade de desenvolvimento dos processos, sendo a erosão pluvial mais lenta, porém persistente ao longo do período chuvoso.

Os índices pluviométricos são os principais fatores deflagradores das erosões lineares, constituindo-se como um fator que deve ser incorporado à análise de risco ou para a definição de índices pluviométricos de alerta, que seriam os fatores de aumento de vazão ou vazão concentrada, causados por interferências antrópicas.

Como já dito, a prevenção e a contenção dos processos erosivos dependem do controle e fiscalização das áreas de crescimento urbano. Para tal devem ser estabelecidas diretrizes e leis específicas contemplando as características geológicas,

geomorfológicas e hidrológicas respectiva a cada local que apresenta riscos de erosões lineares.

Possíveis prevenções e contenções para esses problemas se apresentam como projetos urbanos que contemplem um eficiente sistema de drenagem que distribua a água, não a concentrando. Outra precaução de grande importância é a não retirada da vegetação da área fonte de sedimentos.

Geralmente, grande parte dos problemas de erosão podem ser resolvidos principalmente pela redistribuição de canais, descentralizando o percurso da água. Nos casos mais avançados, como em voçorocas, uma solução viável é retirar o fluxo de água responsável pela erosão do local e reduzir parte das interferências antrópicas e naturais no local.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. Referências de Publicações

ALMEIDA FILHO, Gerson Salviano de et al. Diagnóstico de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru, SP. 2000.

BJONBERG, A. J. S. & LANDIM, P. M. B. – 1966. Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenozóico). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia – SBG, São Paulo, v.15, n. 4, p. 43-68.

COTTAS, L.R. – 1983. Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro – SP. São Paulo, SP. (Tese de Doutorado – Instituto de Geociências/USP)

DAEE. (1990) Controle de Erosão. São Paulo (SP): Departamento de Águas e Energia Elétrica (Secretaria de Energia e Saneamento do Estado de São Paulo) / Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2. ed.

INSTITUTO GEOLÓGICO. Prevenção de Desastres Naturais no Estado de São Paulo. Atuação do Instituto Geológico. VIII Simpósio de Engenharia Ambiental da UNESP de Presidente Prudente. 2012.

KERTZMAN, F. F. et al. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. Revista do Instituto Geológico, v. 16, n. esp, p. 31-36, 1995.

LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Erodibilidade dos solos paulistas. Campinas, SP. Instituto Agrônomo, Boletim Técnico, 27. 1975.

MILANI, E. J. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. 2 v. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILANI E.J.; ZÁLAN P.V. 1998. **Mapa dos riftes do fundo da Bacia do Parnaíba**. Disponível em: [http://www.brasil-rounds.gov.br/round9/palestras/Parnaiba%20\(portugu%C3%AAs\).pdf](http://www.brasil-rounds.gov.br/round9/palestras/Parnaiba%20(portugu%C3%AAs).pdf). Acesso: 15/10/2018.

PENTEADO-ORELLANA, M.M. – 1981. Estudo geomorfológico do sítio urbano de Rio Claro (SP). *Notícia Geomorfológica*, Campinas.

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. – 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia.

SOARES, P.C., LANDIM. P.M.B., FULFARO, V.J. e NETO, A.F.S., Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v.10, n.3, pg 170-185, setembro, 1980

ZAINE, J.E. – 1994. Geologia da Formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP). Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 1994.

ZAINE, J.E. – 2000. Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método de detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP). Rio Claro – SP. (Tese de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP)

ZAINE, J.E. – 2011. Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaios em Poços de Caldas, MG. Rio Claro – SP. (Tese de livre-docência – Universidade Estadual Paulista).

