

## UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) PARA A IDENTIFICAÇÃO DE SUMIDOUROS NA BACIA DO RIO CORRENTE, REGIÃO NORDESTE DE GOIÁS

USE OF THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) FOR THE IDENTIFICATION OF  
SINKHOLES IN THE CORRENTE RIVER BASIN, NORTHEASTERN REGION OF GOIÁS

**Leonardo Chaves Mendes**

Universidade de Brasília - UnB  
Laboratório de Geografia Física - LAGEF, ICC Norte Bloco 23.  
Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte  
CEP 70910-900  
Brasília-DF.  
E-mail: [lchaves21@gmail.com](mailto:lchaves21@gmail.com)

**Adivane Morais Nogueira**

Universidade de Brasília - UnB  
Laboratório de Geografia Física - LAGEF, ICC Norte Bloco 23.  
Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte  
CEP 70910-900  
Brasília-DF.  
E-mail: [adinoqueira2010@hotmail.com](mailto:adinoqueira2010@hotmail.com)

**Dandara Caldeira**

Universidade de Brasília - UnB  
Laboratório de Geografia Física - LAGEF, ICC Norte Bloco 23.  
Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte  
CEP 70910-900  
Brasília-DF.  
E-mail: [dandara.caldeira2014@gmail.com](mailto:dandara.caldeira2014@gmail.com)

**Rogério Elias Soares Uagoda**

Universidade de Brasília - UnB  
Laboratório de Geografia Física - LAGEF, ICC Norte Bloco 23.  
Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte  
CEP 70910-900  
Brasília-DF.  
E-mail: [rogeriouagoda@unb.br](mailto:rogeriouagoda@unb.br)

## Resumo

A vasta ocorrência de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (Neoproterozoico), no Centro-Oeste brasileiro, permitem a captura de grandes rios superficiais para o frágil ambiente subterrâneo. Neste sentido, este estudo tem como propósito identificar possíveis áreas de ocorrência de sumidouros na Bacia do Rio Corrente, localizada na porção nordeste do estado de Goiás. Essas feições são típicas de ambientes cársticos, sendo responsáveis pela captura da hidrografia superficial para o subterrâneo. Com a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG), empregando os softwares QGIS e SAGA GIS, foram realizadas tentativas para a localização de tais áreas a partir de identificação visual (considerando critérios como hidrografia, altitude, curvas de nível e vegetação). Foram identificados, a partir da aplicação de filtros, 170 polígonos de possíveis áreas de ocorrência de sumidouros faltando a realização de trabalhos de campo para checagem das informações.

**Palavras-chave:** Sumidouros; Interpretação de Imagens; SIG; Carste

## Abstract

The vast occurrence of Bambuí group carbonate rocks (Neoproterozoic), in Brazilian Central-West region, allows the reallocation of great superficial rivers to the fragile underground ambient. In this sense, this work aims the identification of areas with the possibility of occurrence of sinkholes in Rio Corrente Basin, located in the northeast portion of Goiás state. These features are typical in karstic ambients, being responsible for the superficial hydrography capture to the subterranean area. Using the Geographic Information System (GIS), operating the softwares QGIS and SAGA GIS, attempts were made to the location of such areas from visual identification (considering criteria such as hydrography, altitude, contours and vegetation). From the application of these filters 170 polygons were identified, representing areas of possibility of sinkholes occurrence, being necessary field work to validate them.

**Keywords:** Sinkholes; Photograph interpretation; GIS; Karst

## 1. Introdução

A partir das rochas provenientes do Grupo Bambuí, por seu caráter carbonático, desenvolve-se um terreno denominado cárstico – termo oriundo da expressão eslovena *Karst*, e que possui por significado “solo pedregoso desnudo”. Essas regiões são caracterizadas pela baixa quantidade de drenagens superficiais, já que há dissolução do carbonato presente nas rochas, levando os rios a desenvolverem no endocarste, área mais interna desses terrenos (GOIÁS, 2006).

As paisagens cársticas são compostas por terrenos cujas formas e sistemas de drenagens são diferenciados pela alta solubilidade da rocha e porosidade secundária, desenvolvida por meio de alargamento de fraturas e descontinuidades típicas em rochas carbonáticas, como calcários, dolomitos e mármore (FORD; WILLIAMS, 2007). São caracterizadas por promover o desenvolvimento de formas de relevo como as depressões fechadas (dolinas), captura de drenagens superficiais para sistemas subterrâneos além da ocorrência de cavernas (FORD; WILLIAMS, 2007). Apesar do processo de dissolução da rocha pela água não ser o

predominante é o mecanismo inicial, permitindo que os demais ocorram, como a erosão mecânica e colapsos (FORD, 2004; PALMER, 2007).

