
Influências geológicas e geomorfológicas na formação da bacia do rio Pandeiros – MG

Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin¹, Diego Alves de Oliveira², Bráulio Magalhães Fonseca³, Arnon Costa Pereira de Lima⁴, Paulo Roberto Antunes Aranha⁵, Ricardo Diniz da Costa⁶

Resumo

O principal objetivo deste trabalho é analisar as influências geológicas e geomorfológicas na formação e evolução da bacia do rio Pandeiros. Isto porque a base geológica tem grande influência no relevo e este, por sua vez, afeta as taxas de erosão e transporte de sedimentos, bem como sua deposição, interferindo na dinâmica hídrica. Os resultados, com base na análise da literatura, de perfis geológicos, mapa de lineamentos e em controles de campo, indicam que a bacia do Pandeiros é resultante da estruturação, ao longo do tempo geológico, do rio São Francisco, seu nível de base, e do encaixamento do rio Pandeiros na falha extensional no seu baixo/médio curso, além da presença de um alto estrutural no lado esquerdo da bacia.

Palavras-Chave: Bacia do rio Pandeiros. Rio São Francisco. Estruturação drenagem. Influência geológica. Condicionamento do relevo..

Abstract

The main objective of this work is to analyze the geological and paleogeomorphological influences on the Pandeiros River basin formation and evolution. This is because the geological basis has a great influence on the relief which in turn affects the rates of erosion and sediment transport, as well as its deposition, interfering with the water dynamics. Results based on the analysis of the literature, geological profiles, lineaments map and field controls, indicate the Pandeiros River is the result of the structuring, over geological time, of the São Francisco River, its base level, and the embedding of the Pandeiros in the extensional fault in its low/middle course, besides the presence of a structural high on the left side of the basin.

Keywords: Pandeiros River basin. São Francisco River. Drainage structuration. Geologic influence. Landform conditioning

¹Instituto de Geociências. CPMTc, Universidade Federal de Minas Gerais. Professora doutora. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG. E-mail: chaugustin@hotmail.com

²Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. PhD. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG. E-mail: diego.oliveira@ifmg.edu.br

³Instituto de Geociências, CPMTc, Universidade Federal de Minas Gerais. PhD. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG. E-mail: brauliomagalhaes@gmail.com

⁴Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. MSc. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG. E-mail: arnonbhmg@gmail.com

⁵Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. PhD. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG. E-mail: aranha1941@gmail.com

⁶Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. PhD. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte, MG. E-mail: biduufmg@gmail.com.



Introdução

Uma rede de drenagem é formada pela interligação de cursos de água a um rio principal, cujas características e dinâmica são dependentes, entre outros fatores, do substrato rochoso, do relevo, do clima, da biota e, mais recentemente, da interferência antrópica. Esses fluxos de água, em conjunto com os das encostas, condicionados pelos níveis de base locais e regionais, geram um dos mais importantes conjuntos de processos, conhecidos como processos geomorfológicos responsáveis pela elaboração das formas de relevo continentais no mundo, em especial nas zonas tropicais úmidas (SAWYER, 1975; SCHEIDEGGER, 1973; SIDLE; ONDA, 2004). As características atuais das áreas drenadas por essas redes fluviais encontram-se, portanto, intimamente associadas à sua evolução geológica e geomorfológica (GREGORY; WALLING, 1973; LOMBANA *et al.*, 2021; NOE, 2013; POOLE, 2010). Este é o caso da bacia do rio Pandeiros, em Minas Gerais, cujo modelado e dinâmica fluvial têm sido controlados, ao longo do tempo, pelo rio São Francisco (RSF), seu nível de base (AUGUSTIN *et al.*, 2020).

Com uma área aproximada de 3.930 Km², a bacia do rio Pandeiros, Mapa 1, é uma das 36 mais importantes do rio São Francisco (rSF). Isto porque, embora o Pandeiros participe com apenas 1,1% da vazão deste último, constitui um dos 19 tributários que apresentam fluxo constante durante todo o ano (PEREIRA *et al.*, 2007). Ocorrendo em uma área com

características de transição do clima subúmido para o semiárido, a perenidade do rio Pandeiros é de primordial importância não somente para as comunidades dos moradores que dele dependem como fonte de água para consumo e para suas atividades econômicas, como para o meio ambiente, na manutenção e sobrevivência da fauna e flora da bacia (JARDIM; MOURA, 2018; PEREIRA *et al.*, 2007). Também contribui para sua importância, o fato de o Pantanal do Pandeiros ter se transformado em “berçário” para a ictiofauna do médio São Francisco, sendo, segundo Bethonico (2009a, p. 24), responsável por 70% das atividades de “reprodução dos peixes que vivem no São Francisco entre as barragens de Três Marias e Sobradinho-BA”. Apesar da relevância ambiental e socioeconômica da bacia do Pandeiros, o papel que as macroformas do relevo e sua relação com a geologia têm na sua dinâmica atual, ainda são pouco estudados, a despeito de ampla bibliografia sobre o seu meio biofísico.

Entre os vários trabalhos sobre a área, destacam-se os relativos ao meio biológico e físico, aos estudos de vazão, da erosão, e uso de geoprocessamento na caracterização do meio natural, como os realizados por Augustin e Maia-Rodrigues (2012), Bandeira *et al.* (2018); Barbosa (2010), Bethonico (2009a, 2009b), Bethonico e Cunha (2009), CETEC (1981, 1983), Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMIG) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2015, CPRM-UFBA (2007), Dias (2017); Fonseca *et al.* (2011a, 2011b), Lima (2019); Lima,

Augustin e Oliveira (2019), Lopes e Magri (2015), Lopes, Magri e Collares (2015), Maia-Rodrigues (2012), Neves (2011), Nunes *et al.* (2009); Oliveira, Augustin e Fonseca (2017), Oliveira, Augustin e Lima (2019), Oliveira, D. (2021) e Silva (2020). Também devem ser apontados os estudos sobre os solos no domínio do Grupo Urucua, como os realizados por Dias (2017) e Oliveira (2013), no âmbito do Estado, e o mapeamento de solos de Minas Gerais pela Universidade Federal de Viçosa, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente (2010).

A questão da origem de um rio não é de fácil resposta, pois está vinculada ao tempo necessário para que uma rede de drenagem se encaixe em uma bacia e, por conseguinte, à idade do rio principal responsável por isto. Para Potter (1997), é mais adequado, como apontado por Leopold *et al.* (1964, *apud* POTTER, 1997, p. 332), que os rios sejam “[...] pensados mais como tendo um legado do que uma origem [...]”; uma vez que tendem “[...] ao longo do seu desenvolvimento, a se adaptar continuamente em resposta às mudanças climáticas e tectônicas”, sendo difícil defini-los “[...] como feições com início e fim precisos”. Nesse contexto, a análise da evolução da bacia e rede de drenagem do rio Pandeiros encontra-se vinculada à história evolutiva do seu nível de base, local e regional, o rio São Francisco (rSF). Para isto, foi necessário ampliar a presente análise, açambarcando a estruturação deste último, uma vez que ele

constituiu, e ainda constitui, o nível de base do rio Pandeiros.

O principal objetivo deste artigo é, portanto, analisar o contexto geológico e geomorfológico na formação e evolução da drenagem da bacia do Pandeiros, ou seja, a interação de longo termo das características geológicas e do relevo na formação e estruturação da drenagem, uma vez que estes fatores constituem a base física sobre a qual flui, hoje, este rio e seus afluentes. Nesse sentido, busca-se responder às seguintes questões: a) como se deu a abertura e estruturação da bacia? b) quais os seus efeitos na rede de drenagem e nas formas atuais do relevo?



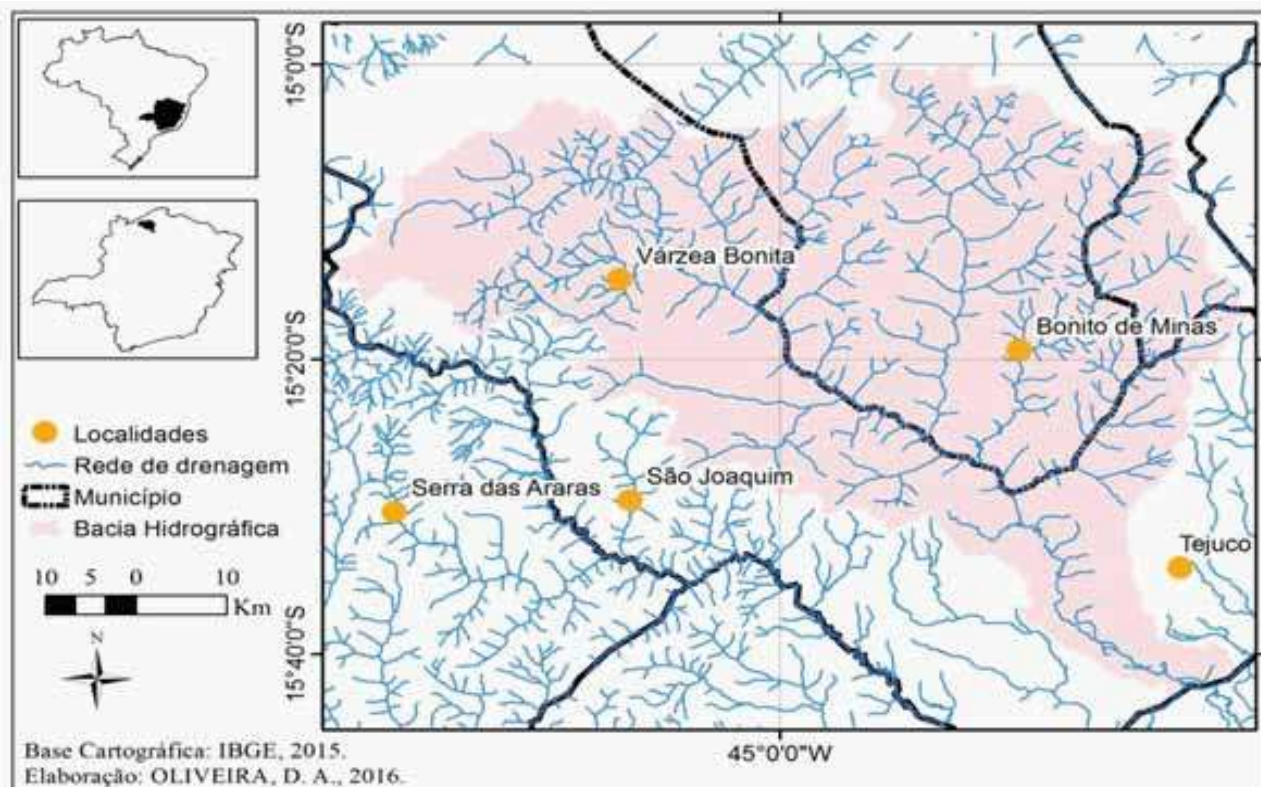
Metodologia

Características gerais da área de estudo

O rio Pandeiros, cuja bacia está localizada no norte do estado de Minas Gerais entre as co-

ordenadas geográficas $15^{\circ}0'00''/15^{\circ}43'00''$ S de latitude e $45^{\circ}28'00''/44^{\circ}35'03.40''$ W de longitude, mapa 1, é afluente da margem esquerda rSF, em seu médio curso.