6.2. Referências de Mídia Eletrônica

MORADORES RECLAMAM DE BURACO NO PINUS DE IRIGUASSU EM CAÇAPAVA, SP: População diz que após conserto de vazamento, buraco não foi fechado. Prefeitura informou que abriu o buraco para arrumar uma galeria entupida.. Caçapava, 06 mar. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2015/03/moradores-reclamam-de-buraco-no-pinus-de-iriguassu-em-cacapava-sp.html>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

APÓS TEMPORAL, GRANDE EROSÃO DEIXA TUBULAÇÕES EXPOSTAS NO RECANTO DAS EMAS: A cratera foi aberta após um temporal. Defesa Civil está ciente do ocorrido e informou que fará visita ao local na manhã desta sexta-feira (10/4). Distrito Federal, 10 abr. 2015. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2015/04/10/interna_cidad.esdf,478902/apos-temporal-grande-erosao-deixa-tubulacoes-expostas-no-recanto-das.shtml>. Acesso em: 01 jun. 2018.

VOÇOROCA COM 10 M DE PROFUNDIDADE AMEAÇA CASAS EM FRANCA, SP: Moradores dizem que cratera ficou maior após chuvas nas últimas semanas. Equipes vão aterrar local, mas não há prazo para obras de galerias pluviais.. Franca, 05 jan. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2016/01/vocoroca-com-10-m-de-profundidade-ameaca-casas-em-franca-sp.html>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

CHUVA CAUSA PROBLEMAS DE EROSÃO EM BAIRRO DE MARÍLIA: Erosão ameaça levar parte canalizada da rede de esgoto. Daem informou que a rua Mato Grosso está no cronograma de serviços.. Marília, 05 jan. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2016/01/chuva-causa-problemas-de-erosao-em-bairro-de-marilia.html>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

GRANDE EROSÃO SE FORMA DEPOIS DE CHUVA EM BOTUCATU; MOTORISTAS DEVEM FICAR ATENTOS. Botucatu, 05 jun. 2016. Disponível em: <<https://acontecebotucatu.com.br/cidade/grande-erosao-se-forma-depois-de-chuva-em-botucatu-motoristas-devem-ficar-atentos/>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

EROSÃO CAUSADA POR CHUVA FAZ PARTE DE CALÇADA DESABAR EM BELO HORIZONTE: Incidente foi na Rua Doutor Cristiano Rezende, no bairro Bonsucesso. Comdec disse que existe risco de desmoronamento de parte da rua.. Belo Horizonte, 10 nov. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2016/11/erosao-causada-por-chuva-faz-parte-de-calcada-desabar-em-belo-horizonte.html>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

EROSÃO EM RUA DE BAURU IMPEDE QUE MORADORES SAIAM DE CASA: Cabeceira de uma cama foi colocada no buraco para evitar que cano caísse. Bairro é cheio de crianças que se arriscam brincando perto do buraco.. Bauru, 12 dez. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2016/12/erosao-em-rua-de-bauru-impede-que-moradores-saiam-de-casa.html>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

PREFEITURA INICIA RECUPERAÇÃO DA ESTRADA DO CAMPO DO COCHO DANIFICADA PELAS CHUVAS. Rio Claro, 24 jul. 2017. Disponível em: <<http://imprensa.rioclaro.sp.gov.br/?p=34796>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

MORADORES RECLAMAM DE EROSÃO NO SANTA LUZIA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS: Buraco teria sido causado pela chuva nos últimos dias. Prefeitura afirmou que vai mandar uma equipe para fazer uma inspeção.. São José dos Campos, 25 jan. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2017/01/moradores-reclamam-de-erosao-no-santa-luzia-em-sao-jose-dos-campos.html>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

EROSÃO AMEAÇA ESTRADA GERALDO BIRAL. Botucatu, 27 jan. 2017. Disponível em: <<http://diariobotucatu.com.br/comunidade/erosao-ameaca-estrada-geraldo-biral/>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

EROSÃO FAZ TRECHO DE ASFALTO CEDER E MOTORISTAS PASSAM PELA CONTRAMÃO NA SP-215 EM ÁGUAS DA PRATA, SP: Problema começou após fortes chuvas em março. Situação preocupa moradores da região.. Águas da Prata, 24 abr. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/erosao-faz-trecho-de-asfalto-ceder-e-motoristas-passam-pela-contramao-na-sp-215-em-aguas-da-prata-sp.ghtml>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

TRECHO DA SP-255 É INTERDITADO APÓS EROSÃO ABRIR CRATERA ENTRE ITAPORANGA E CORONEL MACEDO: Segundo polícia, chuvas causaram problema e, por medida de segurança, pista foi interditada até reparo ser feito. Confira os desvios.. Itaporanga / Coronel Macedo, 12 jan. 2018. Disponível em: <Trecho da SP-255 é interditado após erosão abrir cratera entre Itaporanga e Coronel Macedo>. Acesso em: 01 jun. 2018.

