

## Caracterização geomorfométrica de uma feição erosiva principiada por nascente no Chapadão Diamante, Serra da Canastra (MG)

### Geomorphometric characterisation of an erosive feature beginning by a spring in the Chapadão Diamante, Serra da Canastra (MG)

*Giliander Allan da Silva*

Dr. em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia

[gili.franca@hotmail.com](mailto:gili.franca@hotmail.com)

#### Resumo

As nascentes, além de importante elemento de um sistema ambiental, também têm grande representatividade geomorfológica pelo papel que exerce enquanto agente transformador do relevo. Variadas formas ocorrem na transição da água subsuperficial ou subterrânea para a superfície, em que, características de elementos do meio físico e a ação humana interferem sobremaneira. Apropriando-se das geotecnologias e seus avanços, buscou-se mapear e caracterizar em escala de detalhe, uma feição erosiva, originada pela exfiltração de água intermitente, que dá origem a uma nascente do rio São Francisco, no Parque Nacional da Serra da Canastra, por meio de aerofotogrametria por RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems/Sistemas de Aeronave Remotamente Pilotada*). O modelo gerado possibilitou executar diversos perfis topográficos com precisão centimétrica, além de quantificar o volume de material removido da feição. Além disso, foi averiguado que as exfiltrações nesta forma têm três princípios de escoamentos preferenciais. Já na desembocadura da feição, estes escoamentos assumem um só fluxo, responsável pelas vazões quantificadas, especialmente nas épocas úmidas, já que, nos meses mais secos (maio a julho) a nascente cessa a produção de água.

**Palavras-chave:** RPAS, Hidrogeomorfologia, canais de primeira ordem, concreções ferruginosas, cabeceiras de drenagem.

#### Abstract

The springs, as well as an essential element of an environmental system, also have high geomorphological representativeness for the role that it plays as a transforming relief agent. Various forms occur in the transition from subsurface or subterranean water to the surface, in which the characteristics of elements of the physical environment and human action interfere significantly. Taking advantage of the geotechnologies and their advances, it was tried to map and to characterise in scale of detail, an erosive feature, originated by the exfiltration of intermittent water, that gives rise to a source of the São Francisco river, in the National Park of the Serra of Canastra, by RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) aero photogrammetry. The generated model allowed to execute several topographic profiles with centimetric precision, besides quantifying the volume of material removed from the feature. Besides, it has been found that the exfiltration in this form has three preferred flow principles. At the mouth of the feature, these flows assume a single flow, responsible for the quantified flows, especially in humid times, since in the driest months (May to July) the spring stops the production of water.

**Keywords:** RPAS, Hydrogeomorphology, first-order channel, iron crusts, head spring.

## 1. INTRODUÇÃO

Muito se discute a respeito dos processos responsáveis pela formação e transformação da superfície terrestre. Sejam eles, processos internos/endógenos ou externos/exógenos, há uma interdependência em que um influencia o outro e vice-versa. Embora alguns processos não possam ser notados a olho nu, devido ao tempo geológico de ocorrência, sabe-se que eles existem e estão ativos. Por outro lado, os processos exógenos, são mais facilmente percebidos pelos olhos humanos, já que ocorrem em tempos mais curtos (GROTZINGER; JORDAN, 2013).

Focando-nos a observar os processos externos, sobretudo, de erosão laminar e seus resultados, devido sua grande importância na morfogênese, inúmeros estudos foram realizados. Merecido destaque é dado aos modelos cujo intuito é de quantificar as mudanças na superfície terrestre. Dentre eles, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), em inglês *Universal Soil Loss Equation* (USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978) e amplamente utilizada. Esta equação passou por várias revisões ao longo de mais de 20 anos, de 1954 a 1978, e teve suas primeiras aplicações no Brasil em 1975. Em sua formulação, a quantidade de solo carregado por um determinado tempo é dada em toneladas por hectare e considera na matriz de cálculo, a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, o comprimento da encosta, o grau de declividade, o uso e manejo e as práticas conservacionistas (PEREIRA; RODRIGUES, 2018).

Com o avanço científico e tecnológico, diversas outras ferramentas foram sendo empregadas ao longo dos anos, com o escopo de auxiliar vários estudos ambientais, sobretudo, geomorfológicos. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) é um ótimo exemplo, por facilitar a sobreposição de temas em um só mapa, atualizar constantemente os dados cartográficos e ainda gerar novas informações a partir da sobreposição de mapas. De forma associada, pode-se também destacar o uso das imagens orbitais, geradas por satélites de resolução espacial variada, fornecendo diversos tipos de dados (atmosféricos, da superfície, entre outros) (ROSA, 2009).

No contexto atual, se tem observado um crescimento contínuo em relação ao emprego dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) como ferramenta importante para diversos estudos, inclusive ambiental. Também chamados de RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*) apresentam vantajoso custo além de alta resolução espacial e temporal, fatores estes responsáveis pelo crescimento e diversificação do seu emprego. A depender do tamanho da área e objetivo de estudo, pode ser a melhor opção como ferramenta para obtenção de dados aéreos (ALVES JÚNIOR *et al.*, 2015; BUFFON; PAZ; SAMPAIO, 2017; DEUS *et al.*, 2017).

Neste âmbito, este trabalho tem como área de estudo a cabeceira de uma nascente localizada no Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC). Este abriga uma grande quantidade de nascentes fundamentais para região sudeste e nordeste do Brasil, sobretudo, a nascente histórica do

Rio São Francisco. O parque foi criado em 1972, tem uma extensão de 2.000 quilômetros quadrados distribuídos no sudoeste do estado de Minas Gerais, em parte dos municípios de Sacramento, São Roque de Minas, Vargem Bonita, Delfinópolis, São João Batista do Glória e Capitólio (MMA/IBAMA, 2005).

Conforme menciona Valeriano (1995), a formação da Serra da Canastra se deve a eventos de dobramento regional. Como resultado, a área serrana apresenta um desnível topográfico de aproximadamente 700 metros entre as áreas mais soerguidas e as rebaixadas, também chamadas de áreas de entorno. Este orógeno contribui para três grandes bacias hidrográficas: São Francisco, Rio Araguari e Rio Grande (CORTES, 2015; MESSIAS, 2014; NAZAR, 2018).

Observando os canais de primeira ordem não só como fontes hídricas, mas também com agentes modeladores do relevo por meio do carreamento de sedimentos (FARIA, 2014), objetiva-se tecer uma caracterização geomorfométrica de detalhe da feição erosiva originada pela nascente. Além disso, quantificar a perda de material erodido nesta cabeceira de drenagem, pelo uso e processamento de imagens capturadas por VANT. Como desdobramentos, gera-se um mapeamento de ultra detalhe (abaixo de 5cm de resolução espacial) da nascente e adjacências, acompanhado da criação de um modelo digital do relevo e cálculos que levantam o volume de material superficial carreado pelo trabalho da incisão da drenagem.

Diante do exposto, destaca-se a importância do estudo em diferentes aspectos. A área pesquisada é muito representativa para suprimento hídrico de grandes populações no Sudeste e Nordeste. Os dados do transporte de sedimentos que são carreados para o sistema de drenagem podem fornecer informações relevantes, seja pela perda de material superficial ou pelo assoreamento em drenagens. Ademais, a tecnologia e técnica empregada tem baixo custo se comparada a outros instrumentais, além de ter potencial de replicação em qualquer outro local, com rápidos resultados e com alta resolução temporal, o que favorece o monitoramento de áreas.

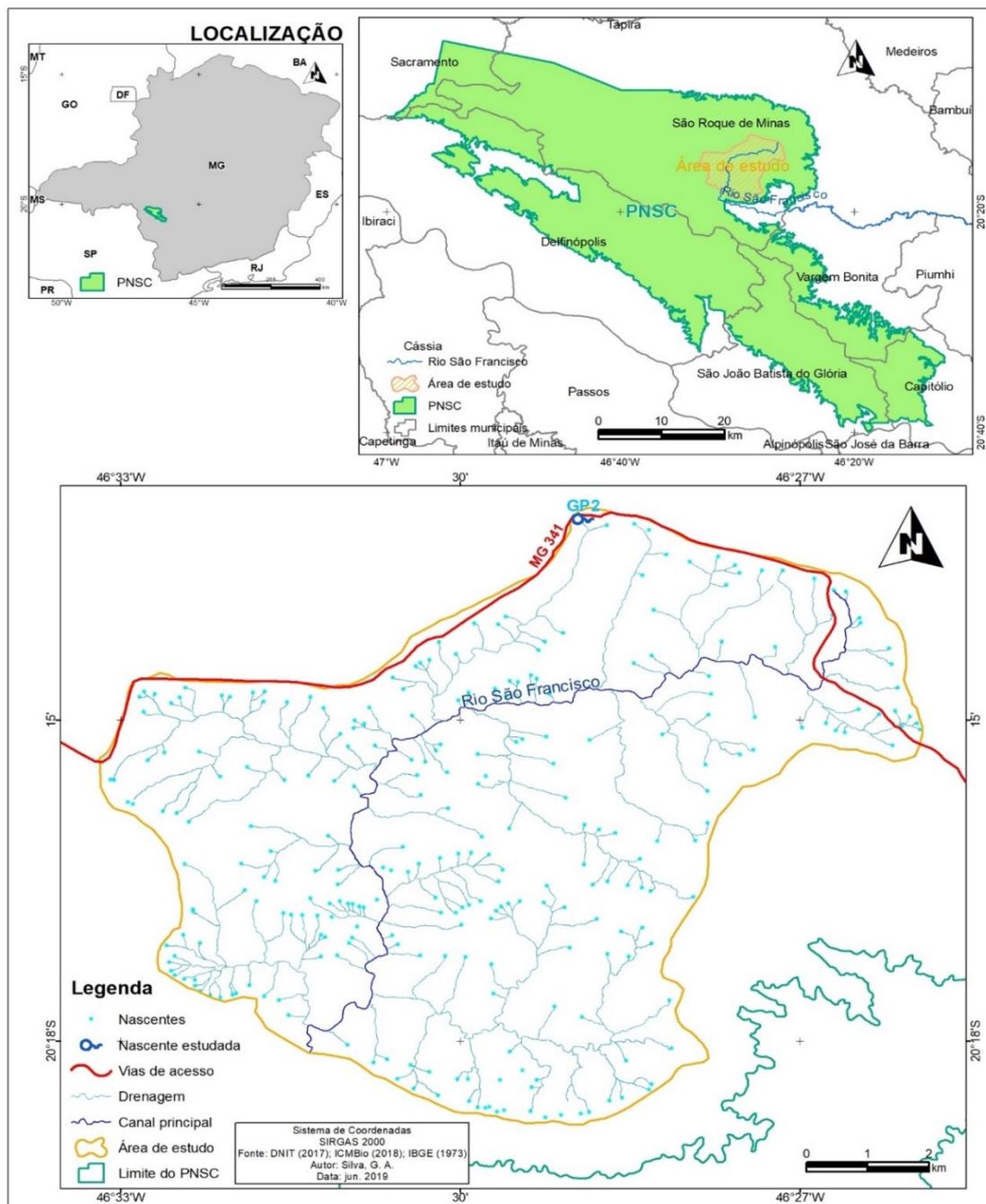
### **1.1. Localização da área de estudo**