As dolinas são as formas de relevo mais comuns e representativas das paisagens cársticas, e estão relacionadas à maneira como se deu o processo de formação (morfogênese). Segundo Tavassos (2019, p. 78-81), apesar de inúmeras denominações acerca de sumidouros, estes podem ser descritos como “uma abertura por meio da qual o rio superficial é capturado para o subterrâneo”. São duas as nomenclaturas destas feições: *ponor*, quando se apresentam horizontal ou subhorizontalmente e *pot-holes*, em juntas, fraturas e estruturas verticais. Além disso, as ressurgências são feições de função oposta à dos sumidouros, que permitem o retorno do curso d’água à superfície, conforme descrito por Travassos (2019).

Elementos característicos e correlacionados a presença de sumidouros são os vales cegos e secos pois, o vale cego (*Blind valleys*) trata-se de um vale fluvial que se fecha abruptamente à jusante, devido a ocorrência uma barreira natural que, não represa a água, e sim captura por meio de um sumidouro, drenando o fluxo ao longo do ano (TRAVASSOS, 2019; TRAVASSOS; RODRIGUES; TIMO, 2015). Já os vales secos (*Dry valleys*) são os vales fluviais sem rios, pelo fato do fluxo ser capturado para o sistema subterrâneo, que eventualmente podem dispor de fluxo intermitente dependendo da sazonalidade (BOČIĆ, 2003; BOČIĆ; BAĆURIN, 2004; BOČIĆ; PAHERNIK; MIHEVC, 2015; TRAVASSOS, 2019).

Estudos mostram que há importância no desenvolvimento de análises desses vales, pois podem ajudar no entendimento de processos evolucionários da paisagem e das mudanças no sistema fluvial (PHILLIPS, 2018), demonstrando a importância da localização de sumidouros e ressurgências para estudos e interpretações paleoambientais.

Deste modo, a utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode auxiliar na localização de tais feições. Arquivos vetoriais, como *shapfiles*, imagens de satélite, radar (SRTM), laser (LiDAR) e drone (ortomosaico), além de softwares e geoestatística, são fundamentais para o desenvolvimento das pesquisas e análises acerca das feições cársticas. Diversos estudos tratam da utilização do SIG como ferramenta de subsídio para as pesquisas no carste (BAHTIJAREVIĆ; FAIVRE,

2016; BOČIĆ et al., 2015; JERIN; PHILLIPS, 2017; KOŠUTNIK, 2007; PHILLIPS, 2017, 2018; PHILLIPS et al., 2004; TÍRLĂ et al., 2016).

A presente pesquisa pretende identificar possíveis áreas de ocorrência de sumidouros na Bacia do Rio Corrente. Esta pesquisa está vinculada ao grupo de pesquisa GEOCARSTE/UnB e ao projeto “Susceptibilidade, hidrologia e geomorfologia cárstica aplicadas à conservação do patrimônio espeleológico da Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho - APANRV” (Termo de Compromisso de Compensação Espeleológica-TCCE nº 01/2018/ICMBio).

## 2. Área de Estudo

A Bacia do Rio Corrente está localizada no nordeste goiano, engloba a Área de Preservação Ambiental Nascentes do Rio Vermelho (APANRV) (Figura 1), e se encontra entre os municípios de Mambaí, Damianópolis, Buritinópolis, Alvorada do Norte, Simolândia, Sítio D’Abadia e Posse. A APA foi criada em 2001, com o objetivo de conservação do patrimônio espeleológico. Surge também com intuito de promover as trocas entre o homem e o ambiente, sem permitir que haja degradação (SILVA JÚNIOR, 2019). A área estudada apresenta diversas feições cársticas e o fluviocarste, e é definida pela ocorrência de vales escarpados profundos, ao longo das drenagens menores, o recuo dos vales também tende à verticalidade, com afloramentos laterais descontínuos, presença de segmentos de vale cego e vale abandonado, múltiplos pontos de sumidouro e ressurgências (BERBERT-BORN; TRINDADE, 2003).

As principais feições geomorfológicas da região são evidenciadas por morfoesculturas climáticas, dando origem a formas dissecadas e rebaixadas, interpostas as formas conservadas, que representam remanescentes da topografia mais antiga, sendo drenada pelo Rio Corrente afluente do Rio Tocantins. A APANRV apresenta forma de relevo que varia de plano a suave com ondulações próximas a Serra Geral, divisa de Goiás com a Bahia, e bastante ondulado nas bacias dos rios Corrente e Vermelho. O clima tropical com características sazonal, apresenta um período chuvoso que ocorre comumente de outubro e vai até março e período seco de abril a setembro (MIRANDA, 2016).

A ocupação antrópica é caracterizada por pequenas propriedades e assentamentos fundiários, cuja atividade econômica predominante é a pecuária.