Mapa 1 – Localização da bacia do rio Pandeiros



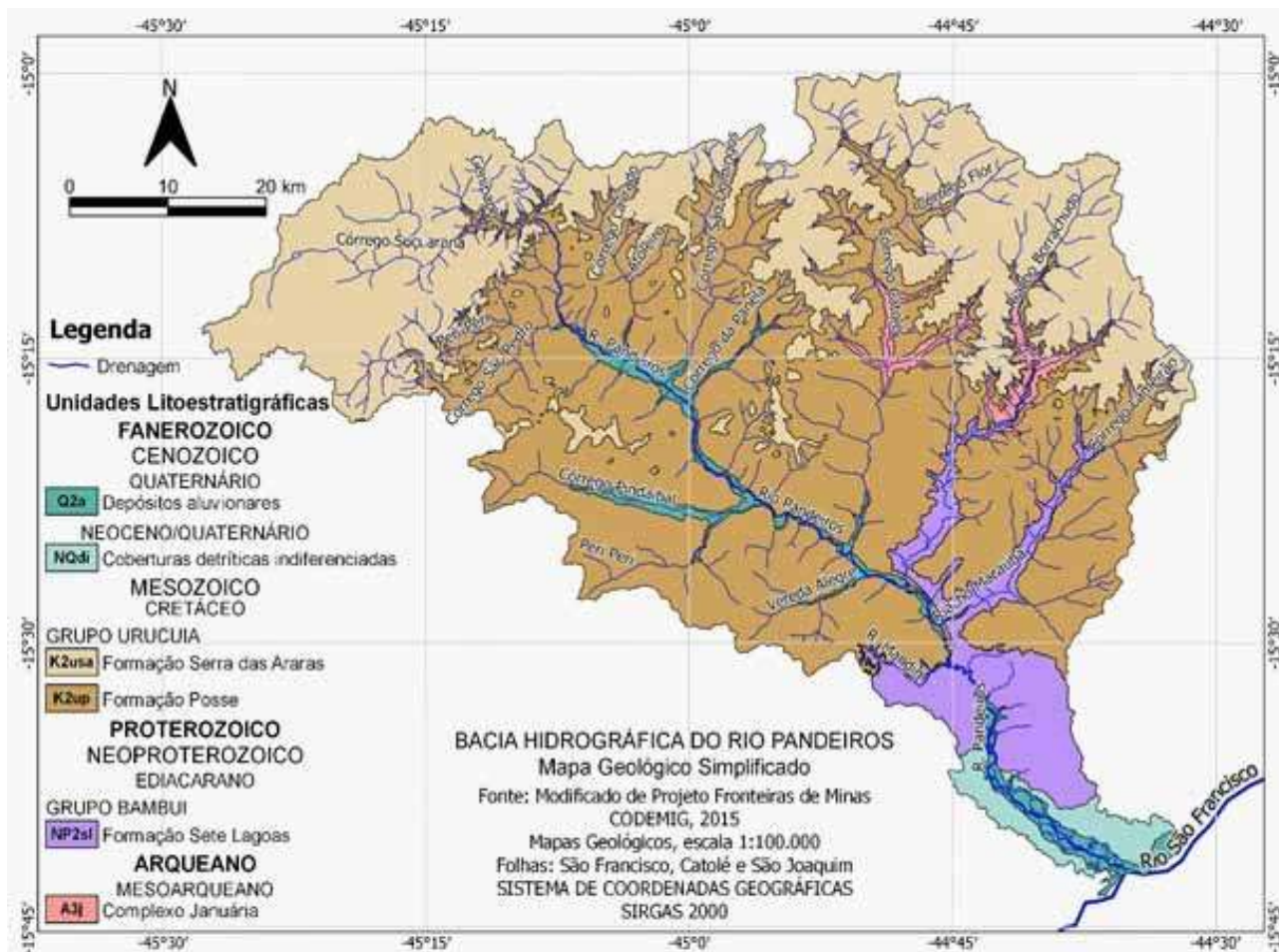
Legenda: em rosa: Bacia do rio Pandeiros e os municípios que nela ocorrem: Januária, Várzea Bonita e Bonito de Minas-MG, incluindo as sedes dos mesmos

Fonte: OLIVEIRA; AUGUSTIN; FONSECA, 2017.

Sua bacia hidrográfica constitui, juntamente com a bacia do rio Calindó, a unidade de planejamento SF09 que, segundo Maia-Rodrigues (2012, p. 13) é uma das unidades de gestão dos recursos hídricos criadas a partir da implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Foi essa Lei que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, incorporando o conceito de bacia hidrográfica e suas subdivisões, como preceito para a gestão dos recursos. O mapa

geológico da bacia do Pandeiros mostra que grande parte dela é coberta por rochas predominantemente areníticas do Grupo Uruçuia pertencentes às formações Posse, na base, e Serra das Araras, no topo (MAPA 2).

Mapa – 2 Mapa Geológico da bacia do rio Pandeiros – MG



Fonte: Adaptado pelos autores, com base em: CODEMIG; UFMG, 2015.

As rochas, hoje existentes, foram formadas por sedimentos que teriam se depositado, segundo Campos e Dardenne (1997a) no Meso-Neocretáceo (120 a 100 Ma), sobre uma topografia regular e aplainada, decorrente da intensa erosão dos divisores hidrográficos e preenchimento dos vales por sedimentos (IGLESIAS, 2007).

Nesse período, predominaram pequenas bacias internas de drenagens isoladas, impedidas de extravasamento para o recém-formado Atlântico pelo desenvolvimento de escarpas alongadas seguindo a costa, obrigando as drenagens das áreas de depressão a se direcionarem para o interior do continente

(POTTER, 1997).

Sob o Grupo Urucuia no Mapa 2, são encontradas as rochas pelíticas e carbonáticas do Grupo Bambuí (Fm. Sete Lagoas), datadas, segundo Iglesias (2007) e Iglesias e Uhlein (2009), pelos métodos radiométricos K/Ar, Rb/Sr e Pb/Pb, com idades entre 750 e 600 Ma (Neoproterozoico). Elas encontram-se sobrepostas às rochas granito-gnáissicas do Complexo Januária (embasamento cristalino), formadas no Arqueano ou no Paleoproterozoico, com idades entre 2.329 ± 55 e 1.817 ± 37 Ma (REZENDE, 2017, p. 1), aflorantes de maneira descontínua ao longo do córrego Catolé, e riachos Borrachudo e Macaúbas



(CODEMIG; UFMG, Folha Catolé - SD.23-Z-C-I, 2015). Na bacia do Pandeiros, grande parte das coberturas superficiais quaternárias no domínio do Grupo Urucuia são regolitos (no sentido de Taylor e Eggleton (2001), formados pela intemperização das rochas *in situ* (*elúvios*), por colúvios ou por depósitos aluviais ao longo do rio Pandeiros e seus afluentes (MAPA 2). Deposições aluviais fora do domínio do Urucuia são encontradas ao longo das planícies aluviais, em especial, do rSF.

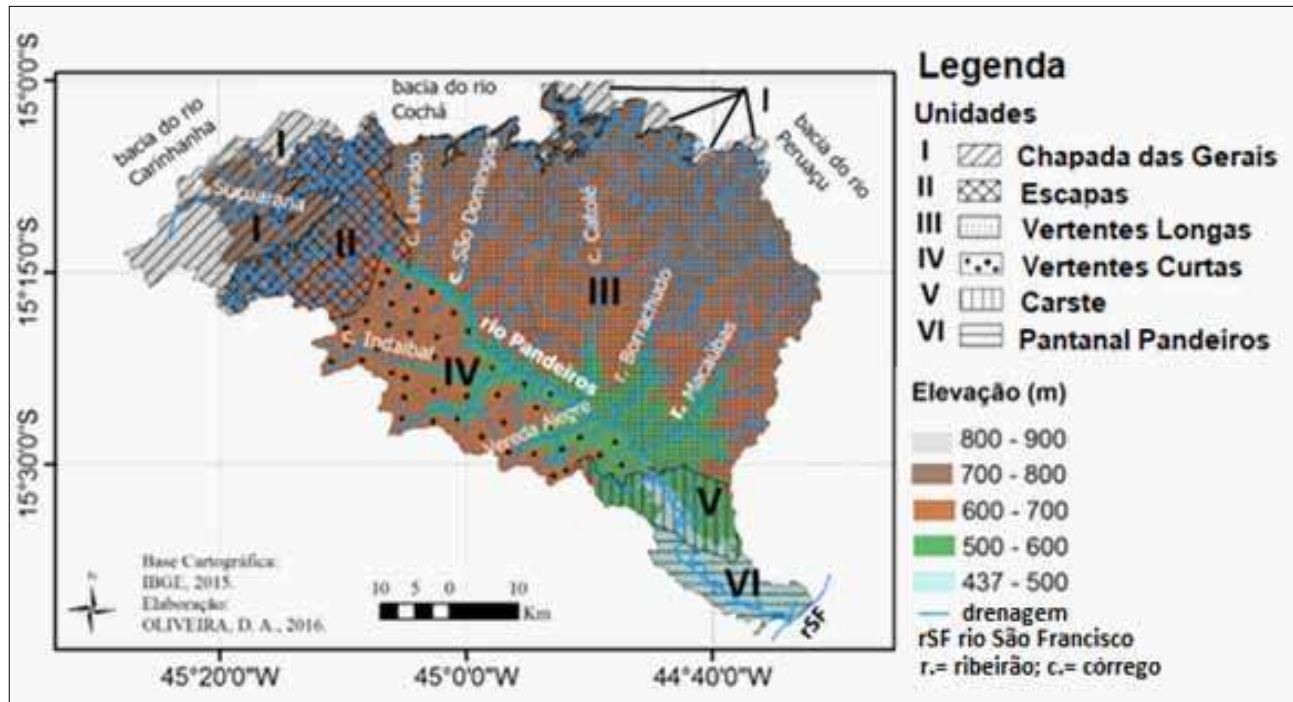
Localizada em área de transição entre o clima tropical subúmido e o semiárido, a bacia apresenta temperatura média anual de 24°C. Já nos meses mais frios (junho e julho), a temperatura média fica em torno dos 20,4° C, enquanto no mês mais quente (outubro) em 25,5° C (PEREIRA *et al.*, 2007). A precipitação média anual é em torno dos 1.057,4 mm (PEREIRA *et al.*, 2007). Nos meses de maior pluviosidade, entre outubro e março, caem 91% do total anual de chuvas. Os meses mais secos ocorrem entre abril e setembro (BETHONICO, 2009a). Pereira *et al.* (2007, p. 616) apontam a ocorrência de aspectos de semiaridez da área, decorrentes “das elevadas temperaturas e dos baixos índices de nebulosidade”, fazendo com que a evapotranspiração potencial seja muito alta, “principalmente na região do Submédio São Francisco”. Nela, as estações registraram valores de até 3.000 mm ano⁻¹, o que caracteriza déficit hídrico em grande parte do ano.

Além desse aspecto, é também importante ressaltar o caráter sazonal da distribuição da precipitação e da incidência de altas temperaturas conforme consta em Jardim e Mourão (2018), concentradas no verão, em contraste

com as temperaturas mais amenas e período seco do inverno, com influência na dinâmica vegetal e na ocorrência de processos pedogeomorfológicos.

Do ponto de vista geomorfológico, a bacia encontra-se localizada na borda sudeste do Chapadão Urucuia conforme Kiang e Silva, (2015), área de relevo relativamente plano, formado sobre rochas sedimentares predominantemente areníticas, horizontalizadas a subhorizontalizadas, do Grupo Urucuia, no domínio do aquífero homônimo. Através do mapa de Domínios Geomorfológicos de Oliveira; Augustin; Fonseca, (2017) é possível identificar seis grandes Domínios do relevo na bacia (MAPA 3). Eles correspondem às unidades/domínios da paisagem com características próprias, embora possam compartilhar parte destas características uns com os outros.

Mapa 3 – Os seis Domínios Geomorfológicos da bacia do rio Pandeiros, MG



Fonte: Adaptado pelos autores, a partir de: OLIVEIRA; AUGUSTIN; FONSECA, 2017.

Nota: Identificados a partir do cruzamento de mapas gerados em ambiente SIG, indicando variações da dinâmica hidrogeomorfológica e de características do meio físico

O Domínio I, denominado neste trabalho de Chapada das Gerais, constitui o que restou, na área da bacia, da superfície residual do Chapadão Urucuia (KIANG; SILVA, 2015).

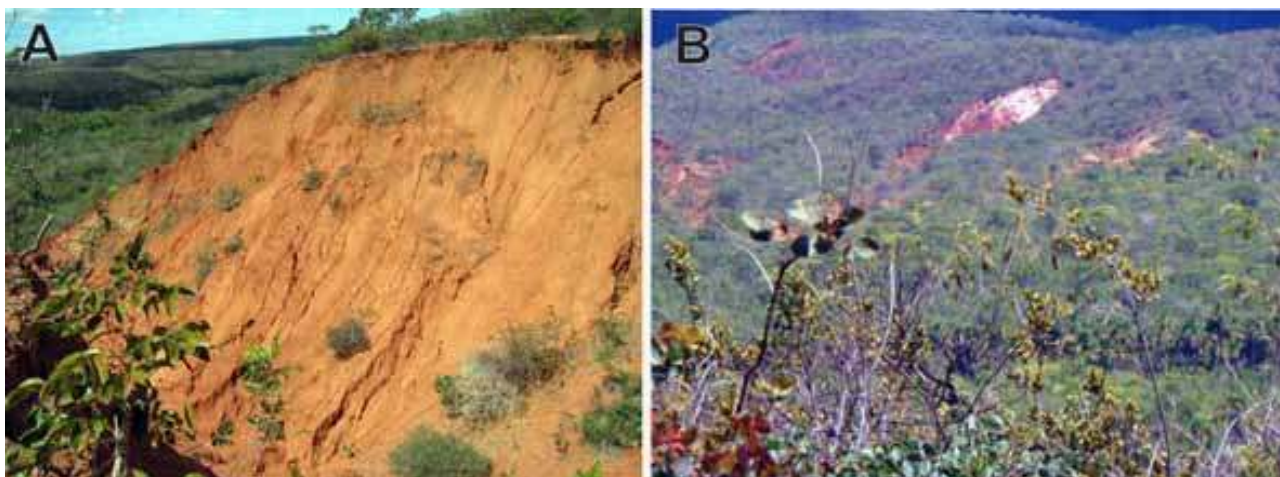
A Chapada das Gerais forma um platô com declividades muito baixas ($0-2^{\circ}$), pouca incisão da drenagem e rios com padrão predominantemente paralelo, composto por rochas da Fm. Serra das Araras, apresentando altitudes que atingem mais de 800 m (MAPA 3).