Dentre várias nascentes, uma delas foi selecionada para análise. O critério de escolha utilizado deve-se à morfologia promovida pela nascente. Sua forma é bastante peculiar. As primeiras águas fluem a partir de um contorno erosivo que configura uma cabeceira de drenagem com retração das paredes (2 metros no máximo) em desenho de dígitos. Desta feição, em meio à vegetação, surgem vários princípios de canais configurando uma exfiltração difusa, que logo conforma um caminho preferencial, pelo qual foram tomados os valores de vazão.

A nascente em estudo, nomeada de GP2, localiza-se no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra (Figura 1). Este, de toda sua área, quase 720 quilômetros quadrados estão sob

posse e domínio do Ibama e o restante, são propriedades ainda não desapropriadas e regularizadas, conforme cita Ibama (2005).

Esta unidade de conservação possui dois grandes compartimentos morfoestruturais topograficamente elevados: o Chapadão da Canastra e o Chapadão da Babilônia. O primeiro, ainda é subdividido em duas unidades geomorfológicas: Chapadão da Zagaia e Chapadão do Diamante (MESSIAS, 2014). O sistema de drenagem do rio São Francisco, na Serra da Canastra soma mais de 200 nascentes e se distribui por 77 quilômetros quadrados, no Chapadão Diamante.



**Figura 1** – Cabeceiras do rio São Francisco no PNSC: localização da nascente GP2.

**Fonte:** Autor, 2018.

A nascente GP2 encontra-se próxima a um ponto de visitação bastante acessado pelos turistas, o “Curral de Pedras”. Suas coordenadas são Latitude 20°13'06.23"S e Longitude 46°28'54.71"O a 1433 metros de altitude.

O referido curso d'água gerado por esta nascente é nomeado de Córrego Retiro das Posses (IBGE, 1970). Ele é afluente da margem direita do rio São Francisco e o desague ocorre após drenar por 5,5 quilômetros, com maiores contribuições para sua vazão oriunda da margem direita, coincidindo com a estrada MG-341, a qual se situa paralela ao córrego ao longo de 500 metros, praticamente pelo interflúvio da bacia hidrográfica.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Formação da serra, litoestrutura e coberturas derivadas

A formação da Serra da Canastra se deve a intensos processos de dobramentos e metamorfismos de rochas neoproterozóicas durante o “ciclo Brasileiro” (VALERIANO *et al.*, 1995). A aglutinação do supercontinente Gondwana gerou orogênese nas bordas dos crátons Amazônico, Paranapanema e Sanfranciscano criando províncias estruturais, dentre elas a Faixa Brasília, a Oeste do Cráton São Francisco (FONSECA; DARDENNE; UHLEIN, 1995; VALERIANO *et al.*, 1995).

Esta faixa é dividida em dois setores: Faixa Brasília Meridional (FBM) e Faixa Brasília Setentrional (FBS). Diferem-se por características tectônicas e estratigráficas além de magmatismos e direções distintas. A Serra da Canastra se estende pela FBM, a qual apresenta lineamentos preferenciais em direção NW com zonas de cisalhamento E-W e NW-SE. Também possui estruturas de transporte tectônico com cavalgamento em direção leste deslocados por dezenas de quilômetros (SIMÕES *et al.*, 2015). As superfícies de cavalgamento elucidam três domínios tectônicos, interno, externo e cratônico, sendo que, o Domínio Externo, é correspondente ao pacote inferior, cujas rochas são do grupo Canastra (VALERIANO *et al.*, 1995).

Conforme destaca Simões *et al.* (2015), as rochas do Grupo Canastra originam-se de sedimentos continentais depositados em borda passiva. Além disso, estruturas deposicionais como estratificação cruzada, laminação *flaser* e *hummochy* fortalecem a proposição de ambiente deposicional marinho em ciclo regressivo (PEREIRA *et al.*, 1994). Outra característica de grande importância é a granocrescência ascendente, ou seja, presença de estratos argilosos basais e arenosos nas porções superiores, que, fundamentam a ocorrência de intercalações mais ou menos espessas, com filitos se apresentando na base e quartzos-filitos, quartzitos micáceos, quartzitos e ortoquartzitos em direção ao topo, estes últimos, responsáveis por sustentar as escarpas e os chapadões (NAZAR; SILVA; RODRIGUES, 2017).

Os solos derivados desta litoestrutura, principalmente no Chapadão Diamante, são, na grande maioria, rasos e de textura grosseira. Em mapeamento realizado no ano de 2010 por UFV et. al. (2010), há predominância de Neossolos Litólicos vinculados aos afloramentos rochosos.

Em mapeamento dos materiais superficiais (geocoberturas) no Chapadão Diamante, Nazar (2018) e Nazar e Rodrigues (2019) diferenciam inúmeras áreas onde ocorrem coberturas cascalho-arenosas. Composto quatro classes de geocoberturas, um dos principais aspectos a ser observado são o predomínio de frações granulométricas arenosas, ora com presença de afloramentos quartzíticos, matéria-orgânica ou concreções ferruginosas.

## **2.2. Hidrogeomorfologia**

Por considerar a bacia hidrográfica como uma unidade espacial primordial aos estudos da dinâmica das águas, a topografia é o elemento principal para delimitação desta unidade de análise. Logo, percebe-se uma íntima relação entre a hidrologia e a geomorfologia. Nesta perspectiva e de acordo com as ideias de Santos (2009), a análise integrada destes dois ramos das ciências da terra fundamenta a Hidrogeomorfologia.

Sidle e Onda (2004) são considerados importantes expoentes da Hidrogeomorfologia. Segundo os autores esta ciência trata de processos hidrológicos e geomorfológicos. Sua interdisciplinaridade torna-a capaz de verificar as interações dos processos geomorfológicos com as águas subsuperficiais e superficiais.

Babar (2005) utiliza a etimologia para sintetizar que a Hidrogeomorfologia, em seus estudos, aborda a água (superficial e subterrânea), a terra e as formas da paisagem. Em outras palavras, esta ciência estuda em quais condições hidrológicas tem evoluído determinada paisagem, no âmbito de suas formas.

## **2.3. O conceito de Nascente**

Vários conceitos de nascente estão estritamente vinculados a uma descarga de água. Entretanto, em campo, nem sempre é possível ter esta confirmação visual. Segundo Felipe; Magalhães Jr. (2013) a partir da conceituação, chamam a atenção para a complexidade que envolve uma nascente. Os autores consideram nascentes como um sistema ambiental, com trocas de matéria e energia, com distinção pelas formas e processos envolvidos na sua conformação, além da importância geomorfológica, sobretudo, pela sua localização na vertente, e, conseqüentemente o papel geomorfológico que é capaz de exercer.

Verifica-se a salutar função hidrogeomorfológica das nascentes. Sendo um elemento de transição entre água subterrânea e superficial, a exfiltração carrega, em princípio, componentes

geoquímicos denudacionais e, de acordo com sua vazão e energia, carrega sedimentos à jusante. Felipe e Magalhães Júnior (2013) salientam que, mesmo com quantidade de água diminuta, se comparada aos canais fluviais, o grau de mineralização das nascentes tende a ser maior, variando de 10 kg/ano até 45 ton/ano.

Quanto à classificação das nascentes, conforme Felipe (2009), se tratando da morfologia, elas podem ser em concavidade, duto, afloramento, talvegue, olho, cavidade e intervenção. Considerando o modo de ocorrência da exfiltração, as nascentes podem ser de três tipos: pontual, difusa ou múltipla, esta última representando dois ou mais tipos pontuais de exfiltração num mesmo sistema.

O critério de sazonalidade das nascentes é observado sob três cenários. Elas podem ser classificadas como perene, intermitente ou efêmera. Perenes se alimentadas por todo ano hidrológico pelo fluxo de base. Intermitente se no período de escassez hídrica se torna inativa por falta de água. As efêmeras se caracterizam pela atividade da nascente somente durante o episódio chuvoso.

Outro fator que representa sazonalidade refere-se à mobilidade das nascentes (móvel ou fixa). Esta consiste na variação da extensão do canal conforme a oscilação do nível freático ao longo do ano hidrológico. Isso quer dizer que, em épocas secas o canal regride pelo deslocamento à jusante. Nas épocas de chuva a nascente se desloca à montante, aumentando o canal em extensão.