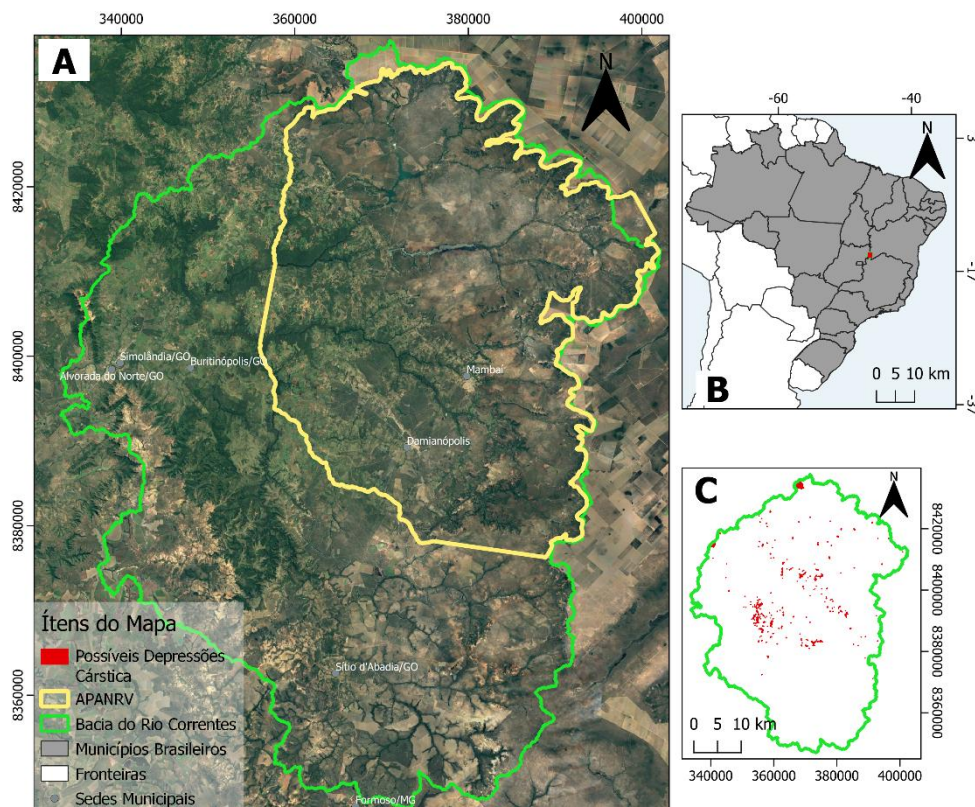
Algumas atividades humanas têm sido potencialmente nocivas aos ambientes cársticos, principalmente em se tratando da fonte de carga sólida em rios, causando prejuízos aos ambientes que ainda carecem de estudos para sua compreensão, comprometendo o patrimônio natural, cultural e científico (BERBERT-BORN; TRINDADE, 2003).

A vegetação é característica do Cerrado, classificado como uma savana úmida que abrange as savanas abertas, bosques de savanas, pastagens e pastagens arbustivas, florestas secas e florestas ribeirinhas (FURLEY, 1999).

Sua riqueza ambiental está assentada sobre três grupos geológicos – Areado, Urucuia e Bambuí, sendo os dois últimos de maior relevância para o estudo. O Grupo Areado é característico pela existência de arenitos, expostos devido à sucessivas erosões na Formação Capacetes, relacionada ao Grupo Bambuí (NUNES, 2020). Possuindo duas Formações (Posse e Serra das Araras), o Grupo Urucuia se relaciona a quartzo-arenito red-bed, arenito-feldspático, arenitos, argilitos e conglomerados, se inserindo no período geológico Cretáceo (OLIVEIRA et al., 2008).

A litologia regional associada ao Grupo Bambuí (Neoproterozóico), representada pela sequência pelítico-carbonatada, permite que a APANRV disponha de uma importante área cárstica com diversas feições típicas de tais ambientes. Em destaque ocorre a Formação Lagoa do Jacaré caracterizada por alternância de calcários oolíticos e pisolíticos, cinza escuro, fétidos, cristalinos, lenticulares com siltitos e margas.

Tendo em vista a existência destas rochas calcárias, a paisagem desenvolve diversas feições típicas do carste que atualmente vêm sendo objeto de diversas pesquisas (CALDEIRA et al., 2021; HUSSAIN et al., 2020; NUNES, 2020) dentre eles a pesquisa desenvolvida por Ferreira (2020) que mapeou as possíveis áreas de ocorrência de dolinas (Figura 1-C).



**FIGURA 1:** A) Localização da APANRV na Bacia Hidrográfica do Rio Corrente e Sedes Municipais que a compõem (exceto Posse); B) Mapa de contexto da localização da área de estudo no Brasil; C) Possíveis depressões cársticas (FERREIRA, 2020).

### 3. Materiais e Métodos

Esta pesquisa iniciou-se a partir do levantamento teórico-metodológico sobre a temática em questão, em trabalhos acadêmicos (TCC, Dissertações, Teses) e artigos científicos de revistas indexadas na plataforma de periódicos CAPES. As demais etapas estão dispostas a seguir:

#### 3.1 Levantamento Cartográfico

A base de dados principal utilizada foi oriunda da pesquisa de mestrado de Ferreira (2020), que mapeou as possíveis áreas de depressões cársticas inseridas na Bacia do Rio Corrente. Para aquisição da rede drenagem com maior acurácia, utilizou-se o SAGA GIS (v. 2.3.2), que possui maior gama de ferramentas sem necessidade de instalação de complementos. Para isso, foi elaborado um Modelo Digital de Elevação (MDE) de resolução espacial de até 12,5 metros, com base nos dados do sensor PALSAR, do satélite ALOS. Tais dados foram obtidos pelo sítio

eletrônico do Sistema Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey-USGS*), o *EarthExplorer*.

