

## **ANÁLISE DA DINÂMICA EVOLUTIVA DE DUAS VOÇOROCAS NA BACIA DO RIBEIRÃO DO EMA – ROLÂNDIA/PR**

Mayara Siqueira Silva, J. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA) ; Lohmann, M. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA) ; Ieda Campanini, E. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA) ; Rafael Vilela da Silva, J. (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA) ; Ferreira Maganhotto, R. (UNIVERSIDADE DO CENTRO OESTE DO PARANÁ)

### **RESUMO**

A bacia do Ribeirão do Ema, localizada no município de Rolândia (PR) é responsável pelo abastecimento de cerca de 70% da área urbana do mesmo. Portanto, considerando sua relevância e a importância ambiental, esta pesquisa buscou analisar a dinâmica e os processos climáticos e geomorfológicos envolvidos na gênese e evolução de duas voçorocas na bacia citada. Como metodologia, foram analisadas imagens do Google Earth dos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2020, associadas a análise de dados pluviométricos mensais e diários e, ainda a elaboração do mapa de fluxo hídrico e hipsométrico. Os resultados mostraram que as duas voçorocas tiveram como gênese o episódio de chuva ocorrido no dia 12 de janeiro de 2016, já que apenas neste dia, choveu 180 mm. A análise das imagens ilustra que nos anos anteriores a 2016 as voçorocas não existiam, ilustrando que as erosões foram geradas no mês de janeiro de 2016, mais especificamente no dia supracitado.

### **PALAVRAS CHAVES**

*Processos Erosivos; Geoprocessamento; Precipitação; Monitoramento; Norte do Paraná*

### **ABSTRACT**

The Ribeirão do Ema basin, located in the municipality of Rolândia (PR) is responsible for supplying about 70% of its urban area. Therefore, considering its relevance and environmental importance, this research sought to analyze the dynamics and climatic and geomorphological processes involved in the genesis and evolution of two gullies in the aforementioned basin. As a methodology, Google Earth images from the years 2015, 2016, 2017, 2018 and 2020 were analyzed, associated with the analysis of monthly and daily rainfall data, and also the elaboration of the water and hypsometric flow map. The results showed that the two gullies had as their genesis the rain episode that occurred on January 12, 2016, since on that day alone, it rained 180 mm. The analysis of the images illustrates that in the years prior to 2016 the gullies did not exist, illustrating that the erosions were generated in January 2016, more specifically on the aforementioned day.

### **INTRODUÇÃO**

As voçorocas apresentam-se como feições geomorfológicas que revelam a ação mais severa dos processos erosivos nos solos (MARCHIORO; ANDRADE; OLIVEIRA, 2016), (MORGAN, 2005). Sendo estes processos, “[...] um dos fenômenos ambientais mais evidentes na paisagem” (PINTO; ARAÚJO, 2020, p.386), que podem revelar inclusive condições de desequilíbrio entre os diversos componentes de um sistema ambiental, no caso, a vertente. Neste contexto, as voçorocas podem ser compreendidas também, como “[...] um fenômeno de desequilíbrio da paisagem” (PINTO; ARAÚJO, 2020, p.386), as quais trazem grandes prejuízos, devido a combinação entre seu potencial destrutivo, sua recuperação lenta e seu controle difícil (MARCHIORO; ANDRADE; OLIVEIRA, 2016), (MORGAN, 2005). Desta forma, torna-se importante a análise e interpretação da gênese e evolução destas feições geomorfológicas nas paisagens, como possibilidade para compreender as complexas e sistêmicas conexões existentes entre os diversos componentes e dinâmicas presentes na superfície terrestre, como o relevo, os solos, a hidrografia, a vegetação e as ações antrópicas. Ademais, conforme Pinto e Araújo (2020, p.387) “cada erosão possui suas particularidades em sua formação e desenvolvimento.”. O que leva a supor, que a compreensão das dinâmicas de constituição de voçorocas, demanda estudos capazes de observar e analisar as particularidades dos