#### **2.4. Processos erosivos**

De forma genérica, a erosão é explicada pela superação da energia do vento, da chuva e do escoamento superficial em detrimento ao poder de coesão das partículas dos solos. Assim, os grãos são removidos dos locais de origem, transportados e depositados em outros sítios (GUERRA; SILVA; MACHADO, 2012).

Diversos autores consideram que o processo erosivo se inicia pelo impacto da gota da chuva no solo (*splash*) e atinge um ponto crítico quando o solo se satura. Neste estágio, principia a formação de poças de água (*ponds*), especialmente, nas irregularidades microtopográficas, dando início ao escoamento superficial (*runoff*) (GUERRA; SILVA; MACHADO, 2012; PEREIRA, 2014).

Em decorrência da evolução dos estudos sobre erosão, e conseqüente notação da complexidade do processo, novas medidas em busca de também gerar dados quantitativos foram exigidas. Aos poucos, surgiram novos fatores relacionados aos processos erosivos, como a frequência da chuva, a erodibilidade do solo e a proteção da vegetação (PEREIRA; RODRIGUES, 2018).

Neste âmbito, iniciam-se as proposições de estudos matemáticos cujo escopo é quantificar ou prever a perda de solo pela erosão. O Estados Unidos foi dos países pioneiros, quando, entre 1940 e 1950 surgem as equações de perda de solos. Neste contexto, novos fatores são considerados importantes na matriz de cálculo, como: comprimento e declividade da encosta; características dos solos, práticas conservacionistas e condições do uso e manejo dos solos (PEREIRA, 2014; PEREIRA; RODRIGUES, 2018).

Com o intuito de avaliar a perda de solo por erosão laminar, a USLE (*Universal Soil Loss Equation*), preconizada por Wischmeier e Smith (1978) é mundialmente utilizada, embora haja outras. Seu caráter universal se fundamenta pela possibilidade do seu emprego em várias localidades do globo. Ademais, é uma equação grandemente empregada por diversos trabalhos e experimentos, usando seis fatores para o cálculo: a oncatena e da chuva, erodibilidade do solo (K), comprimento da encosta (L), declividade da encosta (S), cobertura vegetal e práticas conservacionistas adotadas (P) (PEREIRA, 2014).

As geotecnologias deram impulso nestes estudos de erosão. Com o advento e avanço das geotecnologias, sobretudo os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), a aplicação de modelos quantitativos foi grandemente facilitada, devido à sua capacidade de gerenciar informações e de concatená-las, gerando um novo plano de informação. Contudo, ter conhecimento sobre os valores de perda de solo de uma determinada área, permite o entendimento do comportamento do ambiente frente à dinâmica erosiva.

## 2.5. Geotecnologias

Sabe-se da evolução nos instrumentais das geotecnologias e seus ganhos em estudos ambientais. A utilização destas ferramentas, além de facilitar a obtenção de dados também favorece a análises mais rápidas de elementos da paisagem. Desta maneira, considerando as imagens aéreas como importantes bases para estudos do ambiente, verifica-se um avultado crescimento do emprego dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), pela legislação atual, também chamados de *Remotely Piloted Aircraft System* (RPAS). O relativo baixo custo do equipamento, a praticidade do manuseio, a alta resolução temporal e espacial tem sido fatores determinantes para o crescente uso deste instrumental para obtenção de imagens aéreas (PAZ; SAMPAIO, 2017).

O Sistema RPA é o grupo de equipamentos que dispõe, ao menos, de uma aeronave e uma estação de controle, tornando o equipamento remotamente pilotado. Também pode ser chamado de drone. A tecnologia empregada oferece condições de voo controlado manualmente e de forma autônoma. Nesta última opção, por uso de aplicativos, se podem gerar um polígono de varredura em

que o drone alça voo e faz as fotos sem necessidade de controle do operador embora este possa intervir no voo, em caso de alguma intercorrência (MUNARETTO, 2017).

Uma grande variedade de produtos pode ser gerada com as fotos aéreas. Dentre eles, ortomosaico georreferenciado com alta resolução (depende das características da câmera e da altura de voo), nuvem densa de pontos, hipsometria e Modelo Digital de Elevação (MDE). Este último, é de grande importância para estudos geomorfológicos, sobretudo, aqueles que analisam detalhes, sejam nas formas de relevo, em canais de drenagem e demais elementos do meio físico (BRUNIERI, 2017; COLÂNGELO, 1996; HUNG *et al.*, 2018). Além disso, os conteúdos cartográficos gerados a partir das fotografias aéreas podem ser importados para ambiente SIG para serem trabalhados e amalgamados com outros variados temas e informações.

Para maior acurácia no posicionamento geográfico das fotografias, faz-se necessário o procedimento de ortorretificação das fotos embora o próprio drone já utilize da tecnologia GNSS (*Global Navigation Satellite System*) para se posicionar com coordenadas X, Y e Z (altitude). Desta maneira, é importante coletar pontos de controle com GPS geodésico para posterior correção de posicionamento das imagens, as quais podem apresentar erros em torno de 5 metros, e, após as correções, dependendo de outros fatores, estes erros podem ser centimétricos.

Importante salientar que há regras balizadas principalmente pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) para voos com aeronaves remotamente pilotadas. As chamadas de CIAs (Circular de Informações Aeronáuticas) normatizam usos voltados à recreação, uso de órgão governamental (federais, estaduais e municipais), uso de órgãos públicos de segurança, entre outros. Tais normativas devem ser observadas antes da realização dos voos uma vez que exigem solicitação de autorização do órgão competente para utilização do espaço aéreo (BRASIL, 2016).

### 3. METODOLOGIA

A nascente GP2 compõe uma pesquisa que investiga outras seis nascentes, entretanto, esta possui uma cabeceira com feição erosiva diferenciada das demais. Neste sentido, ela é a maior representação do potencial de dissecação do relevo pelas nascentes, especialmente nesta área, onde se soma mais de 200 nascentes, entre perenes e intermitentes, que dão origem ao rio São Francisco.

O trabalho de campo em que se realizaram o mapeamento ocorreu no dia 16 de março de 2018. Na ocasião, foram feitas anotações empíricas sobre as condições gerais e específicas da nascente. Também se fez descrições das condições da cobertura vegetal, do tipo de rocha presente, das características do relevo e da profundidade e textura relativa do material superficial.

Quanto à caracterização mais específica, a nascente foi analisada pela sua morfologia, o tipo de exfiltração, a sua mobilidade e sazonalidade, e também valores de vazão, baseando-se em (FARIA, 1997; FELIPPE, 2009, 2013; VALENTE; GOMES, 2011).

### 3.1. Materiais e Métodos

As amostragens foram realizadas nas imediações da nascente. Nestas mesmas áreas usou-se o trado para fazer várias perfurações, cujas prospecções permitiram avaliar as condições de umidade do material de cobertura, bem como, o nível freático e a profundidade em que ocorre o contato entre o material inconsolidado e a rocha. Este é um fator de grande importância, já que, neste contato tende a ocorrer maior desprendimento de material para transporte pela ação da água, na dinâmica da vertente. Ainda neste nível, é comum a ocorrência de deslocamento lateral da água subsuperficial.

Para caracterização da área foram capturadas fotos de vários ângulos, seja em solo (máquina convencional do celular) ou aéreas oblíquas com VANT, já que estas garantem maior amplitude de visada.

O mapeamento propriamente dito da nascente ocorreu pelo sobrevoo com VANT, na forma de varredura, com a tomada de quatro pontos de controle por GPS Geodésico que garantiram maior precisão no georreferenciamento e ortoretificação das imagens.

Foram fixados ao solo quatro marcos (pontos de controle) em forma de “X”, dispostos nas extremidades do retângulo envolvente da cabeceira. Utilizaram-se aparelhos com alta precisão de posicionamento: GPS Geodésico Ashtech Promark 200 e Promark 2 (Figura 2). O primeiro trabalha com antenas L1 e L2, e tem maior recepção de dados, logo, foi utilizado como BASE, sendo ativado primeiramente. Nos outros três pontos, foi utilizado o segundo aparelho como ROVER, cuja varredura perdurou cerca 35 minutos em cada ponto. No todo, o procedimento de levantamento durou aproximadamente 2 horas, considerando o sobrevoo com o drone.



**Figura 2** – Fixação ao solo dos pontos de controle e GPS geodésico Promark 2 fazendo a varredura.  
Fonte: Autor, 2018.

As fotos aéreas foram executadas pelo VANT de forma autônoma. O VANT, drone ou RPAS (*Remotely Piloted Aircraft Systems*), é o grupo de equipamentos que dispõe, ao menos, de uma aeronave e uma estação de controle, tornando a aeronave remotamente pilotado. Este equipamento oferece condições de voo controlado manualmente e/ou de forma autônoma (MUNARETTO, 2017).

A opção do voo autônomo foi utilizada para este estudo, em que foi elaborado um polígono com cobertura da cabeceira no aplicativo Drone Deploy. Nele também foi configurada a taxa de recobrimento lateral e frontal (75%) e a altura de voo (30 metros). A cobertura total da nascente, inclusive com a extrapolação das bordas do polígono remontaram 51 fotos em ângulo reto, cujo próprio aplicativo executa conforme as linhas de voo pré-estabelecidas.

O processamento dos dados brutos dos GPSs foi realizado no *software* GNSS Solutions. A RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) utilizada foi a mais próxima da área de estudo, localizada na cidade de Franca (São Paulo) a quase 100 quilômetros de distância (linha reta), sigla SPFR. Como resultados das correções o erro máximo 15 centímetros e erro mínimo, menor que 1 centímetro. Após o processamento dos dados brutos, se obtém os pontos de controle de cada nascente. Em seguida, cria-se um arquivo no formato “txt” com as coordenadas X, Y e Z (altitude) que é utilizado no *software* para realizar a correção das fotos.