Para geração do *shapefile* de hidrografia, o primeiro passo se deu pela utilização da ferramenta *fill sinks*, para a correção de possíveis erros obtidos na captura da imagem. A partir disso, o recurso *Channel network and drainage basins* pôde ser utilizado, no intuito de extração da hidrografia. É importante ressaltar que as ferramentas foram aplicadas em sua versão padrão, inclusive o *threshold* (limiar), para que o arquivo não fosse gerado com pouca ou demasiada informação (quanto mais próximo de 1, maior a acurácia).

Para o mapeamento, fora utilizado o QGIS (v. 3.16.3 *With Grass*), *software* gratuito de processamento de dados geospaciais (como *raster* e *shapefiles*), pois permite a utilização do *plug-in* Google Satellite, que auxilia na detecção das discontinuidades do dossel. O MDE fora utilizado para geração de mapas de Altimetria e extração de curvas de nível, no intuito de verificar se haveria feições sobre cotas fechadas (topos) e fora dos vales.

### 3.2 Identificação das feições:

Na interpretação de imagens de satélite foi necessário estabelecer correlações entre os elementos da imagem e elaborar hipóteses interpretativas. Os critérios usados na identificação e determinação de um objeto envolvem: forma, tamanho, tonalidade, localização do objeto na paisagem, textura e estrutura (PANIZZA; FONSECA, 2011).

Nesse sentido, seguindo o disposto, se fez necessária a análise e correlação das imagens com as formas físicas da paisagem. Para reconstruir a evolução da paisagem, é importante entender os aspectos de análise dos sistemas de drenagem (SILVA; SANTOS, 2010). O processo interpretativo requer correlações entre o que se observa nas imagens e a realidade, sendo os reconhecimentos de campo essenciais no processo de validação dos objetos identificados. A realidade do terreno (trabalho de campo) e as fotografias ou imagens podem ser fundamentais em várias etapas da interpretação visual (PANIZZA; FONSECA, 2011).

Imagens de mais alta qualidade auxiliam e facilitam as análises do relevo. Arquivos LiDAR, por exemplo, geradas a partir de laser (que possui comprimento de onda que ultrapassa o dossel) são de melhor acurácia se tratando da superfície do

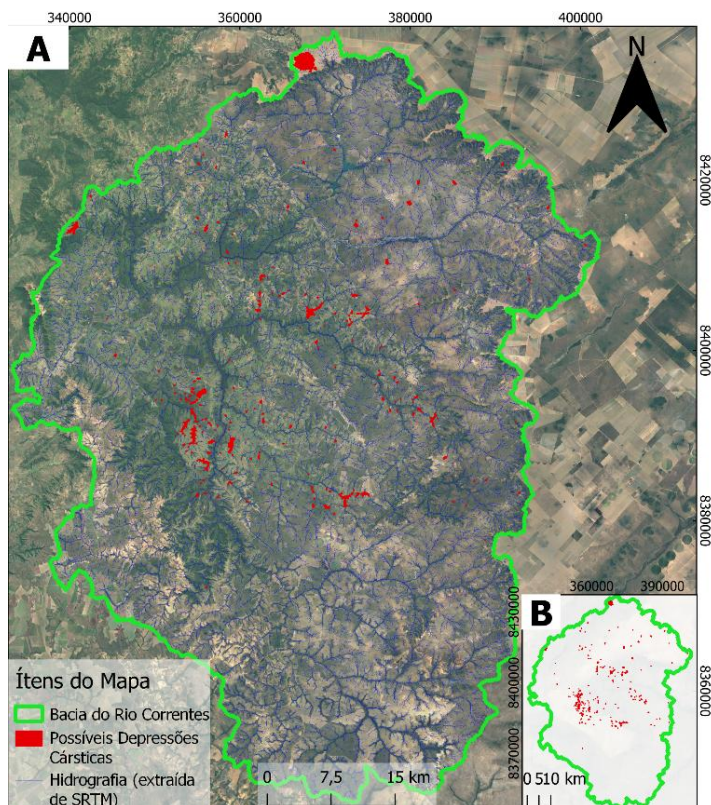
terreno (KIM; NAM; YOUN, 2015). Entretanto, tais imagens não são tão comuns em território brasileiro, dificultando a realização das análises que necessitam delas.

Filtros foram utilizados no arquivo vetorial de depressões, disponibilizado por Ferreira (2020), no intuito de separar os sumidouros das outras subsidências cársticas. Dessa forma, tomou-se como critérios para checagem em campo e registro como sumidouro/ressurgência: 1) presença de hidrografia sobre a feição; 2) descontinuidade do dossel e; 3) ocorrência em regiões de vales. Imagens temporais presentes no *software Google Earth Pro* (v. 7.3.3.7786) também foram utilizadas no intuito de verificar interrupções na vegetação ciliar de acordo com as variações sazonais. Por fim, fora gerado um gráfico de barras, no intuito de demonstrar a redução dos polígonos do arquivo vetorial inicial após a aplicação dos filtros propostos.