componentes físico-ambientais presentes no local em que encontra-se tal feição geomorfológica. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar e compreender as dinâmicas e processos climáticos e geomorfológicos envolvidos na gênese e evolução de duas voçorocas na bacia hidrográfica do Ribeirão do Ema, situada na área rural do município de Rolândia - Paraná - Brasil, a partir da utilização de dados pluviométricos e imagens de satélite. A área escolhida, portanto, é a bacia hidrográfica do Ribeirão do Ema que está inserida no município de Rolândia, localizado na região Norte do Paraná. Estima-se que o município possui atualmente cerca de 68.165 habitantes IBGE (2021), sendo que a grande maioria reside na área urbana e menos de 10% estão na área rural do município. A bacia do Ribeirão do Ema está localizada na porção sudoeste de Rolândia, fazendo parte da bacia do Rio Bandeirantes do Norte, que deságua no Rio Pirapó, grande afluente da bacia do Rio Paranapanema. O Ema nasce próximo à divisa de Rolândia como município de Arapongas (23°22'14.94"S; 51°27'26.48"W), correndo no sentido nordeste, até encontrar o Rio Bandeirantes do Norte (23°18'26.50"S; 51°25'4.45"O). Quase a totalidade do percurso do Ribeirão (8,5 km) é cercada por propriedades rurais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