As imagens do aerolevanteamento foram processadas no *software* Agisoft PhotoScan. Primeiramente é realizada a importação das fotos (*import cameras*). Em seguida, faz-se o alinhamento das fotografias (*align photos*) cujo sistema já reconhece os pontos idênticos entre as

fotos e colocando cada uma delas na posição exata no Sistema de Referência Geográfica (SRG) conforme a obtenção georreferenciada do VANT. Sequencialmente constrói-se a nuvem densa de pontos (*dense cloud*). Até o momento o que se tem é um modelo digital da superfície com base no posicionamento do próprio drone, cujo GPS interno não é do tipo geodésico.

Desta forma, o próximo procedimento foi de inserir os pontos de controle obtidos em campo com os GPS's geodésicos para ortorretificar as fotos e criar o MDE e o ortomosaico. Fez-se a importação das coordenadas dos pontos (*import markers*). Em seguida, foram reposicionadas todas as fotos conforme cada um dos quatro marcos presos ao solo, agora, como as coordenadas mais precisas e já ajustadas no sistema SIRGAS 2000, zona 23S.

A etapa seguinte foi de refazer o processamento das fotos, com as coordenadas ajustadas. Portanto, alinharam-se as fotos e construíram-se a nuvem densa de pontos. Esta é a base para a construção do modelo digital da superfície (*build DEM*) e, seguidamente, gerar o ortomosaico (*build orthomosaic*), cuja junção de todas as fotos formam uma só imagem com grande detalhe, com resolução próxima de 4cm/pix.

A partir do modelo digital foram gerados cinco perfis topográficos de detalhe permitindo uma análise geomorfológica. Convém destacar que, por se tratar de um modelo digital de elevação, é possível notar nos perfis a presença da vegetação. Sua construção consiste em criar um traçado sobre a superfície que se quer avaliar, a ferramenta medida (*measure*) gera a altitude por onde o traçado passa. O primeiro perfil se refere ao perímetro da feição. Nele é possível observar todas as variações topográficas que bordeja a forma erosiva da cabeceira de drenagem. Outros quatro perfis foram executados a partir de secções transversais, de montante à jusante, da feição erosiva, o que possibilita visualizar as paredes da feição, além dos materiais em transporte localizados no interior dela.

Ainda foi coletada amostra deformada. Este material foi coletado com trado tipo caneco, ensacado e levado para o laboratório para análise granulométrica. Ainda em campo, são avaliados, de forma breve, o grau de compactação do material, a matriz granulométrica predominante, e outros elementos, como: a presença de matéria orgânica, concreção ferruginosa etc.

Para obtenção da granulometria, utilizaram-se os ensaios de peneiramento e sedimentação. Estes procedimentos foram executados no Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos – LAGES, no Instituto de Geografia (IG). As amostras foram peneiradas seguindo os parâmetros estabelecidos em Teixeira *et al.* (2017) e Procedimentos Operacionais Padrão do LAGES (SANTOS; RODRIGUES, 2019).

Dados de vazão foram importantes na discussão sobre o volume de água produzido e a forma da cabeceira. As aferições ocorreram em janeiro, junho e dezembro de 2017 e março e agosto

de 2018. Além disso, seguiram a metodologia adotada por Pinto *et al.*, (2004) e Felipe (2009). O volume de água foi quantificado de forma direta à jusante, mais próximo possível da zona de exfiltração onde se verifica um fluxo concentrado e há possibilidade de coleta por conta de ausência ou pouca vegetação e o canal é mais encaixado. Para isso, adicionalmente aos procedimentos já preconizados por Felipe (2009), foram criadas calhas metálicas, cujo objetivo foi de direcionar o fluxo de forma a encaixar na proveta graduada, utilizada para medir o volume de água.

#### 4. RESULTADOS

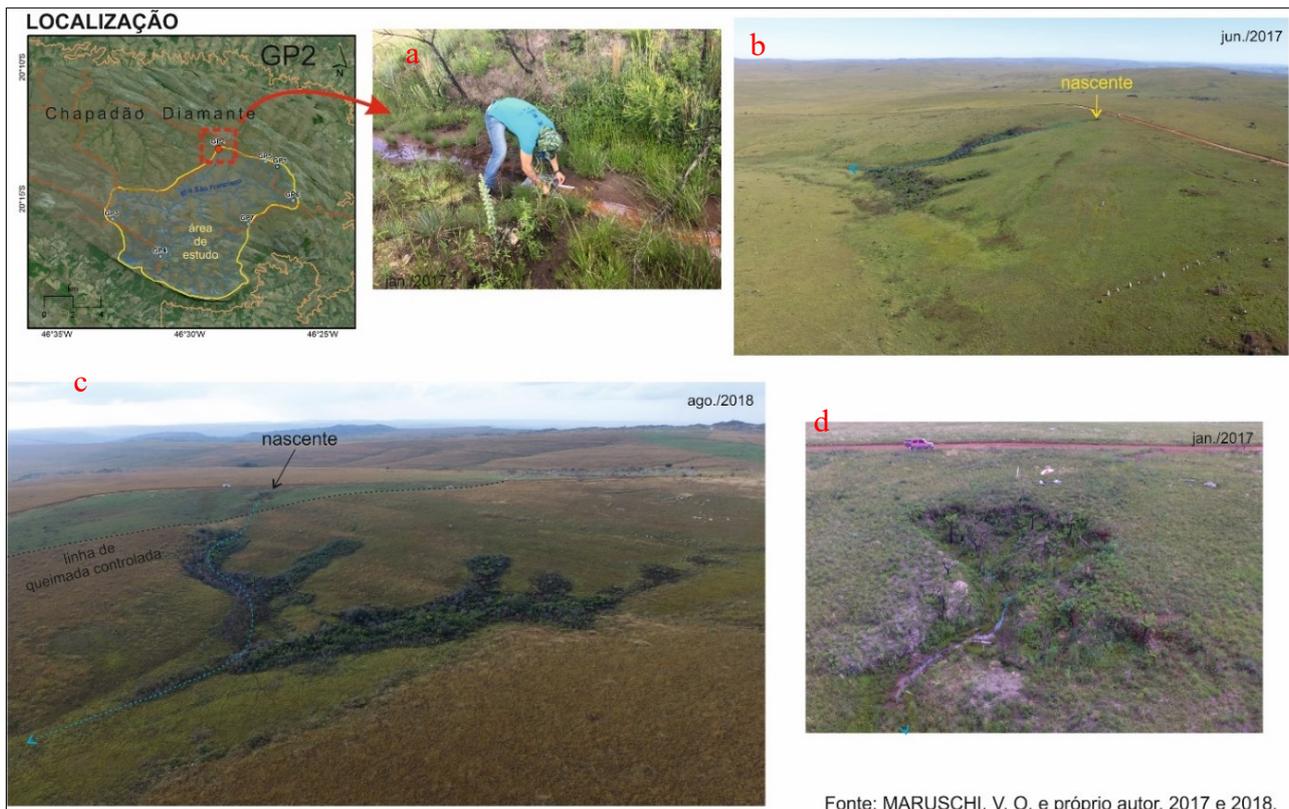
Em períodos de chuvas, a nascente GP2 situa-se mais à montante, a 1433 metros de altitude, ficando apenas a 25 metros da estrada. Entretanto, esta nascente apresenta mobilidade, deslocando-se aproximadamente 130 metros à jusante nos meses secos. Nas porções mais baixas do canal, nota-se deposição de sedimentos com representativa espessura, que é capaz de sustentar uma vegetação exuberante e maior número de indivíduos (SILVA *et al.*, 2016; SILVA; SILVA; RODRIGUES, 2017).

Levando-se em consideração o ponto onde se inicia o fluxo de água, a GP2 apresenta uma feição erosiva marcante na paisagem (SILVA, 2019). Os primeiros indícios de fluxo surgem a partir de uma forma erosiva que configura uma cabeceira de drenagem com retração das paredes (2 metros aproximadamente) em forma de dígitos (Figura 3), com ocorrência de solapamento basal de suas paredes e formação de alcovas. Desta feição, em meio à vegetação, surgem vários princípios de canais configurando uma exfiltração difusa, que logo conforma um caminho preferencial, pelo qual foram tomados os valores de vazão.

Entendendo a íntima relação entre chuva e vazão, o MMA/Ibama (2005) destaca que, na área de estudo a precipitação concentra-se de outubro a março (primavera e verão) com valores entre 1200 a 1800 mm. Nos meses de maio a setembro os índices reduzem-se bastante, podendo ocorrer meses sem chuva.

Tais condições supracitadas, associadas à medidas de vazão recorrentes possibilitaram caracterizar esta nascente como intermitente. Assim, nos meses com baixos índices de chuvas, a nascente cessa sua exfiltração no ponto de origem adotado para análises. Em contrapartida, com a retomada das chuvas, a nascente retoma o fluxo no mesmo ponto. Desta maneira, verifica-se que a atividade (exfiltração) destas nascentes está fortemente vinculada ao regime de chuvas e ao reabastecimento de água para os materiais superficiais e ao freático livre (SILVA, 2019).

A nascente GP2 apresentou valores satisfatórios de vazão em janeiro e dezembro de 2017. A pequena extensão da sua área de captação indica valores contrários, porém, elencam-se dois fatores importantes para este caso: a profundidade do material de cobertura e a forma da nascente.



Fonte: MARUSCHI, V. O. e próprio autor, 2017 e 2018.

**Figura 3** – Localização e detalhamento fotográfico da nascente GP2: a) procedimento de medição da vazão; b) foto aérea da nascente com a presença da estrada nas imediações; c) foto aérea da nascente e demais canais que compõem o sistema de drenagem além da linha de queimada controlada; e d) foto frontal detalhando a feição gerada pela nascente.