#### 4. Resultados e Discussões

A paisagem cárstica da APANRV dispõe de feições típicas do relevo cárstico resultantes dos processos de dissolução, tanto por águas superficiais como subterrâneas. São encontradas depressões fechadas, dolinas, sistemas de cavernas, desfiladeiros, além de vales secos, desenvolvidos por atividade fluvial superficial, mas que perdem o fluxo para o subsolo por meio da ocorrência de sumidouros, formando depósitos fluviais contidos nos paleovales abandonados com sedimentos que podem ser utilizados em estudos paleoambientais. Assim sendo, é de grande importância a identificação de tais feições que estão diretamente relacionadas com a dinâmica fluviocárstica e a evolução da paisagem. Neste sentido, inicialmente foi realizada a aplicação do primeiro filtro, utilizando apenas as possíveis depressões cársticas (FERREIRA, 2020) que perpassavam a hidrografia extraída do MDE. Dessa forma, foram excluídas 22 áreas das 232 localizadas no vetor inicial, resultando em 210 itens remanescentes na tabela de atributos do arquivo (Figura 2-A/B).



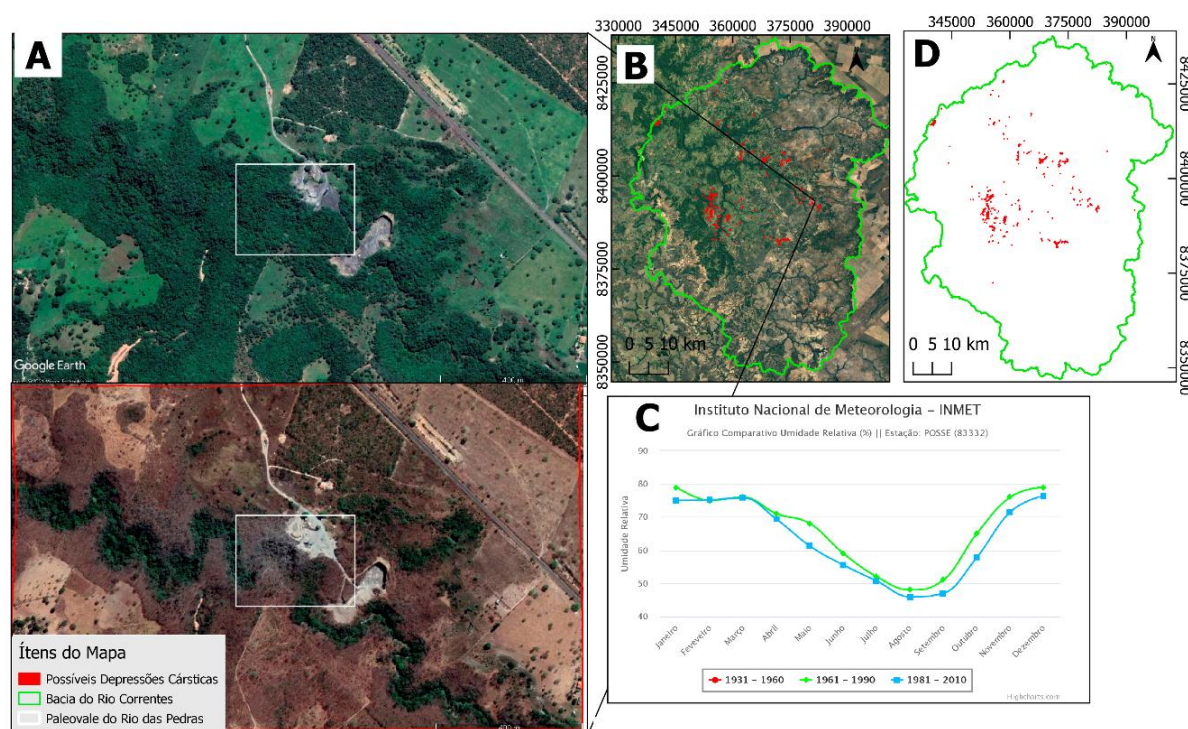


**FIGURA 2: A)** Possíveis depressões cársticas que interceptam a hidrografia extraída de SRTM; **B)** Demonstração da redução dos polígonos presentes na Figura 1-C.

Apenas a aplicação da hidrografia não seria plausível, já que o software gera demasiadas linhas de fluxo em locais onde, visualmente, não há qualquer indício de fluxo superficial (como ocorre com os paleovales). Desse modo, o modelo possui linhas contínuas, sem interrupções, sendo necessárias outras filtragens no arquivo vetorial de possíveis depressões cársticas, a fim de estabelecer as que melhor representariam regiões com sumidouros.