CRATERA SE ABRE APÓS CHUVAS NO BAIRRO SOLO SAGRADO: Engenheiro da Secretaria de Serviços Gerais de Rio Preto (SP) informou que barreiras de concreto foram colocadas para diminuir velocidade de água que chega à erosão.. São José do Rio Preto, 12 jan. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/noticia/cratera-se-abre-apos-chuvas-no-bairro-solo-sagrado.ghtml>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

LEITORES REGISTRAM QUEDA DE MURO, EROSÕES E CASAS INUNDADAS PELAS FORTES CHUVAS EM BOTUCATU. Botucatu, 24 jan. 2018. Disponível em: <<http://www.agencia14news.com.br/euvi/leitores-registram-queda-de-muro-erosoes-e-casas-inundadas-pelas-fortes-chuvas-em-botucatu#>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

CHUVA CAUSA MAIS ESTRAGOS E INTERDITA RUAS EM VÁRIOS PONTOS DE SÃO CARLOS, SP: Segundo a Defesa Civil, choveu 75 milímetros durante 6h na quarta-feira (21).. São Carlos, 22 mar. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/chuva-causa-mais-estragos-e-interdita-ruas-em-varios-pontos-de-sao-carlos-sp.ghtml>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

Diretoria de Geociências (IBGE/DGC). **Relevo do Brasil 1:5.000.000.** Disponível em: <http://dados.gov.br/dataset/cren_geomorfologia_5000>. Acesso em: 12 jun. 2018.