O Domínio II, denominado de Escarpas, com altitudes acima de 800 até 600 m, constitui um grande desnível topográfico que acompanha as bordas da Chapada das Gerais, Mapa 3, contornando a bacia do Pandeiros a noroeste (NW), norte (N) e nordeste (NE), nos limites com as bacias dos rios Carinhanha, Cochá e Peruaçu, respectivamente (MAPA

3). Nessas Escarpas, são encontradas declividades que podem atingir mais de 56° e processos de erosão acelerada, formando voçorocas (FOTOGRAFIA 1A e B).



Fotografia 1 – Voçorocas presentes nas áreas da Escarpa, Domínio Geomorfológico II da bacia



Legenda: (A) Voçorocas na região do alto rio Pandeiros com cicatriz de deslizamento, mostrando instabilidade das paredes.

(B) Voçorocas localizadas na borda da Chapada das Gerais, no Domínio da Escarpa NW da bacia.

Fonte: AUGUSTIN, C.H.R.R., 2018.

O Domínio III, das Vertentes Longas, está presente na margem esquerda do rio Pandeiros, caracterizado por longos interflúvios, altitudes que vão de 500, àquelas acima de 800 m, declividade predominantemente entre 2 e 5°, podendo atingir mais de tendência ao alongado (MAPA 3). Ele é ocupado pelos rios mais extensos da bacia, com nascentes na zona das Escarpas: a noroeste (NW), nos limites entre as bacias dos rios Pandeiros e Carinhanha; a norte (N), com a do Cochá e a nordeste (NE), com a do Peruaçu. Denominado de Vertentes Curtas, o Domínio IV é formado pelas vertentes localizadas na margem direita do Pandeiros, sendo em média mais baixas (entre 700 e 470 m) do que as do Domínio III (MAPA 3). Seus rios são mais curtos e as declividades também menos acentuadas, predominantemente entre 2 e 5°.

Nas áreas topograficamente mais baixas, os rios encontram-se relativamente pouco encaixados, com todas as nascentes loca-

lizadas nos interflúvios que formam o limite com a bacia do rio Pardo.

O Domínio V, chamado de Carste, é caracterizado, como o próprio nome indica, por apresentar um relevo cárstico, Mapa 3, com a presença marcante de afloramentos das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Nesses afloramentos, destacam-se os lapiás, Fotografias 2 A e B, que são feições resultantes da dissolução dos calcários provocada pela água do escoamento superficial da chuva. Eles são intercalados por áreas mais baixas e planas, com altitudes entre 670 e 460 m, nas quais é possível identificar planícies cársticas (poljes), além de dolinas, que são depressões periodicamente ocupadas pela água formando lagoas, além de uvalas, formadas pela coalescência de dolinas.

Fotografia 2 – Presença de afloramentos de rochas carbonáticas na região do baixo rio Pandeiros



Legenda: (A) Afloramento de calcário, com lapiás (ranhuras erosivas) próximas à cidade de Januária.

(B) Dolina (depressão) seca, com afloramento de calcário.

Fonte: AUGUSTIN, C.H.R.R., 2018.

O Domínio VI do Mapa 3 é o último mapeado e tem como característica do relevo uma depressão, formando uma área úmida (wetland) bem definida, o Pantanal do rio Pandeiros. Ela é uma zona hidromórfica lo-

calizada na planície de inundação a jusante do rio, coberta por lâmina de água durante quase todo o ano e com a presença de lagoas permanentes, embora suas vertentes sejam parcialmente drenadas (FOTOGRAFIA 3).

Fotografia 3 – Domínio Geomorfológico VI



Fonte: AUGUSTIN, C.H.R.R., 2018.

Nota: Pantanal do rio Pandeiros, que constitui uma área úmida (wetland), localizado no baixo Pandeiros. Nos meses secos, o espelho de água diminui expondo os sedimentos da planície aluvial

As altitudes são baixas, entre 500 e 432 m, conforme Oliveira, D. A. (2021) e as partes mais elevadas do relevo são as que ladeiam o Pantanal, em especial na margem esquerda do meio curso, onde também afloram rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, atingidas pelas águas do Pantanal e do próprio rSF em períodos de inundação. O Domínio VI, Mapa 3, inclui parte da planície de inundação do rSF, que forma uma grande área de flutuação sazonal e deposição de carga de sedimentos aluvionares e matéria orgânica.

A maior parte da bacia tem cobertura vegetal de espécies do bioma do Cerrado, de acordo com Scolforo e Carvalho (2006), no qual se distinguem vários ecossistemas e fitofisionomias, entre as quais: campo sujo, campo cerrado, cerrado (s.e.), mata ciliar, vereda e mata caducifólia (mata seca), restrita aos afloramentos de rochas carbonáticas, conforme consta de Augustin *et al.* (2020). Ocorrem ainda espécies típicas da caatinga, entre elas a barriguda, e cactáceas.

Técnicas e Materiais

Como primeira etapa deste trabalho, foi levantada bibliografia, em especial a utilizada na reconstituição da evolução da bacia do rSF, na busca de elementos de interpretação que, juntamente com análises dos mapas geológicos e geomorfológicos e validação de campo, permitissem inferir, de maneira relativamente inédita, fatores e elementos do meio físico, associados à formação da bacia do rio Pan-deiros. A distribuição dos cortes geológicos (perfis) transversais no Mapa Geológico foi orientada pela variação dos Domínios Geomorfológicos, cujo mapa foi obtido em Oliveira, Augustin e Fonseca (2017).

O Mapa Geológico foi elaborado a partir da base cartográfica do Mapa Estadual de Geodiversidade de Minas Gerais (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, CPRM - escala de 1: 1.000.000, 2010), com o uso de software de SIG, permitindo um recorte da base cartográfica do limite da bacia. Esse mapa foi reelaborado, após observações de campo e análises de imagens do *Software Google Earth Pro*(2019), tendo como base os mapas da CODEMIG; UFMG (2015), na escala 1: 100.000, usando as folhas: São Joaquim - SD.23-Y-D-III; Catolé - SD.23-Z-C-I; Januária - SD.23-Z-C-II; São Francisco - SD.23-Z-C-IV e Folha São João da Ponte - SD.23-Z-C-V. Esses mapas serviram de base para o Mapa de Lineamentos, que é um produto da fotointerpretação, com o uso do GEOCOVER, obtida com o satélite Landsat, 7 ETM+ (R7G4B2), resolução espacial de 30 m (NASA – GEOCOVER, 2000), enquanto o da drenagem da bacia utilizou a rede hidrográfica fornecida pela ANA (2019). A identificação da drenagem e outras checagens, como a toponímia, que foi mantida, foram realizadas a partir dos mapas topográficos do IBGE, escala 1: 100.000, das Folhas: Catolé - SD.23-Z-C-I, 1970; Januária - SD.23.Z-C-II (MI-2178), 1980 (2ª Edição); São Joaquim - SD.23-Y-D-II e São Francisco - SD.23-Z-C-IV, ambos de 1972.

Resultados e Discussão

Estruturação da drenagem do rio São Francisco, com base na literatura

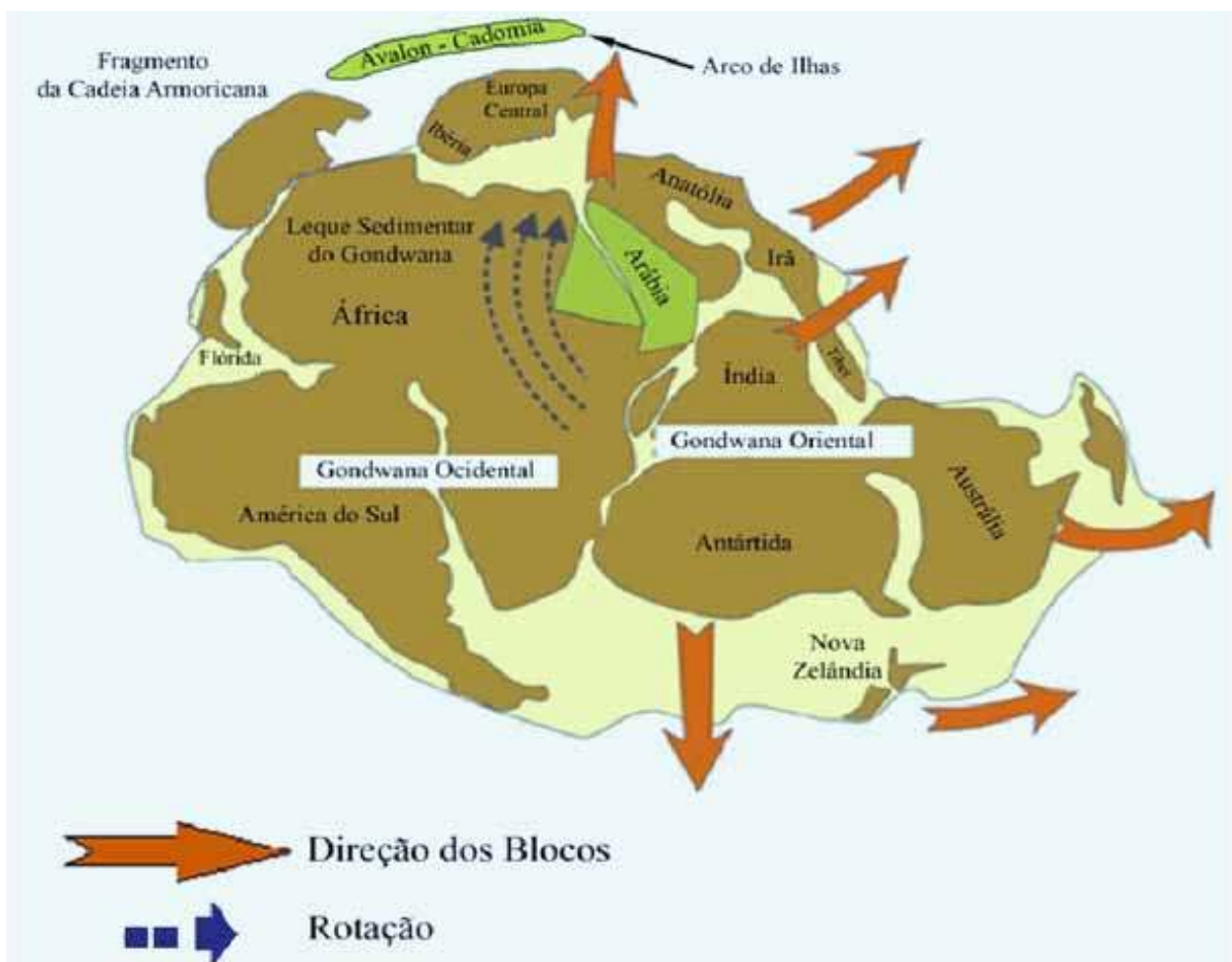
O rio São Francisco (rSF), assim como os rios Uruguai e Paraná, na América do Sul, e alguns outros na África, Índia e Austrália, fazem parte do que Potter e Hamblin (2006, p. 26) denominam de um conjunto de rios anci-



ões, ainda remanescentes de “[...] fragmentos do estágio final do rompimento da Gondwana [...]”, no Cretáceo Superior (~100 – 65,6 Ma). O aparecimento desses rios, criados, segundo Potter (1997, p. 334), no Pós-Cretáceo Inferior e estruturados após a separação da América do Sul e África, foi precedido, em milhões de anos (entre 180 e 90 Ma), por outros estágios

de evolução geológica das áreas nas quais ocorrem e que culminaram com a abertura do oceano Atlântico e a fragmentação do supercontinente Gondwana em diferentes blocos de terra que constituem, hoje, diversos continentes (FIGURA 1).

Figura 1 – Imagem idealizada do supercontinente Gondwana, quando parte da América do Sul (e o Brasil) ainda se encontrava ligada ao continente africano.



Fonte: Modificado pelos autores, a partir de: NEUBAUER, 2014.

Nota: Após seu rompimento no Cretáceo Inferior, esse supercontinente deu origem ao oceano Atlântico. Isto afetou as condições geológicas, climáticas e geomorfológicas do Brasil (e África), induzindo à formação de bacias interiores, incluindo aquela na qual foram depositados os sedimentos que deram origem às rochas areníticas do Grupo Urucua, que forma o substrato geológico de parte da bacia do rio Pandeiros.

Os estágios Barremiano-Aptiano (126 a 100 Ma), no Eocretáceo, por exemplo, foram marcados pelas tensões extensivas, com direção predominante S-N. resultantes do rife-

amento ativo que marcou a abertura de novo assoalho oceânico no Atlântico Sul (CAMPOS; DARDENNE, 1997a).