Em seguida, a interpretação das imagens de satélite possibilitou a identificação das feições, observando as anomalias de drenagem (Figura 3). Acompanhando visualmente o percurso da rede hidrográfica normalmente vegetada, observam-se locais cuja vegetação repentinamente muda de tonalidade, por conta da ausência de água, e posteriormente reaparece no mesmo sentido do vale, oferecendo indícios de captura e ressurgência de drenagem, conforme o caso a seguir (Figura 3-A). A Figura 3-C reafirma a anterior, demonstrando que a umidade relativa presente nos diferentes meses do ano permite a identificação dos paleovales e, conseqüentemente, de seus sumidouros e ressurgências.

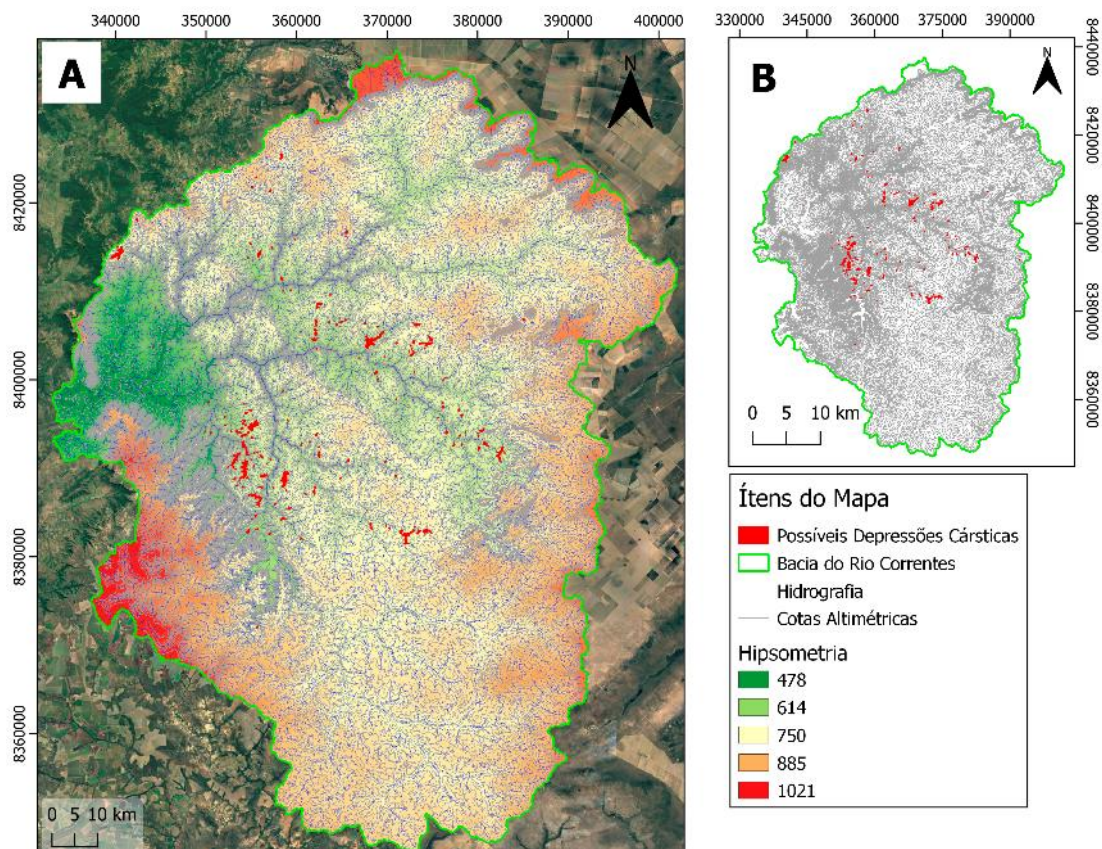
A variação histórica de imagens (*Google Earth Pro*) permitiu a verificação das áreas, alternando-as para observação da presença ou ausência de vegetação ao longo dos cursos d'água nas diferentes estações. Assim, foi possível determinar se a área de prováveis subsidências estava circunscrita em áreas de extrema possibilidade da existência de sumidouros, como demonstrado na Figura 3-A. Com a aplicação deste critério vegetacional, foram identificadas 170 feições que correspondiam ao filtro aplicado (Figura 3-B/D).



**FIGURA 3:** **A)** Demonstração da alteração de tonalidade da vegetação após captura fluvial nos meses de Abril/2020 (maior umidade – imagem superior) e agosto/2019 (menor umidade – imagem inferior); **B)** Possíveis depressões cársticas que, além de interceptarem a hidrografia extraída de SRTM, se relacionam com vegetação ciliar; **C)** Gráfico demonstrativo de umidade de janeiro a dezembro no estado do Goiás (estação Posse); **D)** Demonstração da redução dos polígonos presentes na imagem 2-C.