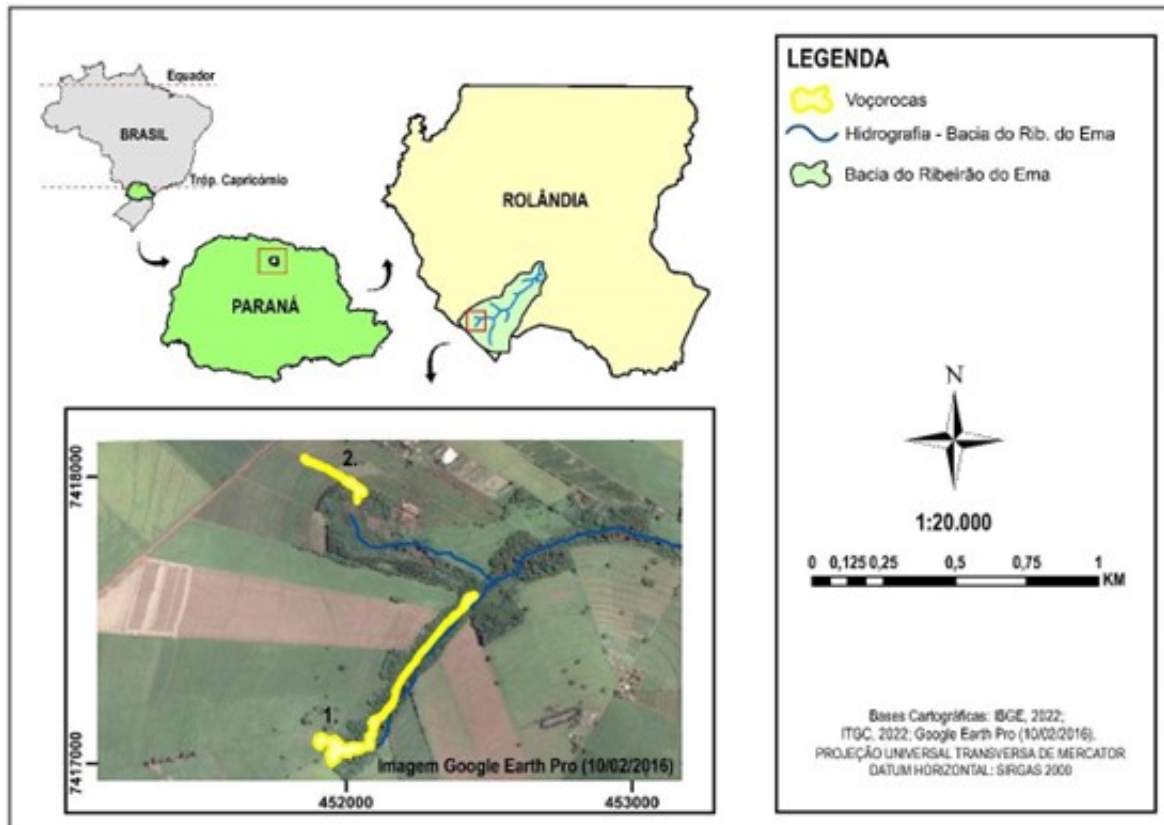
Para a realização desta pesquisa, inicialmente foram adquiridas as seguintes bases cartográficas: rede hidrográfica e otobacias do Instituto Águas Paraná (escala 1:50.000); Curva de nível e pontos cotados do Instituto de Cartografia e Geociências (ITCG) (escala 1:50.000); Limite municipais e estadual do IBGE (escala 1:250.000). De posse das bases cartográficas, a área de estudo foi delimitada e foi possível gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) da bacia hidrográfica do Ribeirão do Ema. O mesmo foi gerado utilizando a ferramenta "Topo to Raster", com resolução espacial de 30 (metros). Com base no MDT e utilizando a ferramenta "Raster Surface" foi possível gerar a clinografia da área. O MDT ainda foi utilizado de base para geração da direção de fluxo para a área, utilizando-se da ferramenta "Flow Direction". Para a análise da dinâmica e evolução das voçorocas, foram utilizadas imagens do Google Earth Pro para os anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2020. Com tais imagens foi realizado o georreferenciamento e a vetorização do polígono das voçorocas, além do cálculo das dimensões (largura, comprimento, área e perímetro). Para a análise da dinâmica das precipitações, foram utilizados os dados pluviométricos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR). Foram utilizados os dados de precipitação diária, de novembro e dezembro de 2015, e janeiro de 2016, além dos dados de precipitação acumulada mensal para o ano de 2016. Os dados de média histórica também foram adquiridos junto ao IAPAR. Tais dados foram analisados com intuito de identificar a influência da precipitação na gênese das voçorocas. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizado para processar os dados e elaborar os produtos cartográficos foi o software Arcgis 10.5. E devido a distinção das fontes das bases cartográficas, após o processamento dessas, houve a readequação das projeções para o sistema Universal Transversa de Mercator - UTM, Datum SIRGAS 2000.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A bacia do Ribeirão do Ema, possui altitudes que variam de 660m a 780m. Predomina o relevo plano e suave ondulado, com declividades entre 3 e 8%. Em direção a rede de drenagem formam-se os vales em forma de UV e as declividades também aumentam chegando até 20% (relevo ondulado) em alguns pontos da bacia. Em termos de solos, os Latossolos de textura argilosa e muito argilosa são os predominantes e compõem a porção centro sul da bacia. Ocupam 14 km<sup>2</sup> da bacia (59,8%). A sudoeste da bacia são encontrados os Latossolos de textura média, com área de 2,89km<sup>2</sup> (12,5%) e, na porção centro norte os Nitossolos que representam 27,88% da bacia (6,56km<sup>2</sup>). Tais tipos de solos, conjugados com as baixas declividades e vertentes convexas, tem-se as condições ideais para a agricultura mecanizada, o que é prática comum na bacia, predominando as áreas cultivadas com trigo, soja e milho (culturas sazonais). O clima da bacia do Ribeirão do Ema enquadra-se, segundo a classificação de Köppen, no tipo Cfa, ou seja, clima subtropical úmido. A temperatura média anual é de 21,0 °C e a pluviosidade média anual de 1600 mm. E, em termos de uso e cobertura da terra predomina na bacia as áreas agrícolas, principalmente as ocupadas pelas culturas sazonais, representadas basicamente por áreas de soja. A direção de fluxo da porção sudoeste da bacia, onde se encontram as duas voçorocas em análise (Figura 2). É possível constatar que o fluxo é concentrado na direção das voçorocas, sendo que ele tem a mesma direção desde o limite da bacia