Foi no Barremiano, que teriam se instala-



do, de acordo com Darros de Matos (1999, p. 61), grabens e hemi-grabens intracratônicos, inclinados e assimétricos, como os do Gabon (África), Sergipe-Alagoas, Recôncavo-Tucano-Jatobá e Cariri-Potiguar (Brasil), com direção predominante de S-N. É quando tem início a deposição de sedimentos em depressões geradas por “subsidência mecânica”, de calhas rasas, com pouca significância regional e com a presença de grabens locais. Este é o caso da Depressão Urucuia, que recebeu no Cretáceo Superior, os sedimentos do Grupo Urucuia (CAMPOS; DARDENNE, 1997a, p. 288). Segundo estes autores, a sedimentação teria se iniciado no Cenomaniano (~100-93 Ma), quando as alterações de tensões extensionais responsáveis pela criação dos rifteamentos com falhas transformantes E-W, herdada do Albiano (113 a 100 Ma), passaram para as compressivas no interior dos continentes. Essa mudança marcou a passagem da fase rifte para a pós-rifte na margem continental, com a consequente geração do assoalho oceânico do Atlântico e a presença de mar aberto.

A fase de baixa energia tectônica, segundo Campos e Dardenne (1997a, p. 288), foi caracterizada pela acumulação de sedimentos na Bacia Urucuia, representando o maior volume dos sedimentos da Bacia Sanfranciscana. Spigolon e Alvarenga (2002, p. 579) definem o Grupo Urucuia, mapa 2, como “um conjunto de rochas siliciclásticas, de idade neocretácea, formado por conglomerados, arenitos e siltitos depositados em ambientes essencialmente continentais”. A deposição teria gerado os sedimentos da Fácies 1, na base da Formação (Fm.) Posse do Grupo Urucuia, segundo Campos e Dardenne (1997b), em clima predominantemente árido indicado

pela presença das areias eólicas, ou dunas (MATTOS, 1999; SPIGOLON; ALVARENGA, 2002). Como lembram Hay e Floegel (2012), o clima árido também prevaleceu em várias partes da Terra nesse período geológico.

Os sedimentos flúvioeólicos encontrados na Fácies 2, no topo da Fm. Posse, Mapa 2, no entanto, já evidenciam, de acordo com Campos e Dardenne (1997b) e Spigolon e Alvarenga (2002), um ambiente deposicional mais úmido. Eles estão associados aos sistemas de drenagem formados por rios de caráter torrencial, com a geração esporádica de fluxos competentes de água, em contraste com o ambiente predominantemente eólico de dunas da Fácies 1. Os depósitos aluviais marcam o limite superior da Fm. Posse (base) com a Fm. Serra das Araras, Mapa 2, que constitui o topo do Grupo Urucuia. Os sedimentos da Fm. Serra das Araras já indicam, portanto, deposição em ambiente de rios de planícies, embora contenham também contribuição eólica, a qual, para Lima (1983), pode ser proveniente do retrabalhamento dos sedimentos da Fm. Posse.

Iglesias e Uhlein (2007, p. 257-258), também atribuem aos eventos de reativação tectônica associados à abertura do Atlântico Sul [...] “o fraturamento generalizado, segundo as direções NE e NW, que vem condicionando grande parte do sistema de drenagem da área” [...]. O proto-rio São Francisco, que precedeu temporalmente o proto-rio Pandeiros, teria feito parte dessas drenagens interiores, marcadas pela continentalidade. Assim, é bem provável que em suas fases iniciais, o proto-rio São Francisco (rSF) tenha tido sua drenagem voltada para o interior do continente. Sua organização, bem como a dos demais rios ancestrais, teria ocorrido, de acordo com

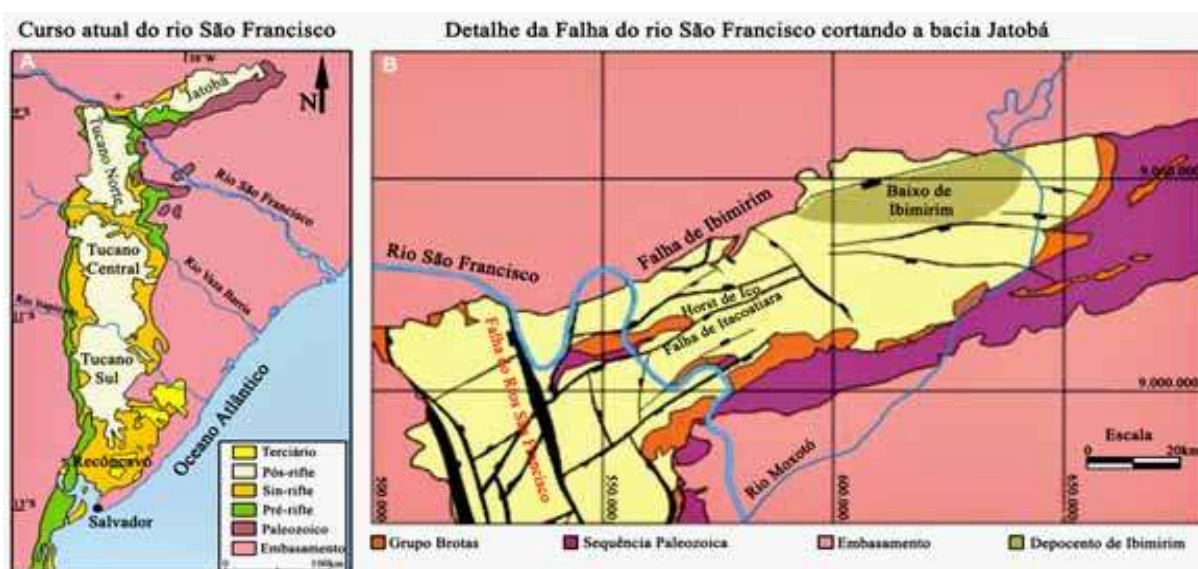
Karner e Driscoll (1999, p. 33), em períodos mais tardios do Cretáceo Superior por que, segundo Potter (1997, p. 33; citado por POTTER; HAMBLIN, 2006, p. 41), as fases de rifteamento causaram a [...] “desestruturação das drenagens pretéritas” [...] (*op. cit.*, p. 26). Ou seja, o aparecimento de estruturas mais elevadas do relevo paralelas à região costeira associadas ao soerguimento crustal geral no Eoceno (56 a 33,9 Ma), também afetou outras drenagens, conforme Ribeiro; Riccomini e Leite (2018), obrigando o proto-rSF, a se redirecionar S-N, Figura 2 (POTTER; HAMBLIN, 2006).

Foi nessa fase que o rSF capturou os segmentos de rios a montante, que originalmente corriam para o Atlântico, enquanto seu

curso médio a superior, no qual se encontra localizado o rio Pandeiros, continuava a seguir “o eixo do Cretáceo-Terciário da bacia sedimentar do SF se sobrepondo às rochas da bacia do Bambuí, atravessando as drenagens mais baixas que cortam o rifte Jatobá para o Atlântico” (POTTER; HAMBLIN, 2006, p. 26) (FIGURA 2B).

A contínua abertura do assoalho do Atlântico possibilitou a saída direta da proto-drenagem do rSF, Figuras 2 e 3, para o litoral nordeste de acordo com Karner; Driscoll (1999, p. 33), o que trouxe maior umidade para as áreas cobertas pelas rochas do Grupo Uruçuia, influenciando na dinâmica de deposição dos sedimentos.

Figura 2 – Percurso do rio São Francisco.



Legenda: A) Trecho atual do rio São Francisco, encaixado em uma falha transcorrente (falha do rio São Francisco) com direção W-L, atravessando a bacia Jatobá, em seu limite sul com a bacia Tucano Norte.

B) Detalhe da falha nos limites desta bacia sedimentar.

Fonte: Adaptado de: (A) à esquerda: www.phoenix.org.br. (B) à direita: VERAS *et al.*, 2017.

Karner e Driscoll (1999, p. 32, 33) postulam que no processo, no Eoceno Médio, o proto-rio São Francisco teria capturado o rio Parnaíba no ponto de inflexão do rSF para leste em direção ao Atlântico (FIGURA 3).

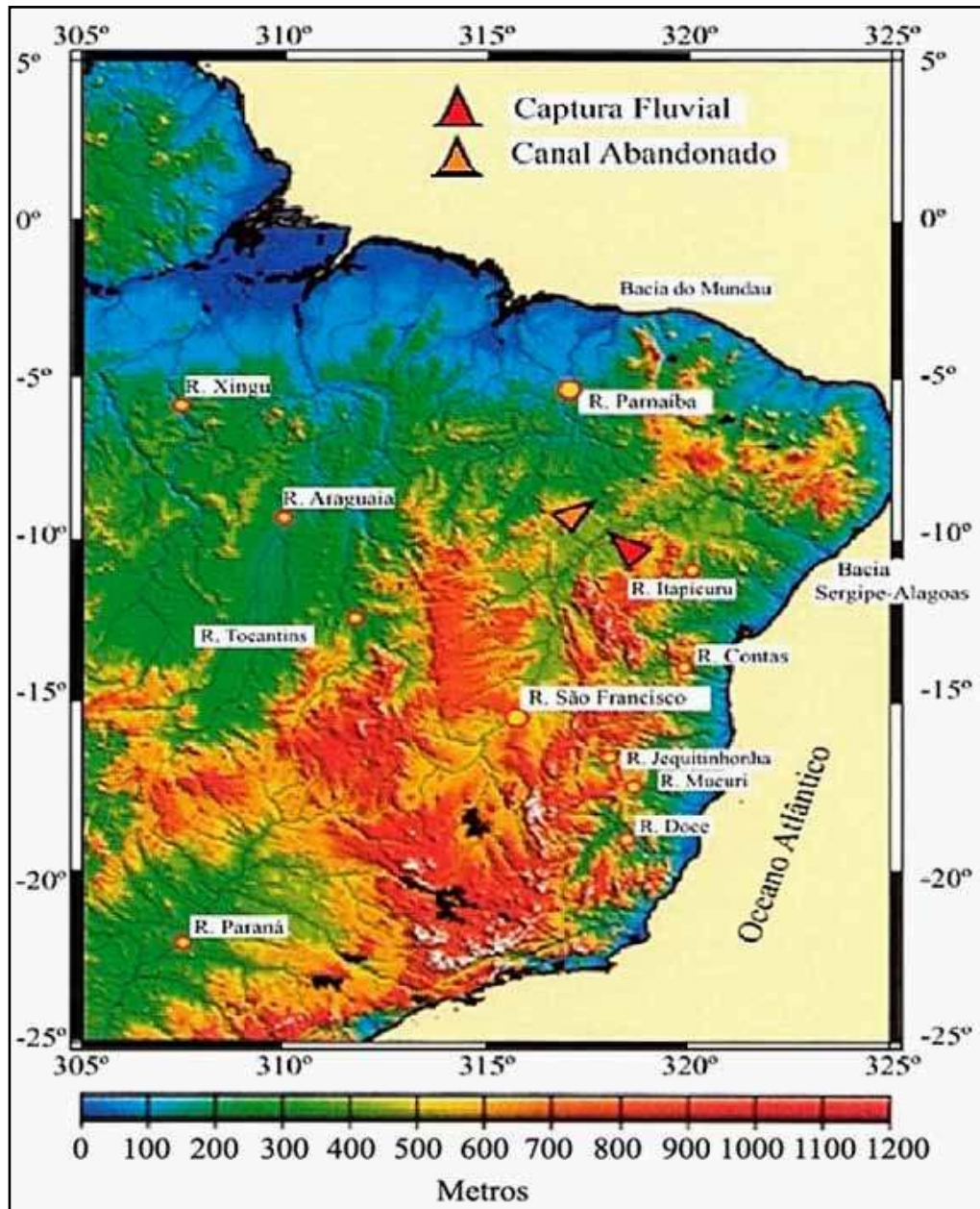
Para eles, a conexão, que foi depois cortada, teria contribuído para diminuir a quantidade de deposição de turbiditos na bacia Mundaú, no litoral norte, e aumentado a da bacia de Sergipe, no litoral leste do Brasil (p. 33 e 34).



A estruturação da bacia do rSF próxima da atual (teria se consolidado somente após seu encaixamento na falha transcorrente W-L, denominada de Falha do Rio São Francisco, entre as bacias do Jatobá e Tucano Norte, Figura 3, “no tectonismo do Mioceno” (POTTER; HAMBLIN, 2006, p. 26). Ambos os au-

tores (2006, p. 26) creditam a preservação das drenagens ancestrais, como a do rSF, ao fato de não terem sido “enterradas por depósitos de morainas e nem erodidas desde o rompimento da Gondwana, tendo escapado de colisões continentais posteriores e das glaciações continentais”.

Figura 3 – Mapa topográfico de parte do Brasil, mostrando o canal do rio São Francisco



Legenda: Seta vermelha: local onde teria se dado, no Eoceno Médio, a captura do rio Parnaíba;

Seta laranja: conexão esta que posteriormente foi interrompida

Fonte: Adaptado de: VERAS *et al.*, 2017.