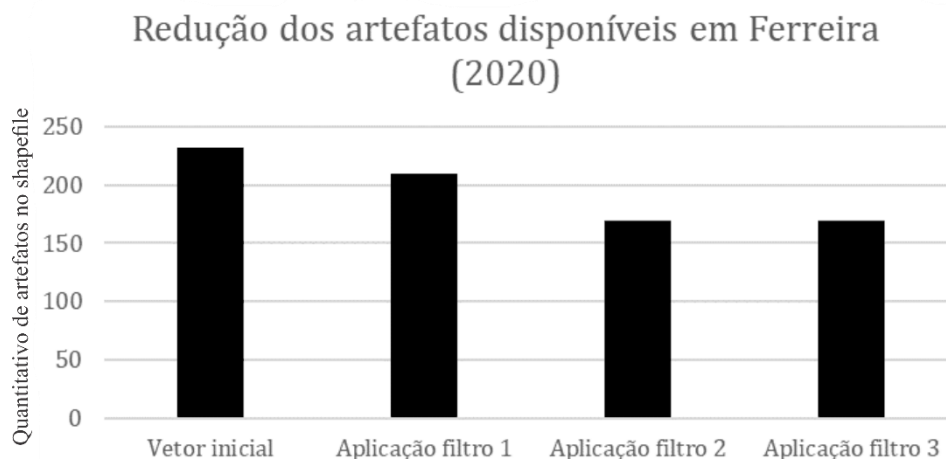
Por fim, a partir da geração do mapa hipsométrico (Figura 4-A) e das curvas de nível (Figura 4-A/B), foi possível verificar se as feições se encontravam nos vales ou nos topos dos divisores de bacia. Nenhum artefato do arquivo vetorial fora excluído nessa etapa, uma vez que todos se encontravam nos respectivos vales.





**FIGURA 4: A/B)** Distribuição das possíveis depressões cársticas na hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Corrente.

A Figura 5 demonstra a diminuição dos polígonos vetoriais, desde o início até a utilização do filtro final. Dessa maneira, partindo do pressuposto da existência de 232 possíveis áreas de ocorrência de depressões cársticas e aplicando os critérios pré-estabelecidos podemos considerar 170 áreas onde há possibilidade de ocorrência de sumidouros, necessitando de checagem de campo a realizar em momento posterior para validação das informações.



**Figura 5:** Redução dos artefatos disponíveis em Ferreira (2020) pela utilização dos filtros.

## 5. Considerações

Devido às especificidades do relevo cárstico, a metodologia aplicada para indicar possíveis locais com ocorrências de sumidouros é essencial para orientar os futuros trabalhos de campo para sua identificação tais como a finalidade de ampliar estudos paleoambientais inscritos na bacia hidrográfica. O uso de dados cartográficos associados a *softwares* possibilita uma observação sistematizada dispondo de várias escalas espaciais e temporais, oferecendo uma alternativa simples e acessível, quando não se dispõe dos recursos necessários para adquirir base de dados com alta qualidade de resolução.

Do arquivo vetorial inicial, fornecido por Ferreira (2020), foram identificados 170 polígonos circunscritos em locais próximos a prováveis paleovales, indicando a possibilidade de presença de sumidouros e ressurgências. Há necessidade de realização de trabalhos em campo para a verificação e confirmação dos dados aqui apresentados. Além disso, estas atividades servirão para a criação de *shapefiles* de pontos, que poderão ser utilizados futuramente para a automatização da suscetibilidade de sumidouros e ressurgências na área de estudo, gerando mapeamento mais amplo e completo.

É importante ressaltar que devido a pandemia gerada pelo vírus SARS-CoV-2, o Coronavírus, as atividades de campo para validação das feições obtidas não foram realizadas.

## Agradecimentos

À Universidade de Brasília - UnB pelo incentivo por meio do repasse de bolsa de Iniciação Científica. Ao ICMBio, ao Laboratório de Geografia Física da Universidade de Brasília (LAGEF/UnB) e ao Grupo de Estudos do Geossistema do Carste (geoCarste) pelo suporte à realização da pesquisa.

## Referências

BAHTIJAREVIĆ, A.; FAIVRE, S. Quantitative comparative geomorphological analysis of fluvial and karst relief of Florida. **Environmental Earth Sciences**, v. 75, n. 5, p. 1–20, 2016.

BERBERT-BORN, M.; TRINDADE, J. S. da. Introdução à geomorfologia e espeleologia da região de Mambá, Goiás. In: MOTTA, J. A. O. (Ed.). "Projeto Cavernas de Mambá: Caracterização do Ecossistema Cárstico Localizado no Município de Mambá e Entorno". Goiás: **Ministério do Meio Ambiente - MMA**, 2003. p. 41–76.

BOČIĆ, N. Relation between karst and fluviokarst relief on the slunj plateau (Croácia). **Acta Carsologica**, v. 11, p. 137–146, 2003.

BOČIĆ, N.; BAĆURIN, Ž. Geomorphological Conditions Of The Genesis Of The Ponor Jovac Cave (Croatia). **Acta Carsologica**, v. 6, n. 33/2, p. 107–113, 2004.

BOČIĆ, N.; PAHERNIK, M.; MIHEVC, A. Geomorphological significance of the palaeodrainage network on a karst plateau: The Una-Korana plateau, Dinaric karst, Croatia. **Geomorphology**, v. 247, p. 55–65, 2015.