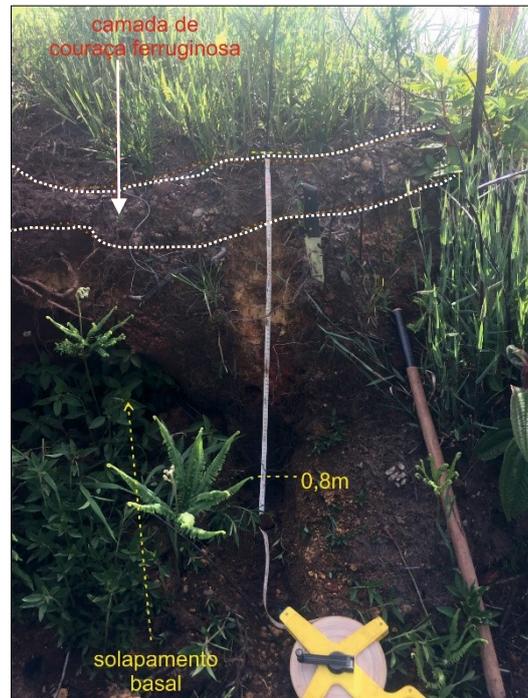
As condições de armazenamento de água na área da nascente são maiores por ter um material superficial mais bem desenvolvido dentre outras áreas no Chapadão Diamante e os fluxos de base podem ser oriundos de áreas que extrapolam as delimitações observadas apenas em superfície. Além disso, a forma da nascente é fator importante para a convergência de águas em um caminho preferencial.

A nascente GP2 situa-se em área com camada superficial cascalhenta e marcante presença de nódulos ferruginosos ou então, com camada enriquecida por minerais de ferro entremeadas ao manto de alteração (Figura 4). Este nível cimentado influencia nas formas erosivas, dificultando a remoção do material sobreposto e criando alcovas no nível basal da feição. Pontualmente também ocorrem campos de murundus ferruginosos. Ocupam as porções de topos planos, cuja inclinação é em torno de  $4^\circ$ , com predomínio de vertentes com curvaturas convexo-retilínea (NAZAR, 2018).

Nazar (2018) realizou um transecto em cobertura correlata à área da nascente. Na secção detectou que a camada laterítica surge entre 18 e 30 cm de profundidade, sendo descontínua ao longo da vertente, e seu reaparecimento pode estar vinculado ao contato litológico do quartzito e filito. Em alguns pontos esta camada rica em ferro é impenetrável ao uso do trado. Este nível tem função preponderante na dinâmica da água, já que cria um perfil de saturação suspenso, também

chamado de lençol empoleirado por Valente e Gomes (2011). Esta cobertura é responsável por gerar as áreas de afluição e nascentes efêmeras nesta vertente, sobretudo, no período das chuvas.

Em situação extraordinária, foi possível quantificar a vazão antes e depois de um episódio de chuva na nascente GP2. Os valores obtidos sinalizam para uma grande contribuição do fluxo do canal de primeira ordem muito mais vinculado ao escoamento superficial, que ao fluxo de base, já que a diferença na vazão quintuplicou. A nascente subiu o volume de vazão de 43,2 ml/s para 230 ml/s após a chuva.



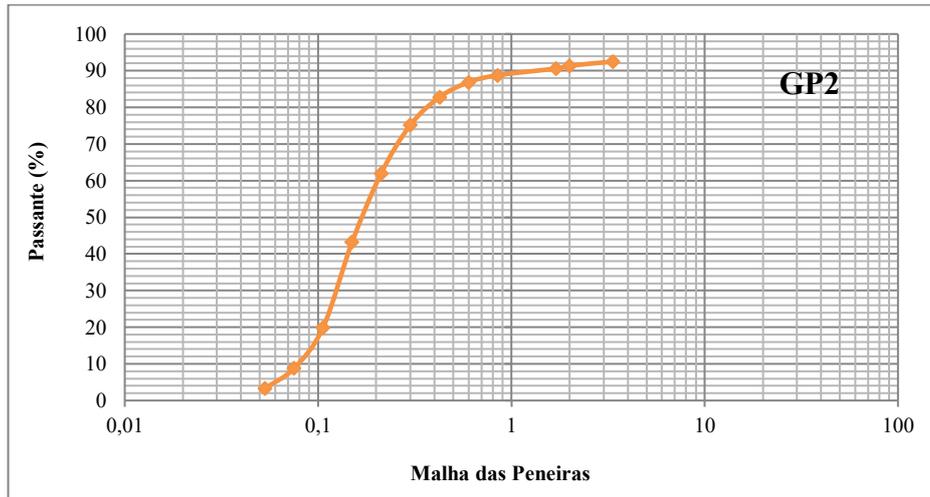
**Figura 4** – Talude da feição erosiva promovida pela nascente, com destaque à camada de couraça ferruginosa.

**Fonte:** Autor, 2018.

Sobre a textura do material de cobertura, a figura 5 apresenta a granulometria obtida pelo peneiramento. Verifica-se uma curva granulométrica mais contínua e graduada. O fator que responde a esta característica relaciona-se à subcamada laterítica que tem capacidade de reter representativa quantidade de água em subsuperfície, facilitando o ataque intempérico da água sobre este material, que a princípio, é mais arenoso. Entretanto, pela análise da granulação fina, no triângulo textural, fica nítida a marcante presença do material arenoso (Figura 5).

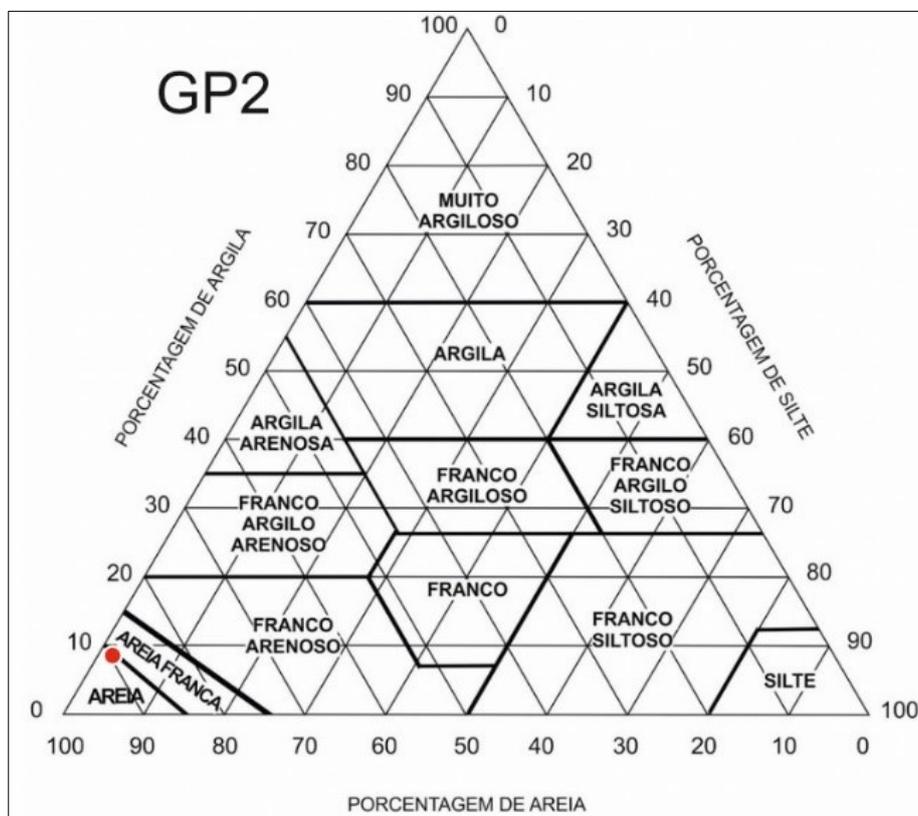
Em análises de difratometria de raios-x da fração argila, realizadas por Nazar (2018) em área correlata à nascente GP2, foram identificados pelo menos quatro elementos, a hematita, goethita, gibsitita e nacritita. Assim, ratifica a presença de material ferruginoso, seja granular ou em camadas, além do avançado estágio intempérico dos materiais superficiais. A goethita e hematita contribuem para interpretar que ocorrem oscilações sazonais da disponibilidade de água no meio, já

que a primeira remete a um ambiente com drenagem deficiente e a segunda é gerada em ambiente bem drenado.