UNIVERSIDADES ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
RIO CLARO



7. ANEXO 1 – CASOS DE EROSÕES

| | Local | Cidade | Estado | Latitude | Longitude | Data | Tipologia |
|----|-----------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------|
| 1 | Bairro Santa Amélia | Votuporanga | São Paulo | 20°23'43.4"S | 55°57'40.0"O | 2005/02/19 | Ravina |
| 2 | Regiões sul e oeste | Londrina | Paraná | 23°22'31.1"S/23°19'40.1"S | 51°09'48.0"O/51°12'30.35"O | 2010/05/3 | Ravina |
| 3 | Vila Nogueira | Botucatu | São Paulo | 22°52'23.2"S | 48°28'30.9"O | 2012/06/26 | Ravina |
| 4 | Bairro São Dimas | São Pedro | São Paulo | 22°30'34.3"S | 49°51'26.6"O | 2013/01/24 | Ravina |
| 5 | Bairro Eldorado | Piracicaba | São Paulo | 22°46'23.6"S | 47°36'04.9"O | 2013/04/16 | Ravina |
| 6 | Adelino Simione | Riberão Preto | São Paulo | 21°06'43.4"S | 47°48'25.2"O | 2013/05/27 | Ravina |
| 7 | Zona Rural | Cravinhos | São Paulo | 21°20'43.5"S | 47°44'23.0"O | 2013/10/16 | Voçoroca |
| 8 | Zona Rural | Americana | São Paulo | 22°42'37.8"S | 47°22'37.0"O | 2013/12/13 | Voçoroca |
| 9 | Bairro Santa Marina | Jacareí | São Paulo | 23°17'41.4"S | 45°55'30.6"O | 2014/01/15 | Voçoroca |
| 10 | Jardim Astúria | São José do Rio Preto | São Paulo | 20°47'00.7"S | 49°24'56.6"O | 2014/01/15 | Ravina |
| 11 | Paque Brasil 500 | Paulínia | São Paulo | 22°47'00.5"S | 47°09'43.3"O | 2014/02/24 | Ravina |
| 12 | Bairro Jardim Santa Clara | Marília | São Paulo | 22°15'20.3"S | 49°56'13.3"O | 2014/06/3 | Ravina |
| 13 | Lago Azul | Novo Gama | Goiás | 16°05'39.5"S | 48°04'22.8"O | 2014/12/19 | Voçoroca |
| 14 | Bairro Jardim Proença | Campinas | São Paulo | 21°13'57.8"S | 45°00'30.6"O | 2015/01/23 | Ravina |
| 15 | Próximo ao distrito de Maristela | Alto Paraná | Paraná | 23°07'54.1"S | 52°17'53.6"O | 2015/02/1 | Ravina |
| 16 | Bairro Pinus de Iriguassú | Caçapava | São Paulo | 23°04'11.2"S | 45°42'35.2"O | 2015/03/6 | Ravina |
| 17 | Jardim ALvorada | Jacareí | São Paulo | 23°17'31.4"S | 46°02'02.7"O | 2015/03/26 | Ravina |
| 18 | Núcleo Rural Vargem da Benção | Recanto das Emas | Distrito Federal | 15°54'24.5"S | 48°08'02.9"O | 2015/04/10 | Ravina |
| 19 | Zona Rural | Planaltina | Goiás | 15°27'13.1"S | 47°37'21.6"O | 2015/04/19 | Voçoroca |
| 20 | Zona Rural | Jataí | Goiás | 18°00'16.4"S | 51°44'13.6"O | 2015/04/19 | Voçoroca |
| 21 | Bairro Pedregal | Nova Gama | Goiás | 16°04'57.1"S | 48°01'52.5"O | 2015/05/4 | Voçoroca |
| 22 | Vila Independência | Bauru | São Paulo | 22°18'50.9"S / 22°20'16.3"S | 48°59'09.4"O / 49°05'26.4"O | 2015/09/1 | Voçoroca |
| 23 | Jardim Independência | Riberão Preto | São Paulo | 21°09'14.1"S | 47°47'27.0"O | 2015/11/5 | Ravina |
| 24 | Bairro Jardim Aeroporto | Franca | São Paulo | 20°34'52.6"S | 47°22'38.0"O | 2016/01/5 | Voçoroca |
| 25 | Rua Mato Grosso | Marília | São Paulo | 22°12'30.5"S | 49°56'38.6"O | 2016/01/5 | Ravina |
| 26 | Bairro Tapiratipa | São Carlos/Araraquara | São Paulo | 21°28'18.1"S | 46°44'21.8"O | 2016/01/21 | Ravina |
| 27 | Jardim Lavínia | Marília | São Paulo | 22°10'49.4"S | 49°57'21.1"O | 2016/02/1 | Ravina |
| 28 | Zona Urbana | Ceilândia | Distrito Federal | 15°49'31.9"S | 48°09'23.4"O | 2016/02/1 | Voçoroca |
| 29 | Jardim San Raphael | Araponga | Minas Gerais | 23°23'13.4"S | 51°24'52.4"O | 2016/02/1 | Voçoroca |
| 30 | Bairro Jardim Margarida | São José do Rio Pardo | São Paulo | 21°35'49.38"S | 46°52'36.41"O | 2016/02/15 | Ravina |
| 31 | Bauru 2000 | Bauru | São Paulo | 22°17'29.43"S | 49° 3'4.07"O | 2016/03/14 | Ravina |
| 32 | Bairro Califórnia | Marília | São Paulo | 22°13'9.16"S | 49°58'32.75"O | 2016/03/22 | Ravina |
| 33 | Jardim Colonial | Bauru | São Paulo | 22°20'33.10"S | 49° 2'1.46"O | 2016/05/5 | Ravina |
| 34 | Bairro Vila di Capri | Botucatu | São Paulo | 22°51'21.51"S | 48°27'35.27"O | 2016/06/5 | Ravina |
| 35 | Bairro Vila di Capri/Jardim Ipê | Botucatu | São Paulo | 22°51'27.72"S | 48°27'25.93"O | 2016/06/17 | Ravina |
| 36 | Bairro Bonsucesso | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°59'7.07"S | 43°59'14.82"O | 2016/11/9 | Voçoroca |
| 37 | Jardim Virgínia | Marília | São Paulo | 22°12'5.83"S | 49°58'14.33"O | 2016/11/11 | Ravina |
| 38 | Bairro Floresta e Bairro Cruzeiro | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°56'38.03"S | 43°55'25.58"O | 2016/11/16 | Sulco |
| 39 | Bairro Pousada da Esperança | Bauru | São Paulo | 22°16'36.26"S | 49° 4'27.02"O | 2016/12/12 | Ravina |
| 40 | Jardim Nova Flórida | Bauru | São Paulo | 22°17'37.71"S | 49° 3'43.34"O | 2017/01/23 | Ravina |
| 41 | Campo do Cocho | Rio Claro | São Paulo | 22°25'2.35"S | 47°37'59.83"O | 2017/01/23 | Ravina |
| 42 | Bairro Santa Luzia | São José dos Campos | São Paulo | 23°14'17.49"S | 45°50'1.86"O | 2017/01/25 | Ravina |
| 43 | Zona Rural | Botucatu | São Paulo | 22°54'14.94"S | 48°23'34.82"O | 2017/01/27 | Ravina |
| 44 | Jardim Carolina | Bauru | São Paulo | 22°19'26.11"S | 49° 1'47.15"O | 2017/02/3 | Ravina |
| 45 | Distrito Industrial I | Bauru | São Paulo | 22°18'45.33"S | 49° 1'30.99"O | 2017/02/7 | Sulco |
| 46 | Rodovia PR-464 | Paranacity/Inajá | Paraná | 22°51'33.28"S | 52° 9'39.44"O | 2017/03/1 | Voçoroca |
| 47 | Bairro Maria Antonia | Sumaré | São Paulo | 22°48'27.59"S | 47°11'32.22"O | 2017/03/1 | Voçoroca |
| 48 | SP-215 | Aguas da Prata | São Paulo | 21°51'1.79"S | 46°43'2.50"O | 2017/03/1 | Ravina |

| | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|---|---------------|------------|----------|
| 49 | Jardim Indaiá | Araraquara | São Paulo | 21°44'51.0"S | 48°08'13.7"O | 2017/03/7 | Voçoroca |
| 50 | Bairro São Francisco | Curitiba | Paraná | 25°25'24.53"S | 49°16'32.94"O | 2017/03/19 | Voçoroca |
| 51 | Rodovia pra Vargem Grande do Sul | Águas da Prata | São Paulo | 21°55'58.67"S | 46°50'55.66"O | 2017/04/24 | Sulco |
| 52 | Parque Roosevelt | Bauru | São Paulo | 22°17'40.81"S | 49° 5'58.10"O | 2017/05/1 | Voçoroca |
| 53 | Bairro Dom Bosco | Araras | São Paulo | 22°22'39.53"S | 47°21'49.84"O | 2017/05/19 | Voçoroca |
| 54 | Parque Roosevelt | Bauru | São Paulo | 22°17'40.81"S | 49° 5'58.10"O | 2017/05/20 | Ravina |
| 55 | Jardim São José I | Goiânia | Goiás | 16°41'6.99"S | 49°23'5.91"O | 2017/09/1 | Voçoroca |
| 56 | Jardim São José I | Goiânia | Goiás | 16°41'6.99"S | 49°23'5.91"O | 2017/09/1 | Voçoroca |
| 57 | estrada da Antinha | Araxá/ Distrito da Antinha | Minas Gerais | 19°33'43.6"S | 46°58'29.1"O | 2017/09/4 | Voçoroca |
| 58 | Complexo Poliesportivo | Umuarama | Paraná | 23°45'25.78"S | 53°18'36.47"O | 2017/09/15 | Ravina |
| 59 | Complexo Poliesportivo | Umuarama | Paraná | 23°45'25.78"S | 53°18'36.47"O | 2017/09/15 | Ravina |
| 60 | Bosque Manuel Jorge | Nova Odessa | São Paulo | 22°47'09.6"S | 47°17'41.7"O | 2017/11/2 | Voçoroca |
| 61 | Jardim Nossa Senhora de Fátima | Hortolândia | São Paulo | 22°53'45.90"S | 47° 9'53.49"O | 2017/12/1 | Voçoroca |
| 62 | Jardim San Rafael | Arapongas | Paraná | 23°23'27.96"S | 51°24'48.47"O | 2017/12/2 | Voçoroca |
| 63 | Jardim Euroopa II | Avaré | São Paulo | 23° 4'26.83"S | 48°55'4.09"O | 2017/12/5 | Sulco |
| 64 | Bairro Jardim da Floresta | Jaguariúna | São Paulo | 22°41'3.07"S | 46°57'17.84"O | 2017/12/7 | Ravina |
| 65 | PR-576 | Tapira | Paraná | 23°18'48.84"S | 53° 4'19.58"O | 2018/01/1 | Voçoroca |
| 66 | Cidade Industrial | Curitiba | Paraná | 25°30'18.50"S | 49°19'46.70"O | 2018/01/1 | Voçoroca |
| 67 | BR-364 | - | Mato Grosso/ Goiás | 13°50'3.26"S | 59°37'42.86"O | 2018/01/1 | Voçoroca |
| 68 | Vila Souto | Bauru | São Paulo | 22°19'45.46"S | 49° 5'34.85"O | 2018/01/4 | Ravina |
| 69 | Estrada Ivo Macris | Americana | São Paulo | 22°41'32.6"S | 47°15'06.5"O | 2018/01/10 | Voçoroca |
| 70 | Rodovia Jurandir Siciliano | Itaporanga/Coronel Macedo | São Paulo | 23°41'23.23"S | 49°22'34.36"O | 2018/01/11 | Voçoroca |
| 71 | - | Planaltina de Goiás | Goiás | | | 2018/01/11 | Voçoroca |
| 72 | Solo Sagrado | São José do Rio Preto | São Paulo | 20°46'51.89"S | 49°24'32.53"O | 2018/01/18 | Voçoroca |
| 73 | São Judas | Capão Bonito | São Paulo | 23°59'40.36"S | 48°21'12.24"O | 2018/01/18 | Voçoroca |