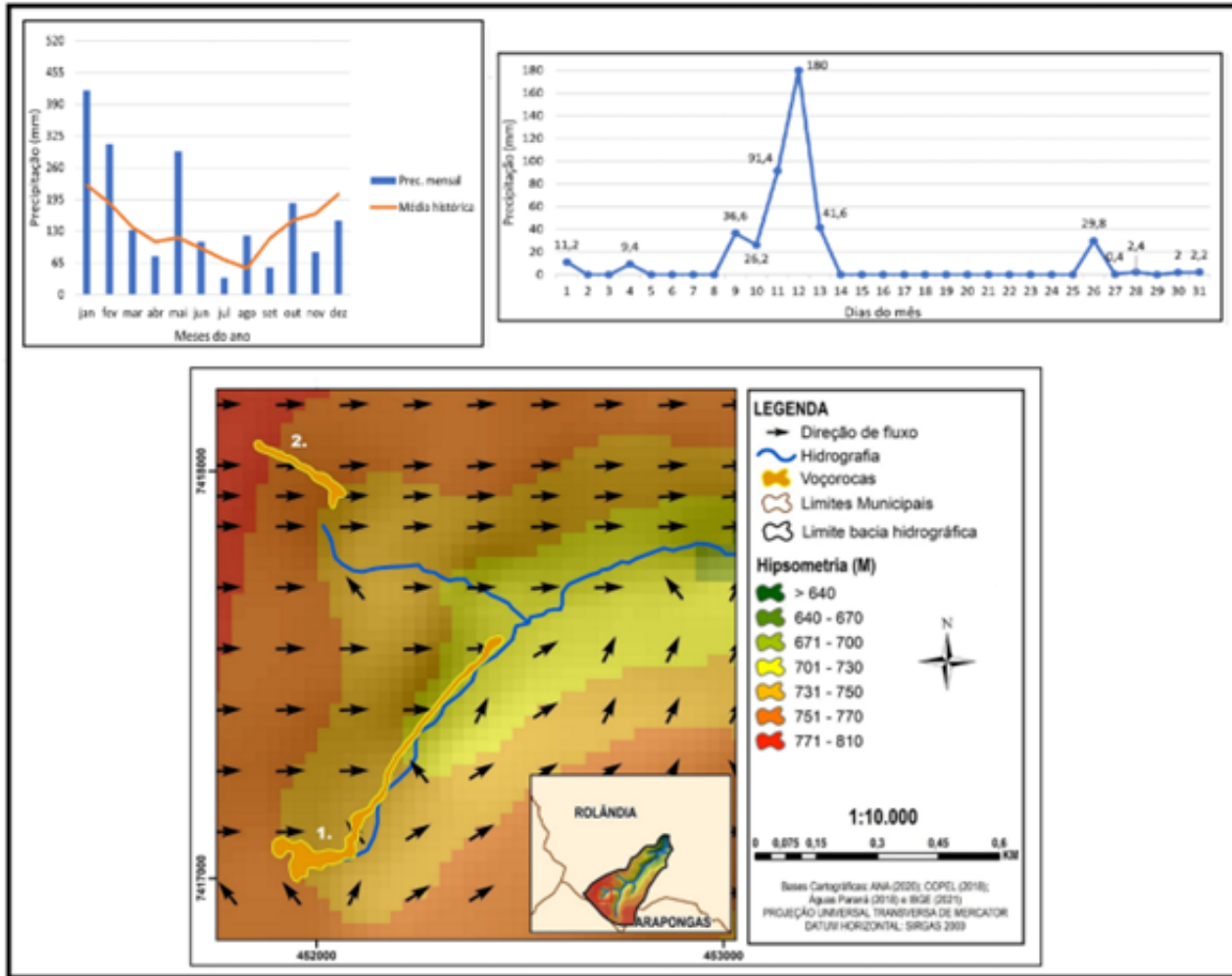
até o fundo de vale, indicando que a gênese das duas erosões tem ligação direta com as linhas de concentração de fluxo. Objetivando ainda entender a gênese das duas erosões foram construídos os gráficos ilustrando a precipitação mensal para o ano de 2016 e precipitação diária para o mês de janeiro do mesmo ano (Figura 2). Os maiores acumulados de chuva são registrados em janeiro, fevereiro e dezembro, ou seja, no verão. Os meses de julho e agosto são os dois meses que apresentaram os menores valores, ou seja, no inverno. É possível observar que a precipitação média histórica para o mês de janeiro é de 223,9 mm. No entanto, em janeiro de 2016 a precipitação acumulada atingiu 418,6 mm, de acordo com o dado fornecido pelo IAPAR, ou seja, choveu 194,7mm acima da média histórica para o mês. Do total precipitado em janeiro (Figura 2), apenas no dia 12, foram 180 mm, sendo que no dia anterior (11/01/2016) já havia precipitado 91,4mm, no dia 10 foram 26,2mm e no dia 9 foram 36,6 mm. Assim, é possível afirmar que o solo já estava saturado por água e no dia 12/01 precipitou praticamente o total da média do mês. Esse evento em específico, foi o deflagrador das duas grandes erosões que atualmente encontram-se na bacia do Ribeirão do Ema, ou seja, a gênese das voçorocas está diretamente ligada a este evento extremo de precipitação ocorrido no dia 12/01/2016. Para corroborar tal informação, em visita in loco foi possível conversar com os proprietários das fazendas em que se encontram as voçorocas e os mesmos informaram que as erosões surgiram exatamente durante a chuva do dia 12/01, já que anterior a este dia, as erosões não existiam na propriedade. Para corroborar a informações já descrita até o momento, fez um levantamento de imagens de satélite do Google Earth na data de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2020 (Figura 3). É possível observar que no ano de 2015 a área que, atualmente encontram-se com a voçoroca 1, possuía parte da área utilizada para agricultura e outra porção com floresta. No ano de 2016, após o evento ocorrido em janeiro, abre-se uma grande voçoroca. A mesma, nesse ano possuía 816,76 metros de comprimento e aproximadamente 8.960 m<sup>2</sup> de área. Nos anos de 2017, 2018 e 2020 é possível constatar que as margens da voçoroca vai sendo revegetada naturalmente e que o processo erosivo não evoluiu em suas dimensões. Infere-se sobre isso que, por não ter ocorrido nenhum outro grande evento de precipitação na bacia e a próprias características do solo (muito argiloso) contribuíram para que a voçoroca não