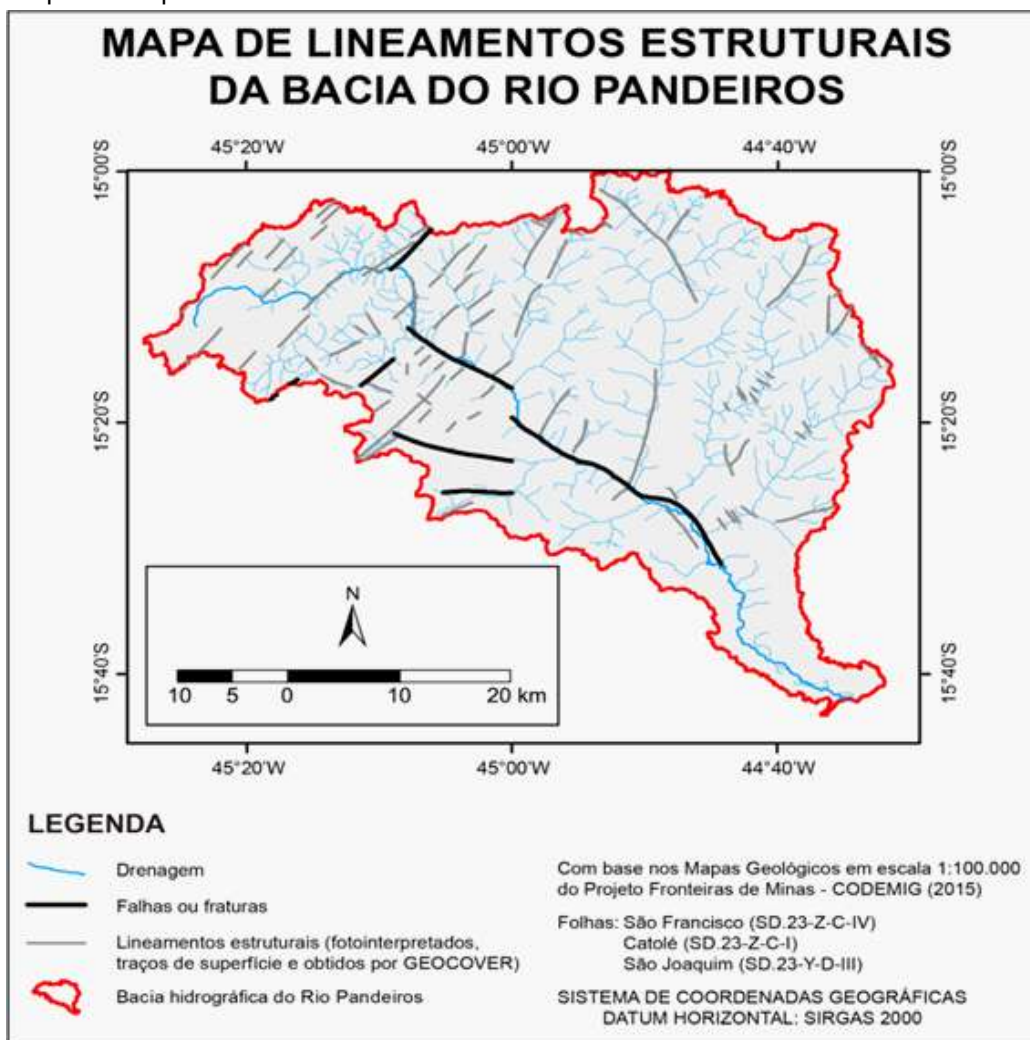
Também, de acordo com Potter e Hamblin, (2006, p. 26), por nunca terem sido “afetadas fortemente por tectônica local ou distal”, tendo se desenvolvido em “uma ampla bacia intracontinental com pequena subsidência, apenas localmente afetada por incipientes processos tafrogênicos”.

A evolução da drenagem do rio Pandeiros

O encaixamento do rio Pandeiros se deu ao longo da falha normal, extensional, com direção NW / SE, localizada no seu médio-

baixo curso, Mapa 4, e na qual segue encaixado, até os dias de hoje, em grande parte do seu percurso em vale aberto em rochas do Grupo Urucuia. Ele ocorreu pela captura do Pandeiros pelo rSF que constituiu na época, e ainda constitui, seu nível de base. É possível que no período da captura, o canal do rSF estivesse erodindo mais próximo às porções mais elevadas do atual baixo curso do Pandeiros, esculpindo paredões e criando poljes nas rochas carbonáticas da Fm. Sete Lagoas, do Grupo Bambuí.

Mapa 4 – Mapa de lineamentos da bacia do rio Pandeiros.



Fonte: Adaptado de CODEMIG; UFMG, Mapas Geológicos das Folhas São Francisco, Catolé e São Joaquim, 2015.

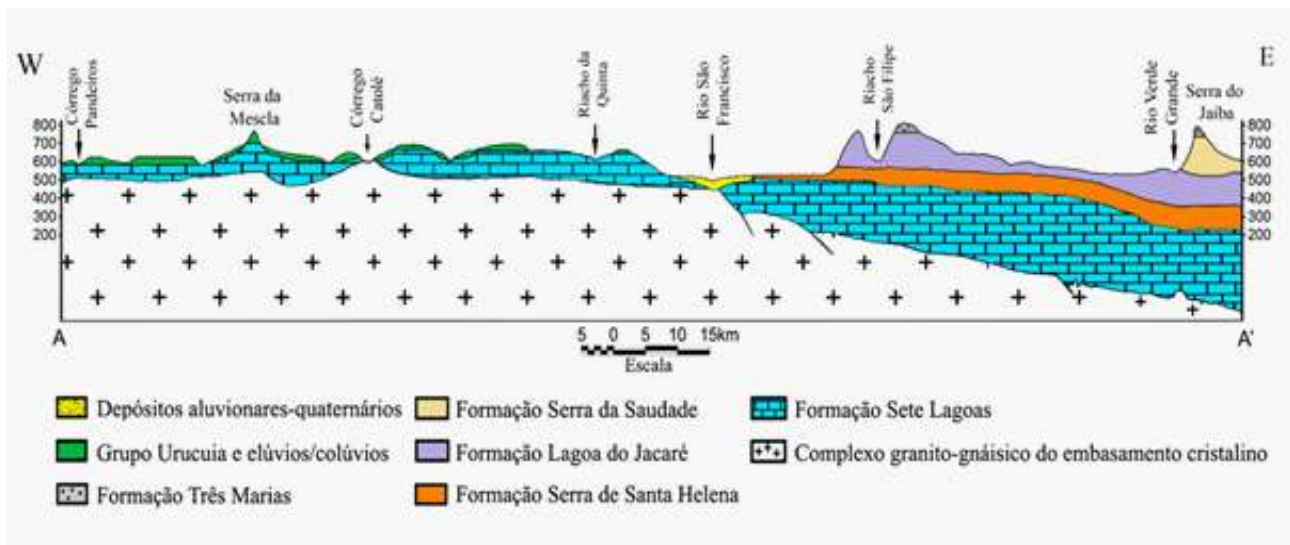
Nota: Indica a presença de falha normal, extensional SE-NW que induziu o encaixamento do proto-rio Pandeiros após captura pelo proto-rio São Francisco, presumidamente no Neogeno.



O contexto geológico da abertura da bacia na área de estudo ainda pode ser identificado até hoje, ao se observar a área de deposição das rochas do Grupo Bambuí na margem esquerda e na direita da calha do rSF (FIGURA 4). Mesmo não havendo correspondência entre as sequências estratigráficas dos dois lados, a sedimentação das rochas do Bambuí ultrapassa os limites da margem direita do

canal do rio, indicando a grande extensão da deposição dessas rochas (FIGURA 4). A discrepância nas sequências estratigráficas dos dois lados da calha, seria, de acordo com Iglesias e Uhlein (2009), decorrente da reativação de falha atualmente ocupada pelo canal do rSF, que teria rebaixado sua margem direita (FIGURA 4).

Figura 4 – Perfil geológico com direção W-E da bacia do Pandeiros, desde a Chapada das Gerais, até a margem direita do rio São Francisco



Fonte: Adaptado de: IGLESIAS; UHLEIN, 2009.

Nota: Mostra a continuidade, mesmo que com discrepância estratigráfica, das rochas do Grupo Bambuí em toda a área da bacia, bem como a ocorrência das rochas do Grupo Urucuia restrita à margem esquerda do rio São Francisco.

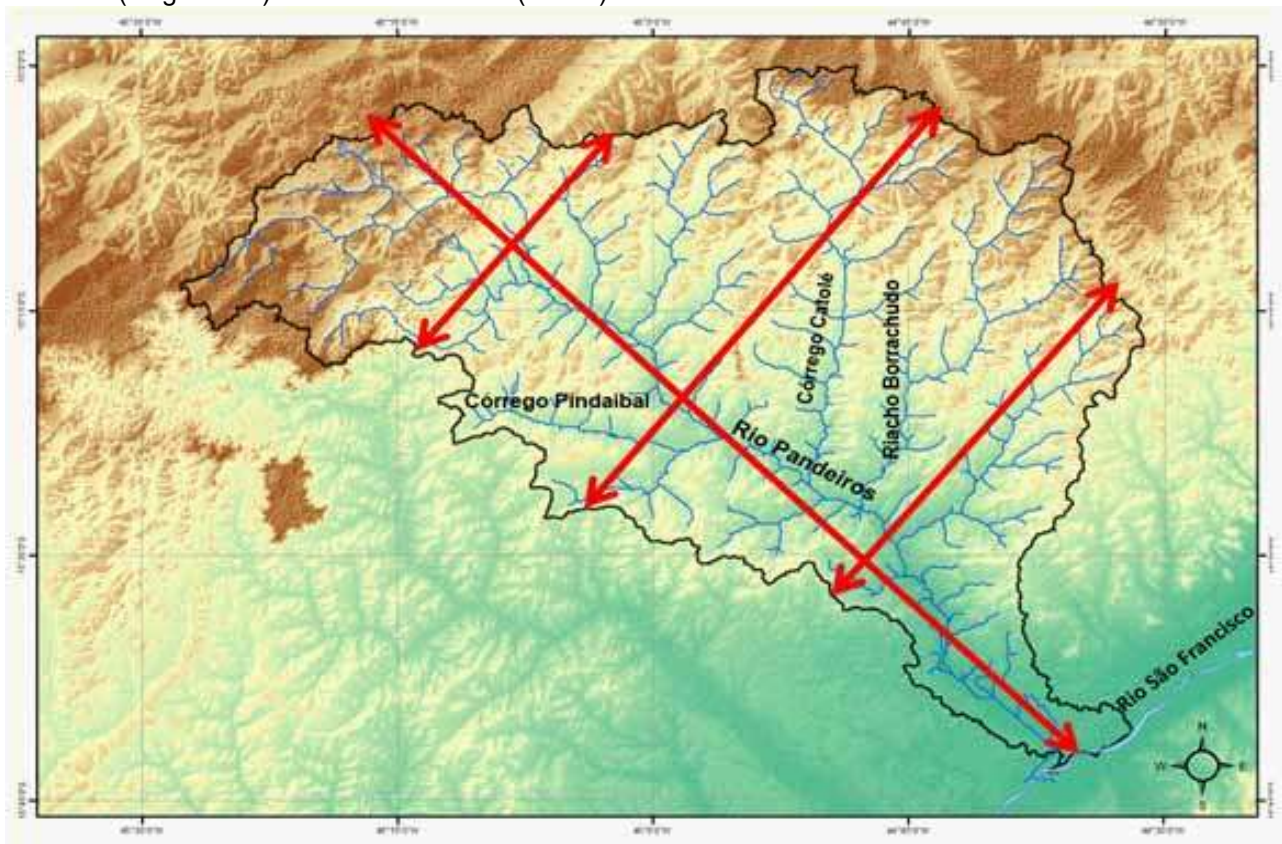
A Figura 4 mostra que não houve deposição das rochas do Bambuí na porção a montante do córrego Catolé (o mesmo podendo ser observado no Mapa 2, no riacho Borrachudo) devido à presença, já na época, de uma área topograficamente mais elevada (Alto Estrutural de Januária). Ela foi formada pelo soerguimento das rochas do complexo granítico do embasamento antes da deposição do Bambuí (IGLESIAS, 2007). A presença do alto estrutural também afetou, no Cretáceo Superior, a deposição das rochas

do Grupo Urucuia, levando ao adelgaçamento das camadas da Fm. Posse e impedindo, em parte, a deposição dos sedimentos da Fm. Serra das Araras a jusante da bacia (FIGURA 4). Outra hipótese para a ausência das rochas do Bambuí sobre o embasamento, é que este pacote, adelgado pela presença do Alto Estrutural de Januária, teria sido erodido antes da deposição do Urucuia, no Cretáceo Superior. A captura do rio Pandeiros pelo São Francisco que tinha (e continua tendo) o nível altimétrico da sua calha mais baixo do que o

do Pandeiros, provocou erosão a remontante e o recuo das cabeceiras deste último, bem como o alargamento da porção média da sua bacia (MAPA 5). Ao longo do tempo, a grande ruptura de declive que hoje forma as escarpas

da Chapada das Gerais, nos limites NW, N e NE da bacia do rio Pandeiros, também recuou de SE para NW, erodida pelo Pandeiros e seus afluentes, levando ao aumento progressivo da área da bacia (MAPA 5).