| 74 | Jardim Bela Vista | Monte Alto | São Paulo | 21°15'29.04"S | 48°30'22.19"O | 2018/01/22 | Ravina |
| 75 | Buquirinha | São José dos Campos | São Paulo | 23° 6'47.11"S | 45°54'56.96"O | 2018/01/23 | Ravina |
| 76 | Jardim Riviera | Botucatu | São Paulo | 22°54'59.60"S | 48°27'58.44"O | 1/24/2018 | Ravina |
| 77 | Região Leste | São José dos Campos | São Paulo | 3°11'24.64"S / 23° 8'41.19"548'1.20"O / 45°54'5.58" | | 1/29/2018 | Ravina |
| 78 | Recanto das Embobas | Aparecida de Goiania | Goiás | 16°44'48.7"S | 49°14'36.6"O | 2018/01/31 | Voçoroca |
| 79 | Vila Catarina Miró | Ponta Grossa | Paraná | 25° 4'39.63"S | 50°10'4.75"O | 2018/02/1 | Voçoroca |
| 80 | BR-265 | Nazareno | Minas Gerais | 21°16'14.87"S | 44°35'0.59"O | 2018/02/1 | Voçoroca |
| 81 | MG-232 | Santana do Paraíso | Minas Gerais | 19°23'6.88"S | 42°32'49.33"O | 2018/02/1 | Voçoroca |
| 82 | MG-285 | Laranjal | Minas Gerais | 21°21'59.18"S | 42°28'27.82"O | 2/1/2018 | Voçoroca |
| 83 | MG-425 | Vargem Alegre | Minas Gerais | 19°36'9.81"S | 42°17'57.05"O | 2/1/2018 | Ravina |
| 84 | Jardim Motorama | São José dos Campos | São Paulo | 23°10'28.79"S | 45°49'27.82"O | 2018/02/7 | Sulco |
| 85 | Bairro Shopping Park | Uberlândia | Minas Gerais | 18°58'45.33"S | 48°15'51.30"O | 2018/02/13 | Voçoroca |
| 86 | Planaltina | Brasília - DF | Goiás | 15°37'20.90"S | 47°39'8.07"O | 2018/02/18 | Voçoroca |
| 87 | Rua de terra | Ivaté | Paraná | 23°24'32.99"S | 53°22'19.75"O | 2018/02/23 | Ravina |
| 88 | Bairro Santa Lúcia | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°57'44.97"S | 43°56'49.59"O | 2018/03/1 | Voçoroca |
| 89 | Centro | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°55'10.12"S | 43°56'19.31"O | 2018/03/1 | Voçoroca |
| 90 | Bairro Parque Verde | Cascavel | Paraná | 24°56'30.51"S | 53°29'45.03"O | 2018/03/1 | Voçoroca |
| 91 | MG-111 | Reduto | Minas Gerais | 20°12'33.46"S | 41°58'35.83"O | 2018/03/11 | Voçoroca |
| 92 | Jardim Barreto | Ponta Grossa | Paraná | 25° 7'12.72"S | 50° 8'2.33"O | 2018/03/12 | Voçoroca |
| 93 | Bairro Paraíso | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°55'18.31"S | 43°54'16.11"O | 2018/03/16 | Voçoroca |
| 94 | Zona Urbana | Paranaguá | Paraná | 25°30'56.03"S | 48°31'21.40"O | 2018/03/16 | Ravina |
| 95 | Jardim Luz | Aparecida de Goiania | Goiás | 16°44'56.29"S | 49°16'21.85"O | 2018/03/17 | Voçoroca |
| 96 | Centro | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°55'10.12"S | 43°56'19.31"O | 2018/03/20 | Voçoroca |
| 97 | Região de Venda Nova | Belo Horizonte | Minas Gerais | 19°49'3.52"S | 43°57'6.77"O | 2018/03/20 | Ravina |
| 98 | Avenida Comendador Alfredo Maffei | São Carlos | São Paulo | 22° 1'13.32"S | 47°53'25.42"O | 2018/03/21 | Voçoroca |