evoluísse. Por outro lado, nenhuma ação de recuperação da área degradada ou de contenção da grande erosão foi providenciada, nem por parte do proprietário da fazenda e nem por parte da prefeitura municipal de Rolândia. Em trabalho de campo no dia 27/10/2022, foi possível verificar que a mesma já encontra-se com vegetação nas margens e parte do fundo. Trata-se de uma voçoroca de grande porte e com profundidade em torno de 15 metros. Foi possível ainda verificar que atualmente existe uma nascente em um dos braços da erosão e com uma vazão considerável. Formou-se um curso de 1° ordem o que faz com que a voçoroca permaneça ativa e com poder de retirada de material (solo) significativo. Durante episódios de chuva, a vazão aumenta e o poder erosivo também. Em função da vazão e da qualidade da água, existem canos que foram colocados para a sua retirada. Tal fato é prejudicial para bacia como um todo já que a água retirada não vai até o curso principal e, portanto, não está inserida no sistema como um todo. A voçoroca 2, que se encontra a aproximadamente 1 km de distância da anterior, localiza-se também na margem esquerda do Ribeirão do Ema. A Figura 3 ilustra a dinâmica de evolução da mesma nos anos escolhidos. A voçoroca 2, no ano de 2016 possuía 434,21 metros de comprimento e aproximadamente 1539,61 m<sup>2</sup> de área. É possível constatar que a voçoroca 2, tem-se a mesma dinâmica em termos de sua gênese e evolução que a voçoroca 1, ou seja, no ano de 2015 a voçoroca não existia e o evento chuvoso de janeiro de 2016 foi o deflagrador de sua gênese. Nos anos posteriores (2017, 2018 e 2020) a voçoroca foi sendo revegetada em suas margens e sendo estabilizada aos poucos. No entanto, assim como para a voçoroca 1, nenhuma ação de recuperação da área degradada ou de contenção da erosão foi executada. Em trabalho de campo no dia 20/10/2022, foi possível perceber (assim como na última imagem) que a mesma encontra-se com vegetação em suas margens e no fundo. Não foi possível entrar na voçoroca mas assim como a outra, trata-se uma erosão profunda com pelo menos 8 metros de profundidade. Mais a jusante da voçoroca existe 3 tanques de água que são utilizados para criação de peixes. Infere-se que nessa erosão, assim como na anterior, exista uma nascente em seu interior pois foram identificados canos que trazem água até o primeiro tanque, além de uma área molhada bem próximo. No entanto, tal informação necessita de confirmação. Mas se utilizada para criação de peixes, a água dessa nascente também não atinge o rio principal, ficando fora do sistema de abastecimento como um todo.