Mapa 5 – Expansão das bordas da bacia do rio Pandeiros, resultantes da erosão a remontante da sua cabeceira (longitudinal) e de seus afluentes (lateral)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Nota: As setas indicam os limites da expansão das bordas da bacia do rio Pandeiros, que retirou quase toda a cobertura das rochas da Formação Serra das Araras, expondo a Formação Posse e, também, as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí e mesmo aquelas do complexo granítico.

Nesse processo, os rios retiraram os sedimentos das rochas areníticas da Fm. Serra das Araras, expondo as rochas da Fm. Posse, do Grupo Urucuia, bem como as carbonáticas do Grupo Bambuí e, em áreas restritas, as do complexo granítico-gnáissico (FIGURA 4).

Os efeitos dos processos de dissecação do sistema de drenagem do rio Pandeiros e aquele produzido pela erosão das encostas, podem ser sumarizados através da análise

dos perfis geológicos da bacia, elaborados a partir do mapa geológico (MAPA 2).

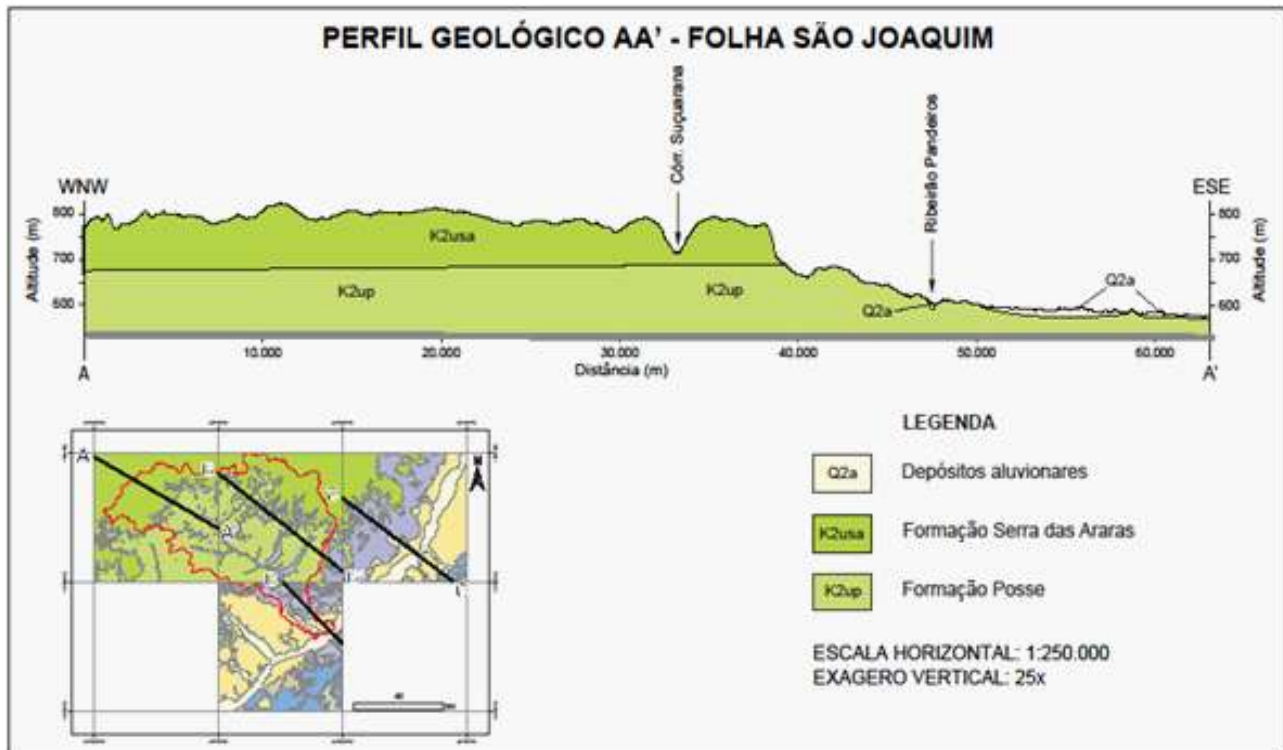
Análise dos perfis geológicos da bacia do rio Pandeiros

Perfil AA'

A Figura 5 do Perfil geológico transversal AA' corresponde ao trecho do alto curso do

Figura 5 – Perfil geológico AA'

Pandeiros, na área de domínio da Chapada das Gerais, cuja direção e extensão são indicadas no mapa menor na mesma figura (CODEMIG; UFMG, 2015).



Fonte: Os autores, com base em CODEMIG; UFMG, 2015, Folha São Joaquim.

Nota: Domínio das rochas da Formação Serra das Araras (K2usa), do topo do Grupo Urucuaia, do Cretáceo Superior, restrito à área da Chapada das Gerais, nas porções mais elevadas do relevo da bacia do rio Pandeiros. Em porções da base das Escarpas, a erosão expôs as rochas da Formação Posse (K2up).

Nele, é ainda possível identificar camadas sedimentares relativamente horizontalizadas da Fm. Serra das Araras, depositadas estratigraficamente sobre as da Fm. Posse. A erosão ainda fez recuar as Escarpas da Chapada das Gerais que margeiam o noroeste (NW), norte (N) e nordeste (NE) da bacia: a primeira, nos limites com a bacia do rio Carinhanha; a segunda, com a do rio Cochá e, a última, com a do Peruaçu, respectivamente. Isto provocou o trabalho de encaixamento da drenagem dos tributários da margem esquerda do rio

Pandeiros removendo as rochas intemperizadas do Grupo Urucuaia (FOTOGRAFIA 4). No passado geológico, antes da abertura da bacia do Pandeiros, elas chegaram a cobrir grande parte das rochas da Fm. Posse. Este fato é atestado pela presença de relevos reliquias (testemunhos), esculpidos sobre rochas residuais da Fm. Serra das Araras, que ainda podem ser identificados nas porções média e baixa da bacia, como é o caso do Complexo da Serra (meseta) da Mescla.

Fotografia 4 – Afloramento de conglomerados avermelhados da Formação Serra das Araras, borda NE da Chapada das Gerais, no extremo noroeste da bacia

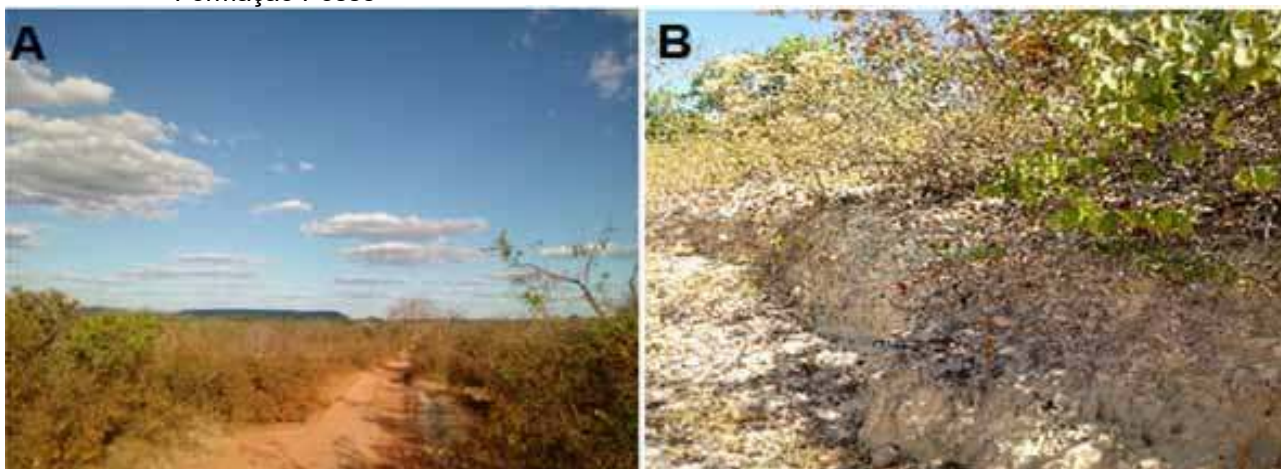


Fonte: AUGUSTIN, C.H.R.R., 2019.

No passado geológico, antes da abertura da bacia do Pandeiros, elas chegaram a cobrir grande parte das rochas da Fm. Posse. Este fato é atestado pela presença de relevos reliquiais (testemunhos), esculpidos sobre rochas residuais da Fm. Serra das Araras, que ainda podem ser identificados nas porções média e baixa da bacia, como é o caso do Complexo da Serra (meseta) da Mescla.

Nas porções mais baixas do relevo, abaixo de 600 m, as rochas da Fm. Serra das Araras não são mais encontradas, retiradas pelos processos hidrogeomorfológicos (fluviais e de encosta) que modelaram o relevo. Elas dão lugar às rochas mais esbranquiçadas da Fm. Posse especialmente dominantes na bacia (FOTOGRAFIA 5).

Fotografia 5 – Relevo residual da Serra da Mescla e exposição do material mais claro das rochas da Formação Posse



Legenda: A) Relevo mais alto da meseta da Serra da Mescla (rochas da Formação Serra das Araras).

B) Corte de estrada vicinal, com material mais claro das rochas da Formação Posse.

Fonte: AUGUSTIN, C. H. R. R., 2019

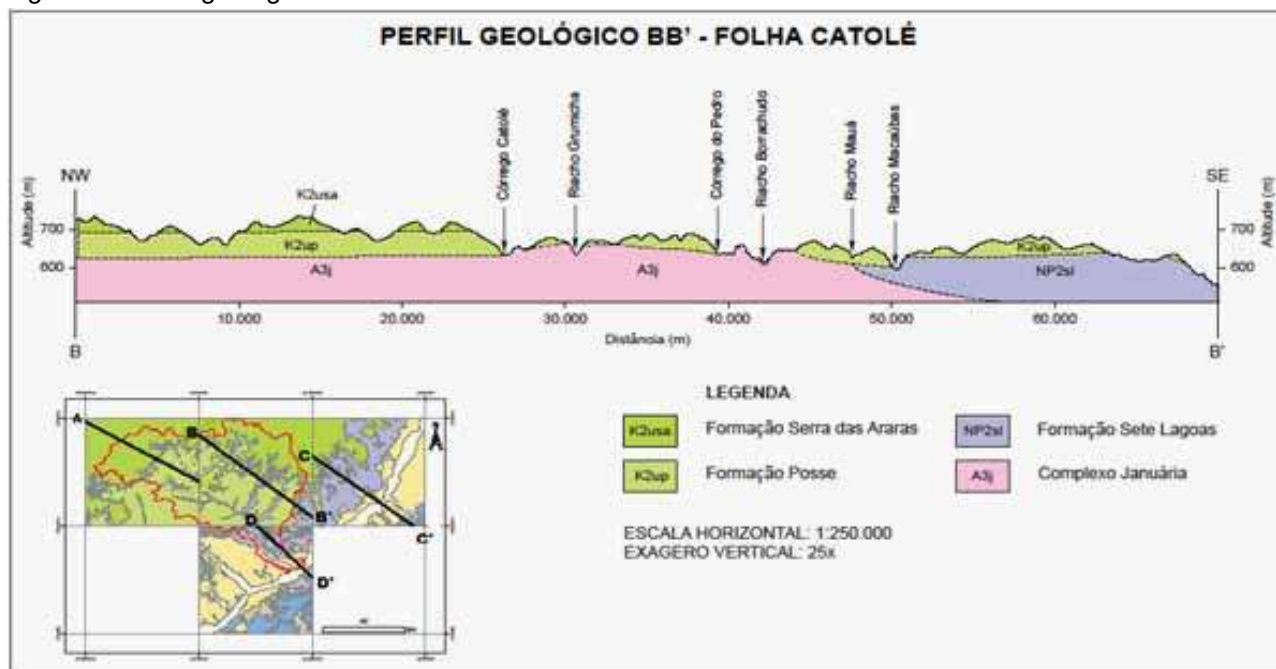
Perfil BB'

O segundo perfil geológico BB', figura 6, corresponde à área que vai do médio rio Pandeiros, no Domínio Geomorfológico III das Vertentes Longas, onde rochas da Fm. Serra das Araras ainda são encontradas sustentando as porções mais elevadas do relevo, até o baixo Pandeiros, de relevo cárstico. A exposição das rochas da Fm. Posse da base do Grupo Urucuia em grande parte da bacia, demonstra a eficiência geomorfológica do sistema fluvial do rio Pandeiros, que, ao

se encaixar, aciona os processos de erosão das encostas, levando à retirada expressiva das rochas da Fm. Serra das Araras, as da Fm. Posse, bem como os seus materiais intemperizados in situ (elúvios) ou aqueles detríticos (colúviais e aluviais).

Tal trabalho foi realizado ao longo do tempo geológico, através de incisão (vertical) e expansão (lateral) dos vales e sub vales, expondo as rochas que compõem as sequências inferiores do Grupo Urucuia (FOTOGRAFIA 5).

Figura 6 – Perfil geológico BB'



Fonte: Adaptado de CODEMIG; UFMG, 2015, Folha Catolé.

Nota: No Domínio Geomorfológico III, das Vertentes Longas, se destaca o desaparecimento gradual das rochas da Formação Serra das Araras e exposição das rochas da Formação Posse, ambas do Grupo Urucuia, bem como as carbonáticas do Grupo Bambuí e as rochas granito-gnáissicas do Complexo Januária.