**Figura 5** – Curva granulométrica da amostragem na nascente GP2.

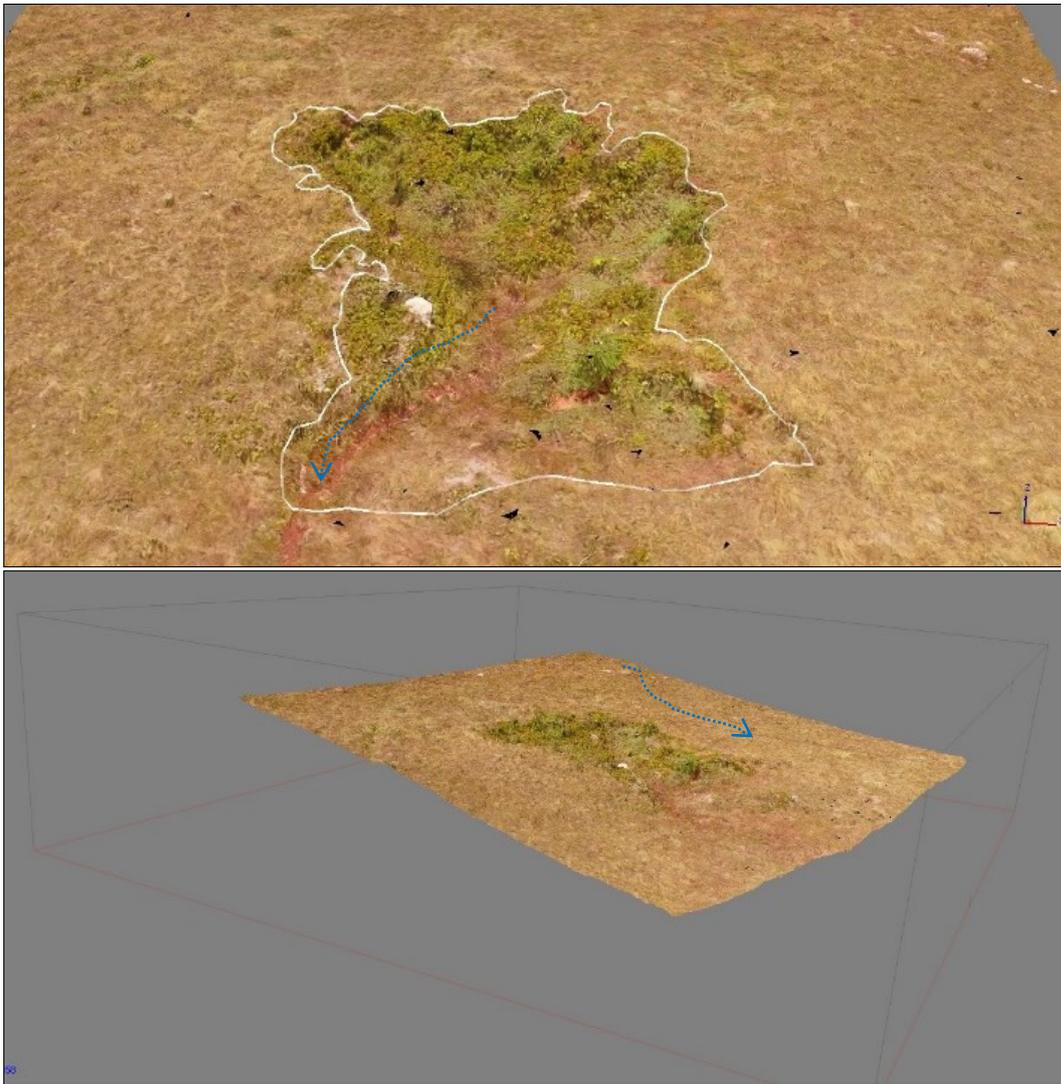
**Fonte:** Autor, 2018.



**Figura 6** – Triângulo textural da amostra coletada nas adjacências da nascente GP2.

**Fonte:** Autor, 2018.

A Figura 7 apresenta o modelo digital onde a linha branca representa o limite da feição erosiva da nascente. Este foi traçado com base no conhecimento da área, em campo, pela topografia e distinção da vegetação. Através deste limite, foram realizados os cálculos.



**Figura 7** – Modelo digital da feição erosiva que dá origem à nascente GP2, mostra a linha perimetral, o caminho preferencial da drenagem e a inclinação da vertente onde a nascente se encontra.

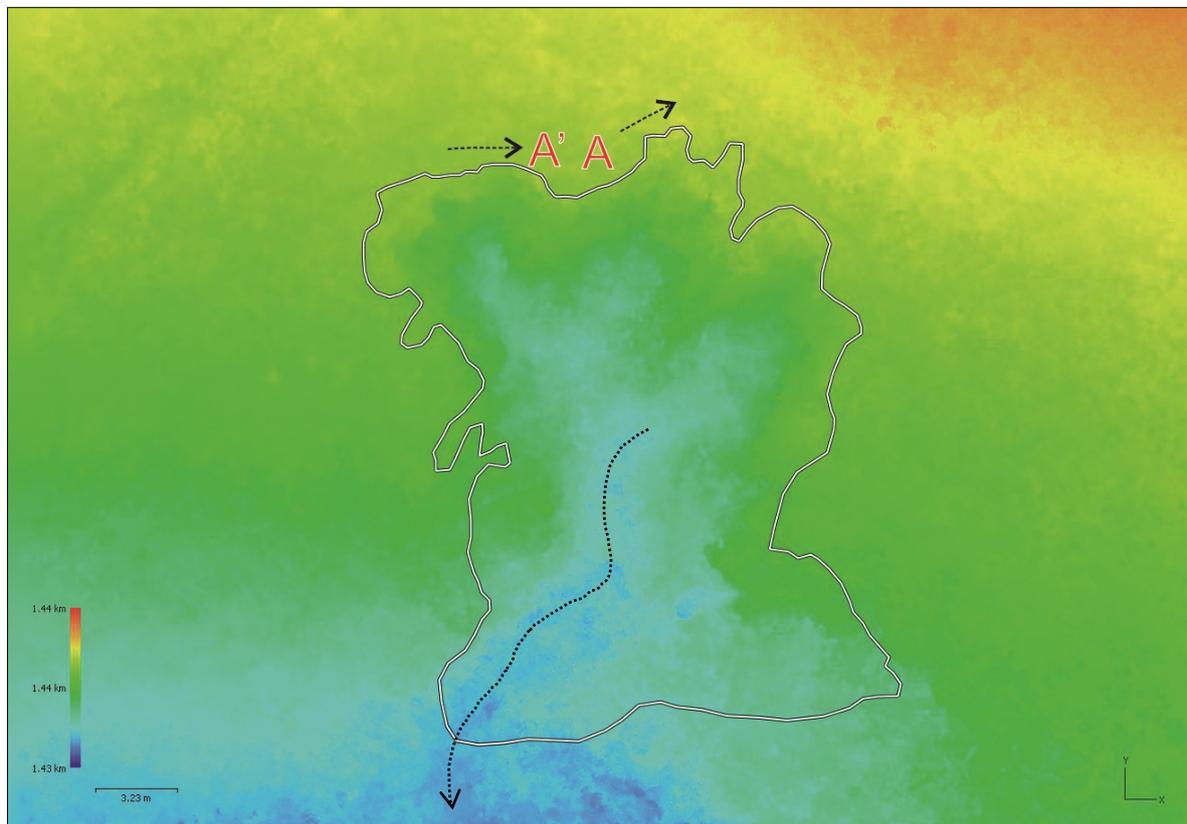
**Fonte:** Autor, 2018.

A feição tem perímetro de 104,57m e a área é de 325,93m<sup>2</sup>. Observa-se com nitidez que a vegetação no interior da feição marca o seu limite e difere-se da vegetação externa a ela. Isso se deve, principalmente, pela disponibilidade de material superficial que fornece sustentação à vegetação de maior porte. Além disso, a umidade também colabora sobremaneira para a existência de porte mais exuberante dos indivíduos vegetais.

A Figura 8 apresenta a feição erosiva e suas adjacências a partir de cores graduadas que representam a altitude do relevo. Observa-se que a cabeceira da nascente tem maior inclinação na direção Nordeste- Sudoeste, embora a porção norte também componha regiões mais elevadas.

Ainda analisando a imagem, é possível notar os dígito produzidos pelos fluxos preferenciais. De coloração mais azulada, nota-se 3 regiões que parte do sopé da feição para convergirem a um só ponto, com tom de azul mais escuro. Estes traçados marcam as porções mais rebaixadas, onde há maior presença de água corrente, pelo menos nos períodos em que a nascente

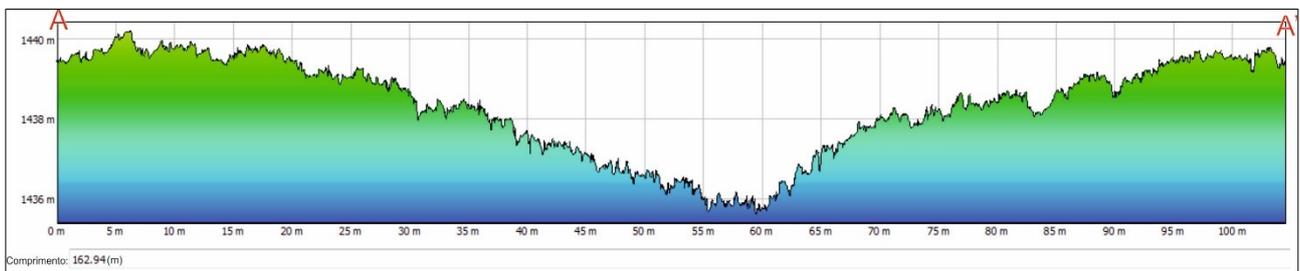
está em pleno funcionamento. Também denotam as áreas com maior ocorrência do transporte de sedimentos, garantido pela conformação de um caminho preferencial, sendo este, utilizado para aferir as vazões neste estudo.