Figura 1



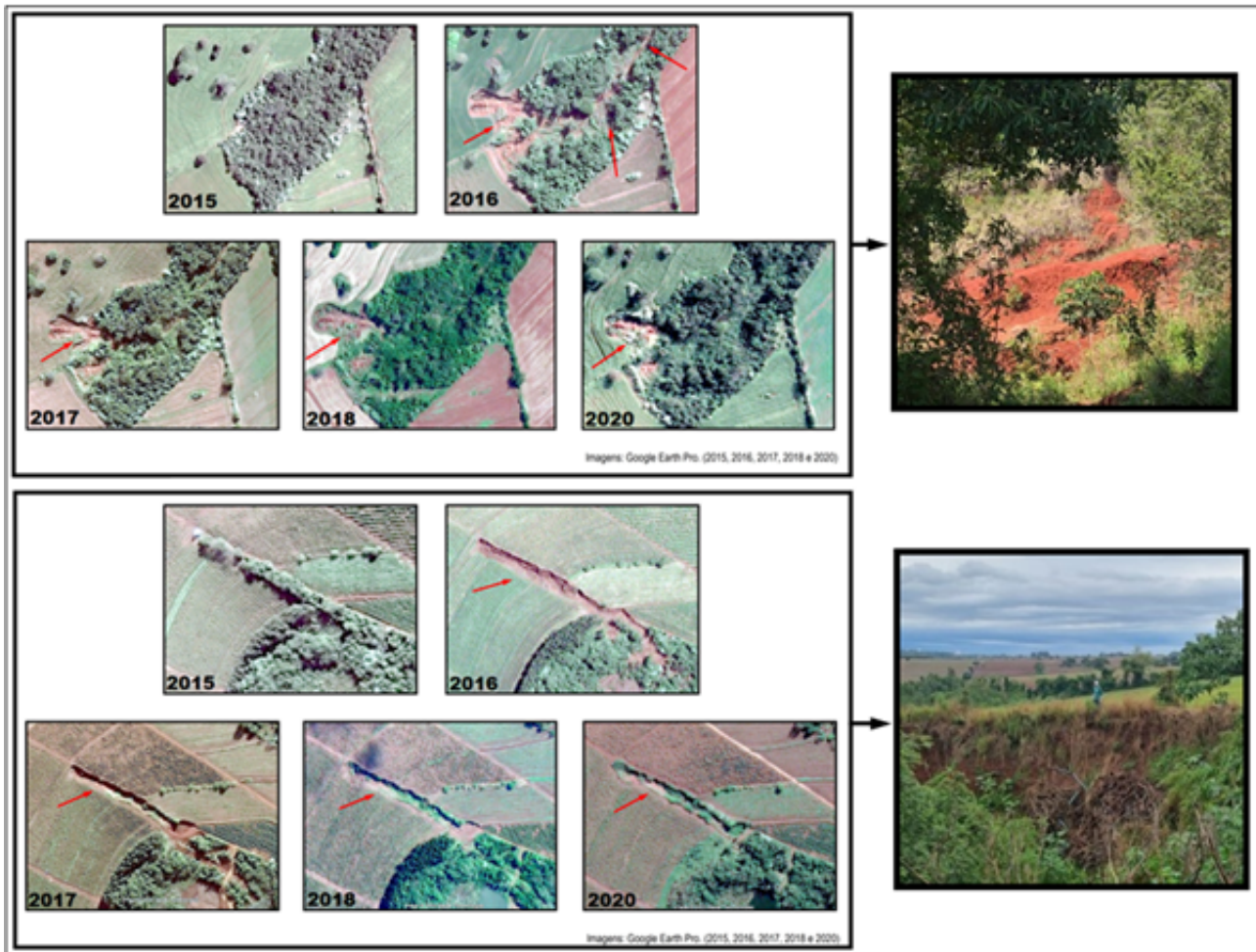
Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão do Ema.