| | | | | | | | |
|-----|-----------------|----------------------|----------------|---------------|---------------|------------|----------|
| 99 | Zona Rural | Cianorte | Paraná | 23°41'3.40"S | 52°37'12.93"O | 2018/03/23 | Voçoroca |
| 100 | Estrada Rural | Ivaiporã | Paraná | 24°13'35.55"S | 51°38'51.26"O | 2018/03/24 | Voçoroca |
| 101 | Vale do Itapocu | São João do Itaperiú | Santa Catarina | 26°29'44.12"S | 49° 5'5.94"O | 2018/04/2 | Ravina |
| 102 | Centro | Cataguases | Minas Gerais | 21°23'23.78"S | 42°41'47.72"O | 2018/04/11 | Voçoroca |

| | Magnitude (m²) | Possíveis Causas | Danos/Consequências |
|----|-------------------------------------|---|---|
| 1 | 30 m (larg.); 15 m (prof.) | Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura casas |
| 2 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 3 | 18 m (prof.) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 4 | 60 m (comp.) | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 5 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Ameaça infraestruturas urbanas |
| 6 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Ameaça casas |
| 7 | 300 m (comp.); 32 (prof.) | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Ameaça infraestruturas |
| 8 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Problemas Ambientais de erosão |
| 9 | 200 (comp.); 30 (larg.); 15 (prof.) | Galeria deságua em local inadequado + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 10 | 700 m (comp.) | Desmatamento e problemas na drenagem | Ameaça infraestruturas de ruas |
| 11 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Ameaça infraestruturas urbanas e ruas |
| 12 | N/A | Desmatamento e problemas na drenagem | Ameaça infraestruturas de ruas e casas |
| 13 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e casas |
| 14 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 15 | 200 (comp.); 13(larg.); 12(prof.) | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 16 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 17 | N/A | Obras de Loteamento + Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 18 | N/A | Fortes Chuvas | Comprometeu infraestruturas urbanas |
| 19 | 2 km (comp.) | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas |
| 20 | N/A | Desmatamento e problemas na drenagem | Comprometeu áreas rurais |
| 21 | 130 (diam.);30 (Prof) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 22 | 480 | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas |
| 23 | 40 m (comp.) | Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 24 | 10 m (prof.) | Fortes chuvas + Ausência de galerias pluviais | Ameaça infraestruturas |
| 25 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e casas |
| 26 | N/A | Forte Chuva + Obra inacabada | Ameaça infraestruturas de ruas |
| 27 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Ameaça infraestruturas de ruas |
| 28 | 400 m (comp.); 15 m (prof.) | Fortes Chuvas + Ocupação Irregular | Comprometeu infraestrutura de ruas e casas |
| 29 | N/A | Galeria danificada | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 30 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Ameaça infraestruturas de ruas |
| 31 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 32 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Ameaça infraestruturas de ruas |
| 33 | 200 m (comp.); 7m (prof.) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Ameaça infraestruturas |
| 34 | N/A | Fortes Chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 35 | N/A | Fortes Chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 36 | N/A | Fortes chuvas | Desmoronamento de Calçadas |
| 37 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 38 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 39 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas e casas |
| 40 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 41 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 42 | N/A | Galeria pluvial danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas/risco a moradores |
| 43 | 30 m (comp.); 4 m (prof.) | Fortes Chuvas | Ameaça infraestruturas de ruas |
| 44 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 45 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 46 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 47 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Vazamento de água |
| 48 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |

| | | | |
|----|--|---|---|
| 49 | 2700 | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 50 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 51 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 52 | 480 | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas |
| 53 | N/A | Fortes chuvas + Alagamento devido a represa | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 54 | 60 m (comp.) e 8 m (prof.) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e casas |
| 55 | 2500 (m ³) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 56 | 2500 (m ³) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 57 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu trechos de estrada rural |
| 58 | N/A | Galeria danificada | Ameaça infraestruturas |
| 59 | N/A | Galeria danificada | Ameaça infraestruturas |
| 60 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 61 | N/A | Sobrecarga na drenagem + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas |
| 62 | 15 m (comp.) e 20 m (diam.) | Galeria danificada + Fortes chuvas | Ameaça casas |
| 63 | N/A | Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 64 | N/A | Ausência de galerias pluviais | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 65 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 66 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 67 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 68 | N/A | Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas e casas |
| 69 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 70 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 71 | 3km de extensão e 40 m de profundidade | Fortes chuvas+problemas de drenagem | Comprometeu a infraestrutura de quase todo o bairro |
| 72 | N/A | Fortes chuvas | Tubulação comprometida |
| 73 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu a infraestrutura |
| 74 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 75 | N/A | Fortes Chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 76 | N/A | Fortes Chuvas + Açude Rompido | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 77 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 78 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 79 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas |
| 80 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 81 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 82 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 83 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 84 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 85 | N/A | Fortes chuvas + Problemas de drenagem | Comprometeu infraestrutura de ruas e calçamento |
| 86 | 2km de extensão | Fortes chuvas+obras inadequadas | Comprometeu a infraestrutura e redes elétricas |
| 87 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 88 | 72 | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de casas |
| 89 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 90 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 91 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 92 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 93 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e ameaça casas |
| 94 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 95 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu a infraestrutura |
| 96 | N/A | Galeria danificada + Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 97 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas e ponte |
| 98 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |

| | | | |
|-----|-----|---------------|--|
| 99 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de ruas |
| 100 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu trechos de estrada rural |
| 101 | N/A | Fortes chuvas | Comprometeu infraestrutura de Rodovias |
| 102 | N/A | Fortes chuvas | Comprometimento da infraestrutura |