**Figura 8** – Modelo digital do relevo com limite da feição erosiva da nascente GP2.

**Fonte:** Autor, 2018.

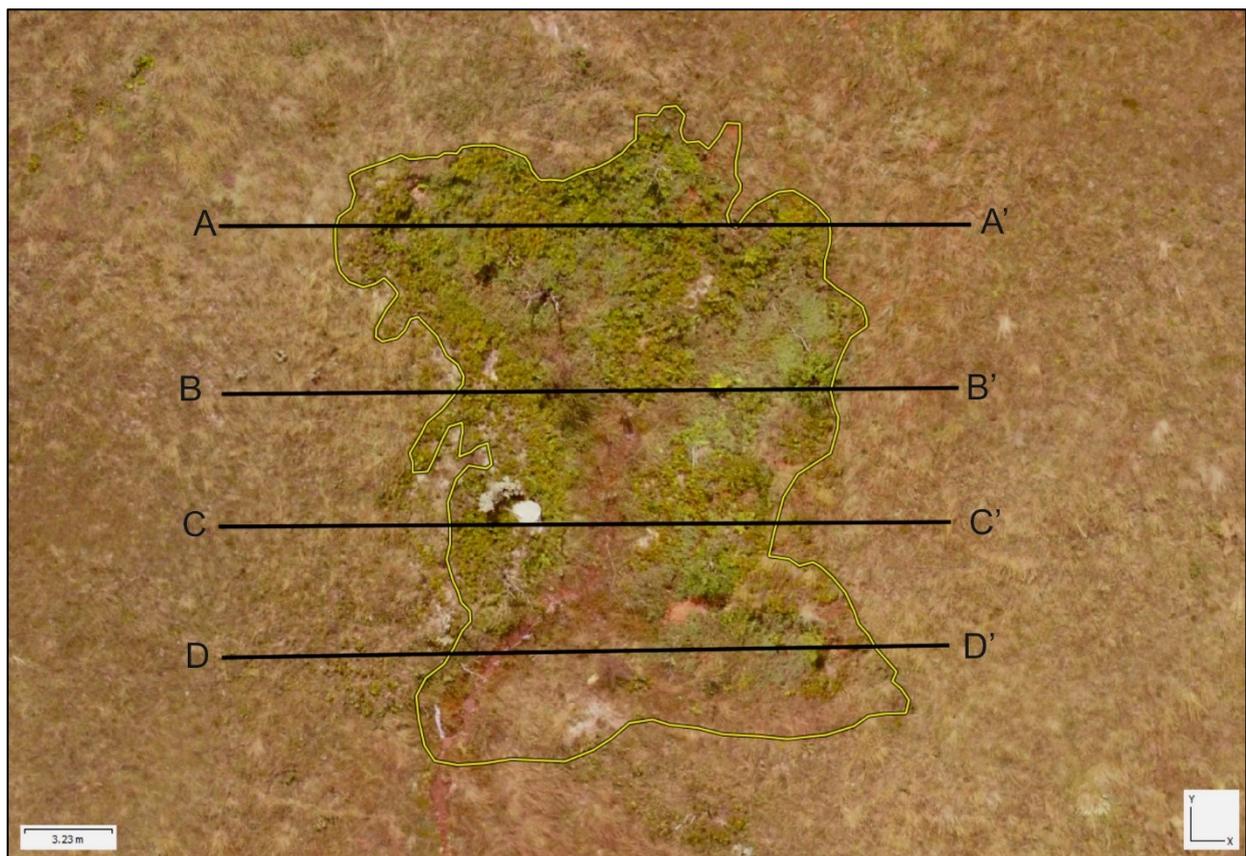
A Figura 9 apresenta o perfil topográfico do limite da feição (perímetro). Conforme a representação, de A até A' tem-se as variações de altitude, da montante da feição até sua desembocadura, onde ocorre um canal de primeira ordem intermitente. A variação nas cotas altimétricas vai de 1.440m a 1.436m, ou seja, com desnível de 4m, aproximadamente. O trecho mediano do perfil, entre 55 e 60m no segmento, marca a porção mais baixa, do exultório. Nota-se que o nível freático da nascente ocorre a aproximadamente 1436m de altitude, justamente na transição das cores azul e verde no perfil topográfico. Também é possível notar sensíveis alterações do perfil em distâncias e altitudes muito pequenas, que denotam a presença da vegetação, devido ao nível de detalhamento do modelo.



**Figura 9** – Perfil topográfico do perímetro da feição erosiva da cabeceira de drenagem.

**Fonte:** Autor, 2018.

Com o escopo de avaliar a forma da feição com mais detalhe, foram traçados quatro perfis topográficos como transectos paralelos à direção de montante para jusante (Figura 10). Cada um dos quatro trechos tem cerca de 26m de comprimento.



**Figura 10** – Ortomosaico da forma erosiva com as 4 seções que demarcam os perfis topográficos.

**Fonte:** Autor, 2018.

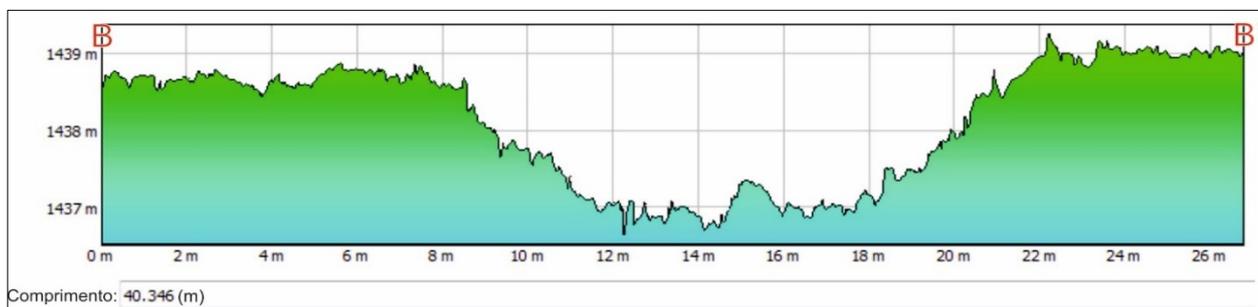
O perfil A-A' (Figura 11) mostra com nitidez dois dos três princípios de canais que dão origem ao curso d'água de fato. Também é evidente, no trecho central do perfil topográfico (aos 12m), a deposição do material solapado, que mostra o material acumulado no sopé do talude. Estes sedimentos depositados oferecem boa sustentação à vegetação mais proeminente.



**Figura 11** – Perfil topográfico A-A'.

Fonte: Autor, 2018.

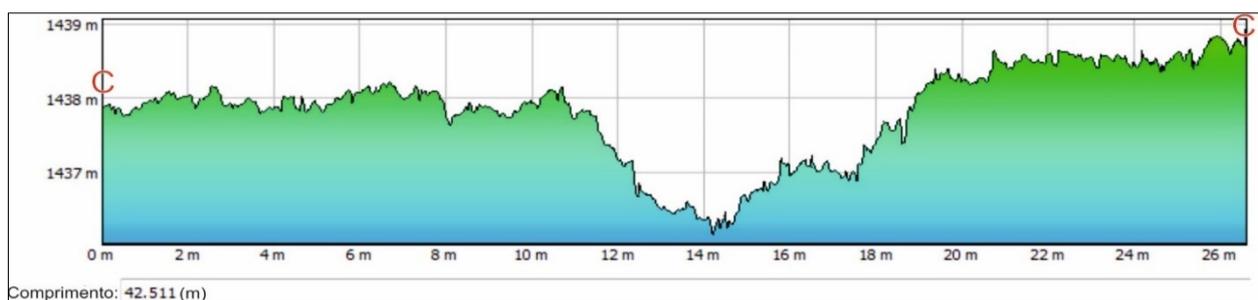
A Figura 12 apresenta o trecho que demarca o perfil topográfico B'B' mostra uma feição mais espreada. No ponto onde secciona o perfil, é notável uma fase da feição em que os processos de transporte são mais evidentes do que de deposição. Desta maneira, o banco de deposição na porção central é menos proeminente. Entretanto, ainda sim se percebe uma quantidade de material depositado nas paredes laterais, que são resultados dos solapamentos basais.



**Figura 12** – Perfil topográfico B-B'.

Fonte: Autor, 2018.

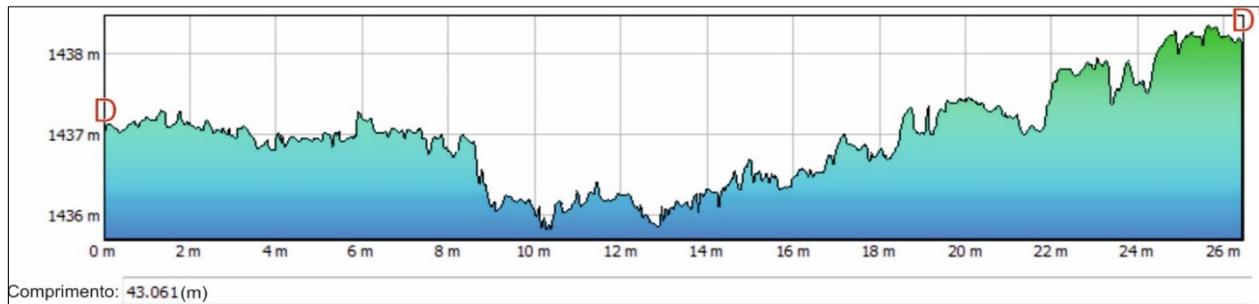
O terceiro trecho da feição (Figura 13), C-C' já apresenta menor desnível topográfico, comparado aos dois anteriores. Neste transecto, nota-se com clareza a presença de um único canal, o que já representa o princípio do canal de primeira ordem. A feição em forma de dígitos tem a desembocadura mais estreita que a zona de avanço à remontante. Além disso, verifica-se também a contribuição de sedimentos da borda esquerda (considerando a direção do fluxo), cujo solapamento e deposição são evidentes no trecho entre 14 e 19m.



**Figura 13** – Perfil topográfico C-C'.

Fonte: Autor, 2018.

O último perfil topográfico (Figura 14), D-D' demonstra a estabilização da erosão. A margem esquerda da feição tem um desnível suavizado em relação à margem oposta, com um metro de declive, aproximadamente. Provável que este ponto da secção tenha sido o princípio da feição no passado. Próximo aos 10m nota-se o princípio de entalhe, que marca o caminho preferencial do canal de drenagem, dando origem ao Córrego Retiro das Posses, que à jusante, recebe contribuição de outras nascentes.



**Figura 14** – Perfil topográfico D-D'.

Fonte: Autor, 2018.