CALDEIRA, D.; UAGODA, R.; NOGUEIRA, A. M.; GARNIER, J.; SAWAKUCHI, A. O.; HUSSAIN, Y. Late Quaternary episodes of clastic sediment deposition in the Tarimba Cave, Central Brazil. **Quaternary International**, v. 580, n. January, p. 22–37, 2021.

FERREIRA, C. F. **Detecção de Dolinas com apoio de Modelos Digitais de Elevação e Imagens de Alta Resolução: Estudo de Caso na APA Nascentes do Rio Vermelho-GO**. Dissertação-Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de Brasília-UnB, Brasília, 2020.

FLOREA, L. Using state-wide GIS data to identify the coincidence between sinkholes and geologic structure. **Journal of Cave and Karst Studies**, Alabama, v. 67, no. 2, p. 120–124.

FORD, D. Karst. In: DEARBORN, F. (Ed.). **Encyclopedia of Caves and Karst Science**. New York: Fitzroy Dearborn, 2004. p. 1017–1020.

FORD, D.; WILLIAMS, P. **Karst Hydrogeology and Geomorphology**. Second ed ed. Chichester: Wiley, 2007.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal. Por Edgardo M. Latrubesse, Thiago Morato de Carvalho. Goiânia, 2006.

HUSSAIN, Y.; UAGODA, R.; BORGES, W.; NUNES, J.; HAMZA, O.; CONDORI, C.; ASLAM, K.; DOU, J.; CÁRDENAS-SOTO, M. The potential use of geophysical methods to identify cavities, sinkholes and pathways for water infiltration. **Water** (Switzerland), v. 12, n. 8, 2020.

JERIN, T.; PHILLIPS, J. Local efficiency in fluvial systems: Lessons from Icicle Bend.

**Geomorphology**, [s. l.], v. 282, p. 119–130, 2017.

KIM, Y. J.; NAM, B. H.; YOUN, H. Sinkhole Detection and Characterization Using LiDAR-Derived DEM with Logistic Regression. **Remote Sens.** 2019, 11, 1592.

KOŠUTNIK, J. Questiona Of Dry Valleys In Karst: Case Study Of Mali Dol , Kas ( Slovenia ) Vprašanje Suhih Dolin Na Krasu , Primer Malega Dola , Kras ( Slovenija ). **Acta Carsologica**, v. 36, n. 3, p. 425–431, 2007.

MIRANDA, S. A. M. **Uso e Ocupação do Solo na APA das Nascentes do Rio Vermelho: Conflito Socioambiental em Mambaí – GO.** Monografia- Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

NUNES, J. G. da S. **Mapeamento de solos através de técnicas diretas e indiretas na APA Nascentes do Rio Vermelho, Mambaí-GO.** Dissertação de mestrado- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade de Brasília-UnB, Brasília, 2020.

OLIVEIRA, L. T.; LUZ, J. A. G. da; CAMPOS, J. C. V.; LIMA, O. A. L. de; LEAL, L. R. B. Comportamento Hidrogeológico do Grupo Urucuia: Sub- bacias dos rios Formoso e Arrojado. **XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, n. 71, p. 1–15, 2008.

PALMER, A. N. **Cave Geology.** Dayton: Cave Books, 2007.

PANIZZA, A. de C.; FONSECA, F. P. Técnicas de Interpretação Visual de Imagens. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, v. 30, p. 30–43, 2011.

PHILLIPS, J. D.; MARTIN, L. L.; NORDBERG, V. G.; ANDREWS JR., W. A. Divergent evolution in fluviokarst landscapes of central Kentucky. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 29, n. 7, p. 799–819, 2004.

PHILLIPS, J. D. Historical contingency in fluviokarst landscape evolution. **Geomorphology**, [s. l.], v. 303, p. 41–52, 2018.

PHILLIPS, J. D. Landform transitions in a fluviokarst landscape. **Zeitschrift fur Geomorphologie**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 109–122, 2017.

SILVA, T. M. da; SANTOS, B. P. dos. Sistemas de Drenagem e Evolução da Paisagem. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 5–19, 2010.

SILVA JÚNIOR, J. J. da. **A Produção dos Espaços e do Território: Turismo e Empreendedorismo na APA nas Nascentes do Rio Vermelho - Goiás.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2019.

TÎRLĂ, L.; MIREA, I.; VIJULIE, I. Geomorphological and structural patterns of the scarp-related steep dry valleys in limestone ridges: A case study from South Carpathians, Romania. **Geomorphologie: Relief, Processus, Environnement**, v. 22, n. 4, p. 399–408, 2016.

TRAVASSOS, L. E. P. **Princípios de Carstologia e Geomorfologia Cárstica.** 1 ed. Brasília: ICMBio/IABS, 2019.

TRAVASSOS, L. E. P.; RODRIGUES, B. D.; TIMO, M. B. **Glossário Conciso e Ilustrado de Termos Cársticos e Espeleológicos.** Belo Horizonte: PUC Minas, 2015. 65 p.