Figura 2



Mapa de direção de fluxo e gráficos de precipitação acumulada mensal para o anos de 2016 e precipitação diária para o mês de janeiro de 2016.

Figura 3



*Evolução das Voçorocas 1 e 2 para os anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2020.*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos dados de precipitação e imagens de satélite mostraram que a gênese das duas voçorocas analisadas está intimamente ligada ao episódio de chuva extrema ocorrida no dia 12 de janeiro de 2016. Neste dia, precipitou 180mm em poucas horas, o que fez com que as duas voçorocas surgissem. Atualmente as erosões encontram-se com as margens revegetadas mas em seu interior ainda o processo de retirada de solo continuam a ocorrer já que muitas porções, principalmente da voçoroca 1, encontram-se com solo exposto. Além disso, como em seu interior, existem nascentes, há água escorrendo de maneira regular nas voçorocas, inclusive sendo canalizadas em grande parte para criação de peixes ou outros usos. Mas isso mostra que a erosão, apesar de estar sendo revegetada, ainda encontra-se ativa no que diz respeito aos processos geomorfológicos que ocorrem associados a dinâmica evolutiva desse tipo de erosão. Estes dois processos erosivos, associados aos demais (laminares) em toda a bacia, são prejudiciais a qualidade da água, já que a bacia do Ribeirão do Ema é bacia de manancial e abastece mais de 70% de toda área urbana do município de Rolândia. Portanto, medidas de contenção dos processos erosivos, em especial os apresentados neste estudo, devem ser priorizados por parte da secretaria municipal de meio ambiente do município em questão.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao PPGE da Universidade Estadual de Londrina. E o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

MARCHIORO, Eberval; ANDRADE, Edilene Evangelista; OLIVEIRA, João Carlos. Evolução espaço-temporal de voçorocas no Espírito Santo: estudo de caso nos municípios de Afonso Cláudio e Alegre. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 191-204, 29 mar. 2016. Revista Brasileira de Geomorfologia. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i1.712>. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/712> Acesso em: 25/03/2023.

MORGAN, Royston Philip Charles. Soil erosion and conservation. Oxford. Publishing Blackwell, 3. ed., 2005. 304 p. Disponível em: [https://svgaos.nl/wp-content/uploads/2017/02/Morgan\\_2005\\_Soil\\_Erosion\\_and\\_Conservation.pdf](https://svgaos.nl/wp-content/uploads/2017/02/Morgan_2005_Soil_Erosion_and_Conservation.pdf) Acesso em: 25/03/2023.

PINTO, Bismarque Lopes; ARAÚJO, Hélio Mário de. Comportamento geomorfológico de uma voçoroca no município de Tucano - semiárido baiano. Revista de Geografia, [S.L.], v. 37, n. 2, p. 385, 9 ago. 2020. Universidade Federal de Pernambuco. <http://dx.doi.org/10.51359/2238-6211.2020.244273>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/244273> Acesso em: 25/03/2023.