O mesmo conjunto de processos hidromorfológicos atuaram, e ainda atuam, expondo as rochas do Complexo Januária, Mapa 2 e Figura 4, formado por dioritos mesocráticos, granitoides róseos alcalinos de granulação grossa e gnaisses com bandamento do emba-

samento cristalino (CODEMIG; UFMG, 2015), nos vales do alto-médio do córrego Catolé e do riacho Borrachudo (FIGURA 6).

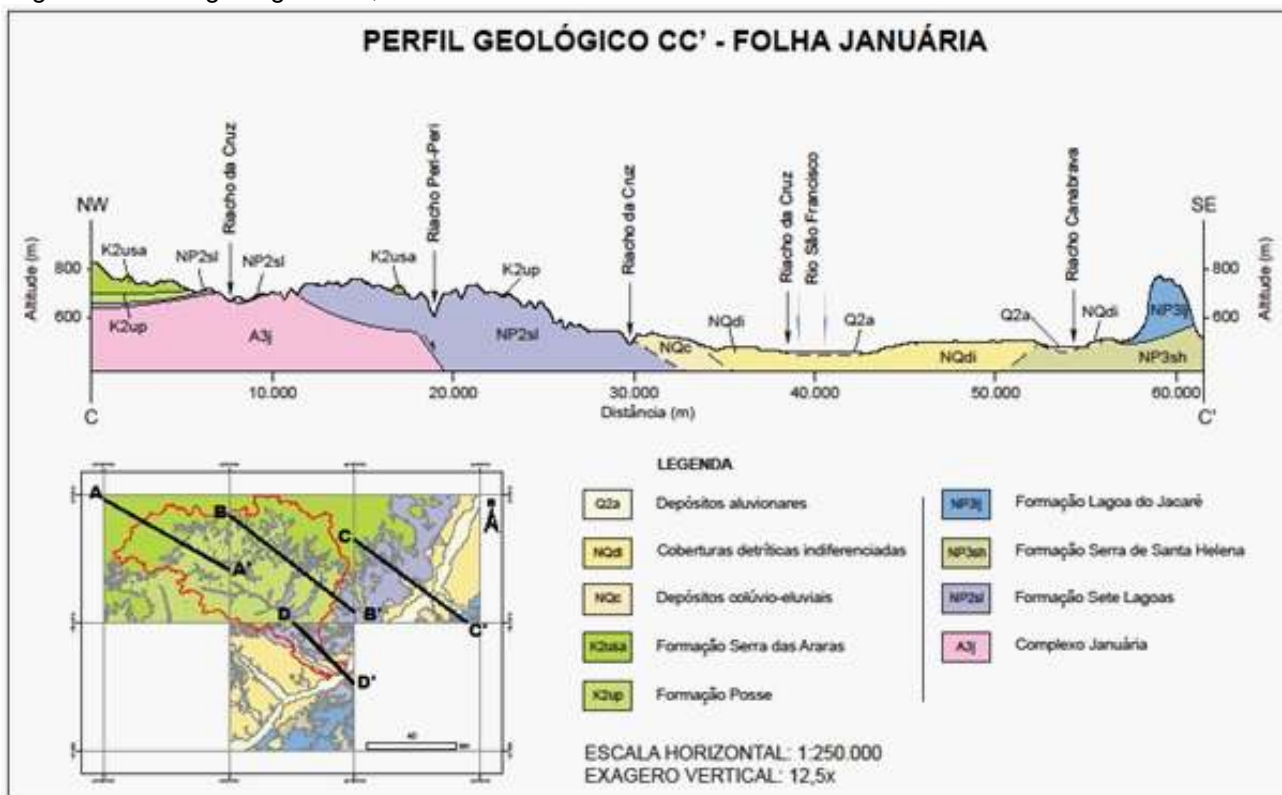
Perfil CC'

A Figura 7 (Perfil CC') mostra detalhes

do substrato das rochas carbonáticas da Fm. Sete Lagoas. É possível verificar a ocorrência de relevo residual formado sobre rochas do Grupo Urucuia na margem esquerda do rSF, indicando que tanto o relevo como as rochas deste grupo, chegavam até bem próximos da calha atual do rio, não tendo, contudo, conti-

nuidade na margem direita (FIGURA 4). Isto ocorre porque a falha geológica ocupada pela calha do rSF “seria um divisor na distribuição e espessura, controlando a continuidade da deposição das formações do Grupo Bambuí na área” (IGLESIAS; UHLEIN, 2009, p. 257)

Figura 7 – Perfil geológico CC', do baixo rio Pandeiros



Fonte: Adaptado de CODEMIG; UFMG, 2015, Folha Januária.

Nota: Transição entre as rochas areníticas do Grupo Urucuia, que já recobriram grande parte da bacia com um relevo plano e elevado, e as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, mais próximas do rio São Francisco. Também identifica vales de rios nos quais a retirada dos sedimentos, expõe o complexo granítico.

O perfil também evidencia os afloramentos do Complexo Januária, realçando o efeito do Alto Estrutural na exposição do embasamento cristalino. Por se tratar de área de exposição relativamente pequena, estas rochas ainda não têm amplitude espacial suficiente para formar um padrão de relevo típico de rochas do complexo granítico. Nas

Figuras 7 e 4, é possível notar a extensão dos sedimentos aluviais do rSF (depósitos aluvionares-aternários), que podem atingir, neste trecho e em certas épocas do ano, mais de 2.500 m de largura. Formam uma planície aluvial, com muito retrabalhamento do material sedimentar em função da sazonalidade típica de margens de planícies



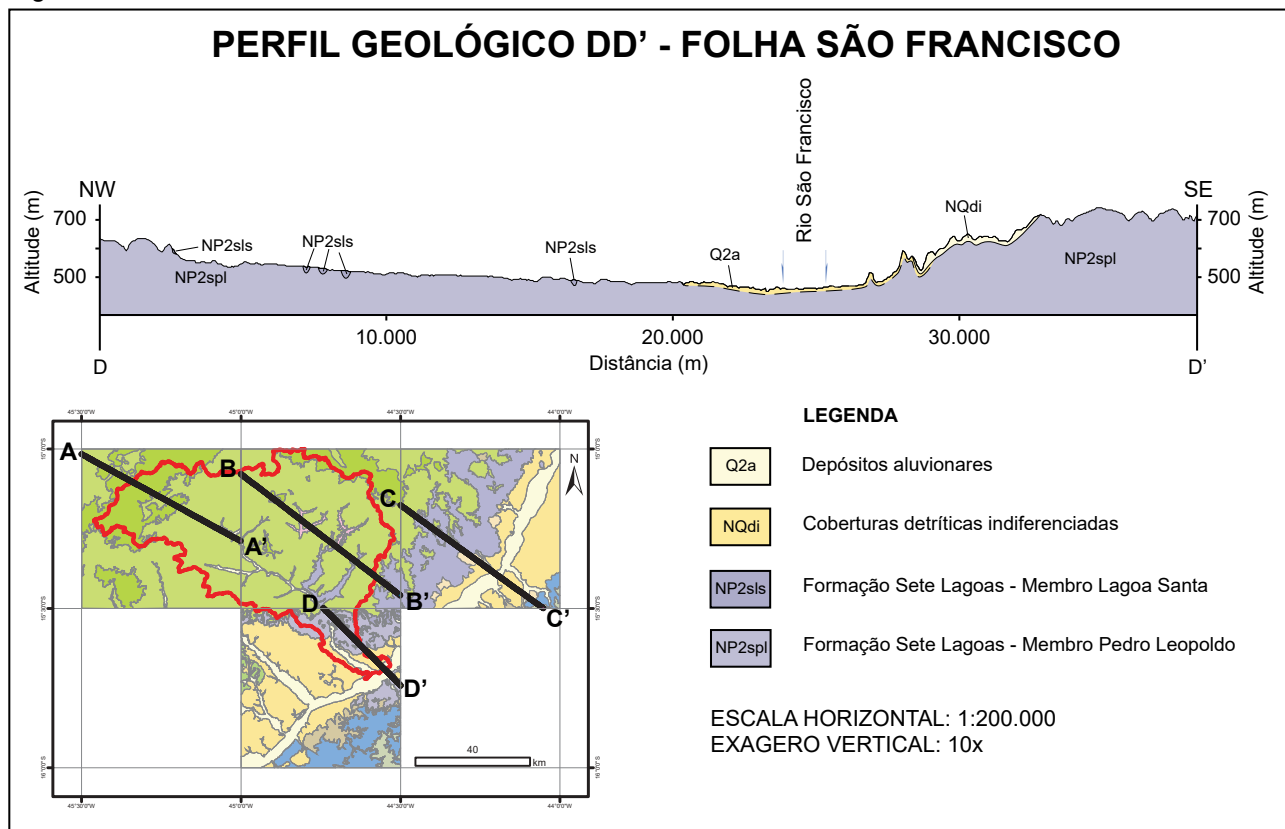
aluviais. A extensão lateral da faixa deposicional dos sedimentos aluviais do rSF, bem como o contato direto destes sedimentos com as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí, tanto do lado esquerdo (Fm. Sete Lagoas) no qual está encaixada a drenagem do rio Pandeiros, quanto do lado direito (Fm. Serra de Santa Helena), permitem assumir que o rSF tenha erodido diretamente estas rochas em passado não muito distante, ou seja, do Neogeno até o Quaternário (23 a 0.01 Ma).

das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí em relação àquelas do Grupo Urucuaia. A ocorrência geograficamente mais extensa das rochas do Grupo Bambuí nesta área possibilitou o desenvolvimento de feições geomorfológicas predominantemente de dissolução, características de relevos cársticos (Domínio Geomorfológico V). Em meio aos afloramentos rochosos, ocorrem planícies (poljes), cavernas, torres, lapiás, dolinas e uvalas.

Perfil DD'

No perfil DD', Figura 8, no baixo rio Pandeiros, pode-se perceber o predomínio

Figura 8 – Perfil DD'



Fonte: Elaborado pelos autores com base em CODEMIG; UFMG, 2015, Folha São Francisco.

Nota: Sequências das rochas do baixo curso do rio Pandeiros, em sua confluência com o rio São Francisco.

Os afloramentos, em parte ladeados por poljes, formam as porções mais elevadas do relevo nessa área. O corte geológico CC', Figura 8, da Folha São Francisco (CODEMIG; UFMG, 2015), e a Figura 4, permitem observar que os arenitos do Grupo Urucuia não mais ocorrem no baixo Pandeiros, tendo sido retirados pela erosão. Após, e concomitantemente à erosão, foram depositados sedimentos aluviais, denominados de "detritos indiferenciados" no mapa geológico da Folha São Francisco (CODEMIG; UFMG (2015), mas que compõem de fato, neste caso, carga sedimentar de origem aluvial deixada pelo rio São Francisco em sua planície aluvial.

Perfil EE'

A evolução da bacia do rio Pandeiros é sintetizada na Figura 9, através de um perfil geológico do topo da Chapada das Gerais, no domínio das rochas da Fm Serra das Araras, passando pelas Escarpas, pelos relevos no domínio das rochas também areníticas da Fm Posse até o domínio do relevo cárstico das rochas carbonáticas do Grupo Bambuí. Estas últimas, já foram parcialmente e localmente recobertas pelos arenitos, encontram-se, hoje, expostas até serem recobertas pelos sedimentos da planície aluvial do rSF. A linha vermelha pontilhada na Figura 9, indica o antigo nível do relevo, que poderia ter sido mais, ou menos inclinado, formando uma superfície erosiva dominada por rochas da Fm, Serra das Araras, do Grupo Urucuia.