Episódios de aferição de vazão foram realizados nesta nascente em dois anos. No ano de 2017, três medidas foram realizadas, em janeiro, junho e dezembro. Respectivamente, 55,30; 0,00 e 67,50 ml/s. Como já mencionado, em épocas com baixos índices de chuva, a atividade da nascente cessa. Por outro lado, se os dados forem extrapolados a partir dos cenários de medição, tem-se que, fluem mais de 4.700 litros de água por dia, no início do ano e 5.830 litros por dia no fim do ano (SILVA, 2019).

No ano de 2018, dois episódios de vazão foram quantificados. Em março e agosto, sendo que, no primeiro mês o volume de água foi de 43,20 ml/s e no mês de agosto a nascente não estava produzindo água. Extrapolando a medição do episódio para um dia, a nascente produziu mais de 3.730 litros de água. Considera-se, que é um volume significativo para o transporte de material dissolvido e/ou particulado. Desta maneira, baseando-se na feição do relevo gerada pelos processos erosivos decorrentes da hidrogeodinâmica desta nascente, foi quantificado que esta área perdeu 232,19m<sup>3</sup> de sedimentos.

## 5. CONSIDERAÇÕES

Na região onde se localiza a nascente GP2, foi possível mensurar a quantidade de material carregado ao longo dos anos. A ação da nascente, sobretudo, dos processos envolvidos, sejam em subsuperfície e superfície, é de grande importância para a evolução desta forma erosiva, seja pela remoção de material dissolvido e/ou particulado.

A modelagem detalhada deu suporte necessário para a caracterização da geomorfometria da feição erosiva e possibilitou levantar e avaliar as configurações dos aspectos que denotam a evolução desta forma. Ademais, o modelo possibilitou medir o volume de material dissecado a contento.

Ressalta-se que o método adotado para mensurar a feição da nascente, bem como, quantificar a perda de material não foi observado em outros estudos até o momento. Desta maneira, destaca-se sua novidade e aplicabilidade em estudos deste cunho, sobretudo, pelo baixo custo envolvido e a necessidade de ir a campo uma só vez para se gerar o modelo em gabinete. Além disso, percebe uma ferramenta em potencial para o monitoramento de áreas, sejam elas, de cabeceiras de drenagem e/ou de feições erosivas de grande monta.

A execução do ortomosaico permitiu analisar desde pequenas formas no relevo, até as diferentes vegetações, dentro e fora da feição. Foi notado que esta cobertura vegetal, presente no interior da feição auxilia na retenção de materiais.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo Projeto APQ CRA 0231/2016 o qual forneceu subsídio para desenvolvimento deste estudo. Também agradecem o apoio do ICMBio Unidade São Roque de Minas.

## REFERÊNCIAS

ALVES JÚNIOR, L. R.; CÔRTEZ, J. B. R.; FERREIRA, M. E.; SILVA, J. R. Validação de ortomosaicos e Modelos Digitais de Superfície utilizando fotografias obtidas com câmera digital não métrica acoplada a um VANT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015, p. 2157-2164.

BABAR, M. **Hydrogeomorphology: Fundamentals, Applications and Techniques**. 1. ed. New Delhi: New India Publishing, 2005. 288p.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro. **ICA 100-40**. 2016. 55p.

BRUNIERI, F. P. **Mapeamento sazonal da vegetação no visível e infravermelho a partir de Drone nas Fazendas Rio Verde e Pinheirinho, Sul de Minas Gerais**. 2017. 25 f. Projeto (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2017.

BUFFON, E. A. M.; PAZ, O. L. DE S. DA; SAMPAIO, T. V. M. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) Para Mapeamento das Vulnerabilidades à Inundação Urbana: Referenciais e Bases de Aplicação. **Geography Department University of Sao Paulo**, n. spe, p. 180, 27, 2017.

COLÂNGELO, A. C. Modelo de feições mínimas ou das unidades elementares do relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geocológicos. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 10, p. 29–40, 1996.

CORTES, J. P. S. **Compartimentação e evolução geomorfológica da borda ocidental da Serra da Canastra - MG**. 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2015.

DEUS, R. A. S. G.; RAMOS, R. P. S.; ALEXANDRE, F. S.; GOMES, D. D. M. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para geração de dados geocartográficos na Universidade de Pernambuco - Campus Garanhuns. In: PERES FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.) **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas: IG, 2017. p. 5543-5551.

FARIA, A. P. A dinâmica de nascentes e a influência sobre os fluxos nos canais. **A Água em Revista (CPRM)**, v. 8, p. 74–80, 1997.

FARIA, A. P. Transporte de sedimentos em canais fluviais de primeira ordem: respostas geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 191-202, 2014. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v15i2.410>.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. 2009. 277 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical**. 2013. 254 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista Geografias**, v. 9, n. 1, p. 70–81, 2013.

FONSECA, M. A.; DARDENNE, M. A.; UHLEIN, A. Faixa Brasília setor setentrional: estilos estruturais e arcabouço tectônico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 25, p. 12, 1995.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para Entender a Terra**. 6.ed. [s.l.] Bookman Editora, 2013. 768p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; MACHADO, R. G. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 340p.

HUNG, M. N. W. B.; SAMPAIO, T. V. M.; SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; LANGE, D. R.;

MARAGON, F. H. S.; SANTOS, I. Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 43, p. 215–231, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v43i0.56621>

IBGE. Departamento Geográfico do Estado de Minas Gerais. **Serra da Canastra**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970. Escala 1:50.000.

MESSIAS, C. G. **Mapeamento das áreas suscetíveis à fragilidade ambiental na Alta Bacia Do Rio São Francisco, Parque Nacional da Serra da Canastra – MG.** 2014. 243 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

MMA/IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra.** Resumo Executivo. p. 104–104, 2005.

MUNARETTO, L. **VANT e DRONES: a Aeronáutica ao alcance de todos.** 2. ed. São Paulo: Editora Independente, 2017. 176p.

NAZAR, T. I. S. M. **O Chapadão do Diamante na Serra Da Canastra/MG, Brasil: caracterização geomorfológica e análise integrada do meio físico a partir de dados multifontes.** 2018. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

NAZAR, T. I. S. M.; RODRIGUES, S. C. Mapeamento e análise de Geocoberturas no Chapadão do Diamante – MG - Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 18, n. 05, p. 1–17, 2019. <http://dx.doi.org/10.4215/rm2019.e18010>

NAZAR, T. I. S. M.; SILVA, G. A.; RODRIGUES, S. C. Chapadão do Diamante, Serra da Canastra – MG: um olhar sobre a geodiversidade. In: PERES FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.) **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento.** Campinas: IG. 2017. p. 3219–3230.

PAZ, O. L. S.; SAMPAIO, T. V. M. Aplicações de drone/VANT na Geografia: uma análise de anais e periódicos entre os anos de 2014 e 2016. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 12., 2017, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFGD, 2017. p. 1-2.

PEREIRA, J. S. **Avaliação das Perdas de Solos por Erosão Laminar na Área de Influência da UHE Amador Aguiar I.** 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. A erosividade das chuvas na área de influência da UHE Amador Aguiar I, bacia do rio Araguari – MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 19, n. 68, p. 186-199, 2018. <https://doi.org/10.14393/RCG196813>

PEREIRA, L. F.; DARDENNE, M. A.; ROSIÈRE, C. A.; PEDROSA-SOARES, A. C. Evolução geológica dos grupos Canastra e Ibia na região entre Coromandel e Guarda-Mor, MG. **Revista Geonomos**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 22-32, 1994.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 197–206, 2004.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. 264p.

SANTOS, I. **Monitoramento e modelagem de processos hidrogeomorfológicos: mecanismos de geração de escoamento e conectividade hidrológica.** 2009. 167 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTOS, F. C.; RODRIGUES, S. C. Procedimento Operacional Padrão (POP) - Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos. 30p. Uberlândia, 2019. DOI:10.13140/RG.2.2.11998.59202

SIDLE, R. C.; ONDA, Y. Hydrogeomorphology: overview of an emerging science. **Hydrological Processes**, v. 18, n. 4, p. 597–602, 2004.

SILVA, G. A.; QUEIROZ, J. S.; SILVA, R. E.; RODRIGUES, S. C. Dinâmica hidrogeomorfológica em duas vertentes na serra da canastra: estudo preliminar da infiltração e exfiltração. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMORFOLOGIA, 11., 2016, Maringá. **Anais...** Maringá: UGB, 2016. p. 1.

SILVA, G. A. **Dinâmica hidrogeomorfológica e cenários sazonais em nascentes do Rio São Francisco, na Serra da Canastra, Minas Gerais**. 2019. 160 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SILVA, G. A.; SILVA, R. E.; RODRIGUES, S. C. Análise descritiva de nascentes do Rio São Francisco, no Chapadão Diamante, na Serra da Canastra-MG. In: PERES FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.) **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas: IG. 2017. p. 562-573.

SIMÕES, L. S. A. **Folha Vargem Bonita, SF.23-V-B-I. Escala 1:100.000.**: Projeto Fronteiras de Minas Gerais. Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais. Contrato CODEMIG 3473, FUNDEP 19967. Belo Horizonte: UFMG, 2015.

TEIXEIRA, P. C. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2017. 212p.

UFV: Universidade Federal de Viçosa. **Mapa de Solos de estado de Minas Gerais**: legenda expandida. Belo Horizonte: UFV/FEAM/CETEC/UFLA, 2010. 49p.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011. 267p.

VALERIANO, C. D. M.; ALMEIDA, J. C. H.; SIMÕES, L. S. A.; DUARTE, B. P.; ROIG, H. L.; HEILBRON, M. Evolução estrutural do domínio externo da Faixa Brasília no sudoeste de Minas Gerais: registros de uma tectônica pré-brasiliana. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 221–234, 1995.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA/ARS, 1978. 67p.

Trabalho enviado em 21/10/2019

Trabalho aceito em 01/12/2019