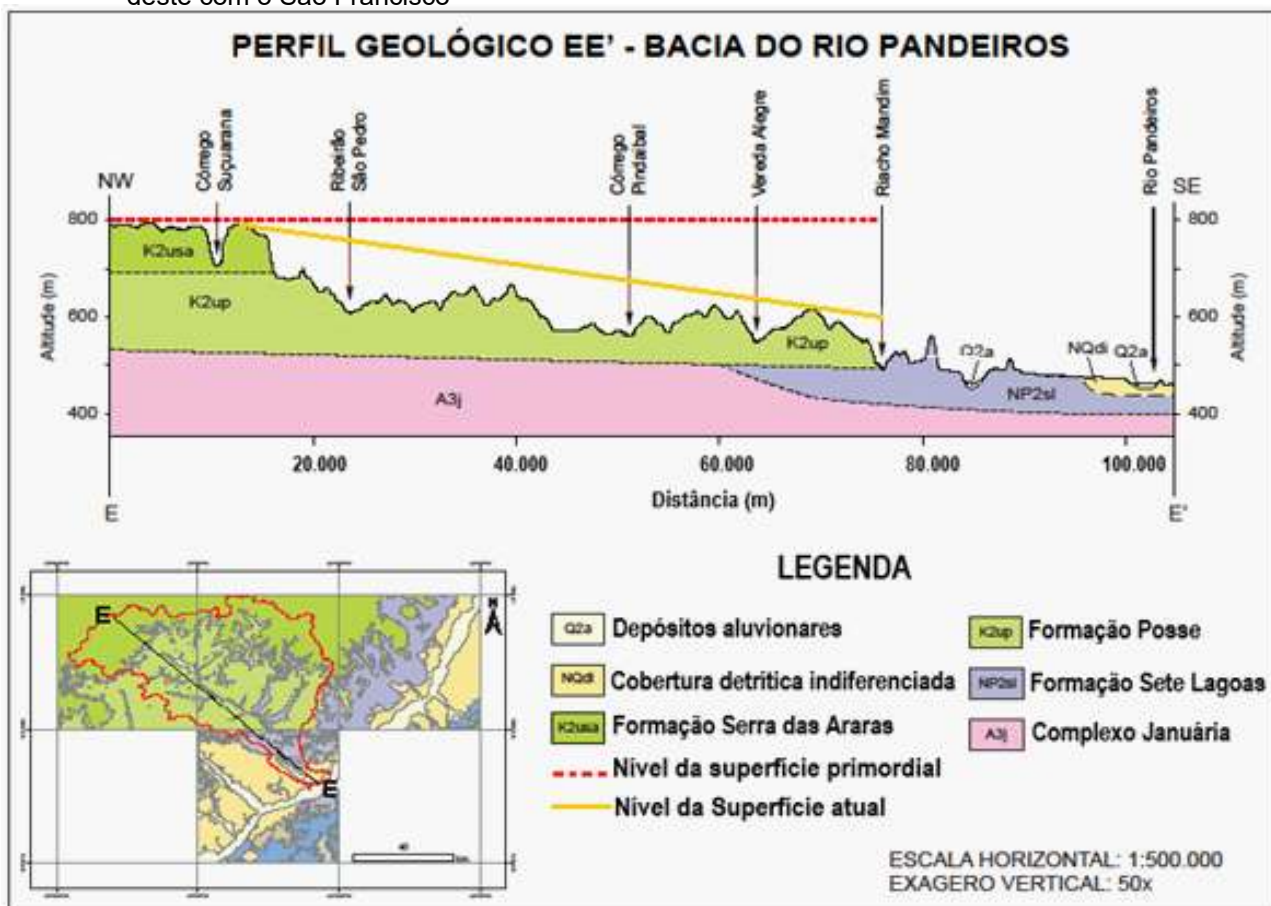
Evidências dessa antiga superfície da Chapada das Gerais ainda são encontradas na porção média da bacia (complexo da Serra

da Mescla) e mesmo no início do baixo Pandeiros margem esquerda do córrego Mandim, como identificado em campo (AUGUSTIN *et al.*, 2020). A dissecação do sistema fluvial e erosão das encostas do Pandeiros levaram à erosão e retirada dessas rochas através do transporte dos seus sedimentos. A antiga superfície era, provavelmente, mais elevada do que a linha em vermelho plotada no corte geológico da Figura 9, uma vez que, na medida em que a bacia foi sendo erodida a remontante, a porção mais elevada representada pela Chapada das Gerais, de domínio das rochas da Fm. Serra das Araras, também foi sendo rebaixada.

A linha amarela na Figura 9, exibe a inclinação atual do relevo, também do topo da chapada das Gerais até a calha do rSF. Pode-se notar a ocorrência de "ilhas" mais elevadas com relação ao nível geral e ainda o fato de que as altitudes apresentam uma queda de aproximadamente 380 m entre os maiores e os menores valores, o que atesta a eficiência do sistema de drenagem do rio Pandeiros na retirada de sedimentos e na modelagem do relevo na bacia.



Figura 9 – Perfil longitudinal EE' da bacia do rio Pandeiros, do topo da Chapada das Gerais até o encontro deste com o São Francisco



Fonte: Adaptado de CODEMIG; UFMG, 2015, Mapas Geológicos, Folhas: São Joaquim, Catolé, São Francisco.
Nota: A linha vermelha marca o provável nível da antiga superfície que se estendia pelo menos da altitude da atual Chapada das Gerais, até próximo ao encontro do rio Pandeiros com o São Francisco; a linha amarela mostra a inclinação geral atual do relevo no mesmo trecho.

Conclusões

A presente pesquisa, com base na literatura e em análises de mapas, perfis topográficos e controle de campo, evidenciou que na bacia do rio Pandeiros, tanto as rochas como o relevo, são testemunhos de uma longa história evolutiva. Ela encontra-se associada ao substrato rochoso e tem início com a formação do embasamento cristalino, entre o Arqueano e o Paleoproterozóico, representado pelo Complexo Januária, sobre

o qual as rochas carbonáticas proterozóicas do Grupo Bambuí e, depois, as sedimentares cretáceas, predominantemente siliciclásticas, do Grupo Uruçuia se formaram. Vários estudos revelam que estas últimas foram depositadas em condições climáticas desérticas (dunas na base e flúvioeólicas no topo) devido, em parte, à sua posição geográfica no interior do supercontinente Gondwana, cuja ruptura deu origem ao oceano Atlântico, levando à separação, entre outros, dos continentes da América do Sul e África.

A deposição sedimentar, no Cretáceo Superior, de rochas predominantemente areníticas com estruturas horizontalizadas a subhorizontalizadas do Grupo Urucuia, composta pelas formações Posse, da base e Serra das Araras, do topo, favoreceu o desenvolvimento de superfície aplainada. Ela apresenta predominância de drenagem paralela com direção SW-NE, sendo encontrada até hoje nos domínios da Chapada da Gerais, na porção sudeste da Chapada do Aquífero Urucuia, que se estende, em direção ao nordeste brasileiro, até o sul do Piauí.

O rio Pandeiros, no entanto, não apresenta drenagem paralela, correndo de NW-SE em direção ao rSF, seu nível de base quando se estruturou, e ao qual continua associado até os dias atuais. Foi o rSF, considerado um rio ancestral por alguns autores que apontam a existência de um proto-rSF desde o Cretáceo Superior, que capturou o Pandeiros, levando ao seu encaixamento na falha normal, extensional na porção superior do seu baixo curso, área presumivelmente ocupada, na época por rochas do Grupo Bambuí. Esse encaixamento se deu no Mioceno, ou logo após, apontado em vários trabalhos, como a época em que o São Francisco teria adquirido a estrutura fluvial próxima da atual.

A erosão a remontante do rio Pandeiros e a captura dos seus afluentes provocou o recuo das escarpas esculpidas nas rochas areníticas, para a posição que se encontram no presente, causando também o alargamento da bacia. O recuo do relevo aplainado, dominante nas fases iniciais do encaixamento da drenagem, foi resultante da erosão das rochas da Fm. Serra das Araras, deixando

para trás, apenas morros testemunhos, como a serra da Mescla. Em seu lugar desenvolveu-se um relevo predominantemente ondulado nos domínios das rochas da Fm. Posse. Nas áreas das rochas pelíticas e carbonáticas do Grupo Bambuí, o encaixamento do rSF e, posteriormente, do sistema de drenagem do Pandeiros, estão associados aos processos de dissolução química, que expôs afloramentos rochosos das rochas carbonáticas e levou ao desenvolvimento de relevo cárstico nas porções nordeste e leste da bacia.

O conhecimento básico da evolução geológico-geomorfológica da bacia, bem como o papel da drenagem neste processo, auxilia na compreensão das características físicas e na dinâmica da bacia do rio Pandeiros dos dias atuais. Elas influenciam não somente a erosão, o transporte e a deposição de sedimentos, processos que impactam a bacia como um todo, como também o tipo de uso e ocupação da terra.



Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Base Hidrográfica Unifilar**: catálogo de metadados. 2019. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/srv/search>. Acesso em : 16 out. 2022.

AUGUSTIN, C.H.R.R.; FONSECA, B.M.; OLIVEIRA, D.A. de; LIMA, A.C.P. de; ARANHA, P.R.A.; SILVA, P.D. de O.; SABINO, S.M.L.; FRANCO, G.G. **Subprojeto 1a**: Análise da dinâmica de encostas e da hidrogeomorfologia da bacia de drenagem do rio Pandeiros. Belo Horizonte: Instituto de Geociência da UFMG, 2020. 206 p. Relatório final. Projeto Sustentabilidade da bacia do rio Pandeiros - MG: dinâmica de vertentes da bacia do rio Pandeiros (APQ-03773/14). Disponível em: <https://www.igc.ufmg.br/wp-content/uploads/2022/11/RELATORIO-FINAL-Subproj.1a-GEOMORFOLOGIA.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022.

AUGUSTIN, C. H. R. R.; MAIA-RODRIGUES, B. H. Geomorphic and geologic influences in a tropical semi-humid climate ecosystem. AGU - Fall Meeting, Section: Earth and Planetary Surface Processes, 2012, San Francisco, USA. **Proceedings** [...]. San Francisco: AGU, 2012, Identifier: EP31B-0814.

BANDEIRA, J. V.; SALIM, L. H.; CHAGAS, C. J.; CARMARGOS, C. C.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; JARDIM, C. H.; ARANHA, P. R. A.; COSTA, A. M.; SÁ, L. P.; FRANÇA, G. P. Estudos hidrossedimentológicos na bacia hidrográfica do rio Pandeiros, MG, em um contexto multidisciplinar. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 13., PARTÍCULAS NAS AMÉRICAS, 1., 2018, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018. p. 1-8.

BARBOSA, I. S. **Classificação e caracterização dos ambientes de terras úmidas do Refúgio de Vida Silvestre do Rio Pandeiros, a partir do uso de imagens Ikonos**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2010.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 8 jan. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm

BETHONICO, M. B. M. Rio Pandeiros: território e história de uma área de proteção ambiental no norte de Minas Gerais. **Revista Acta Geográfica**, v.3, n. 5, p. 23-38, jan./jun. 2009

BETHONICO, M. B. M. **Área de proteção ambiental estadual do Rio Pandeiros-MG**: espaço, território e atores. 2009. 288f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, RJ, 2009b.

BETHONICO, M. B. M.; CUNHA, S. B. D. Gestão sustentável de unidades de conservação: o caso da APA estadual do Rio Pandeiros, Minas Gerais. **GEOgraphia**, v. 11, n. 22, p. 104-127, 2009.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. Origem e evolução tectônica da bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 3, p. 283-294, setembro 1997 a.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A. A estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n. 3, p. 269-282, 1997b.

CHAGAS, C. J.; MOREIRA, R. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; BANDEIRA, J. V.; CARVALHO FILHO, C. A. Reuse of a dam as sedimenttrap and water reserve. **RBRH, - Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v. 27, p. 1-11, 2022.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS (CODEMIG); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Geociências. (UFMG). **Folha Catolô: Mapas Geológicos (SD.23-Z-C-I)**. Belo Horizonte, 2015. Escala 1.100.000. Projeto Fronteiras de Minas. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 16 out. 2016.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS (CODEMIG); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Geociências. (UFMG). **Folha Januária: Mapa Geológico (SD.23-Z-C-II)**. Belo Horizonte, 2015. Escala 1.100.000. Projeto Fronteiras de Minas. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 16 out. 2016.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS (CODEMIG); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Geociências. (UFMG). **Folha São Francisco: Mapa Geológico (SD.23-Z-C-IV)**. Belo Horizonte, 2015. Escala 1.100.000. Projeto Fronteiras de Minas. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 16 out. 2016.



COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS (CODEMIG); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Geociências. (UFMG). **Folha São João da Ponte: Mapa Geológico (SD.23-Z-C-V)**. Belo Horizonte, 2015. Escala 1.100.000. Projeto Fronteiras de Minas. Disponível em: <http://www.portatgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 16 out. 2016.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS (CODEMIG); UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. Instituto de Geociências. (UFMG). **Folha São Joaquim: Mapa Geológico (SD.23-Y-D-III)**. Belo Horizonte, 2015. Escala 1.100.000. Projeto Fronteiras de Minas. Disponível em: <http://www.portatgeologia.com.br/index.php/mapa/>. Acesso em: 21 jul. 2015.

DIAS, L. C. C. **Análise da paisagem da área de proteção ambiental estadual do Rio Pandeiros, MG: subsídios para o manejo e conservação da fauna**. 2017. 86f. Dissertação (Mestrado em Conservação da Fauna) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2017.

FONSECA, D. S. R.; FIGUEIREDO, F. P.; NASCIMENTO, C. R.; MIRANDA, W. A. Uso de geotecnologias para caracterização espacial da Bacia Hidrográfica do Pandeiros-MG, como subsídio para estudos de impacto ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba, PR. **Anais [...]**, Curitiba: SBSR-INPE, 2011a, p. 5694.

FONSECA, D. S. R.; NASCIMENTO, C. R.; MIRANDA, W. A.; FIGUEIREDO, F. P. Diagnóstico do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Pandeiros-MG, como subsídio para estudos de impacto ambiental. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. Barra do Garças-MT, v. 1, n. 1, p. 1-20 jan./julho. 2011b.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **2º Plano de desenvolvimento Integrado do noroeste mineiro: recursos naturais**. Belo Horizonte: CETEC, 1981. (Série de Publicações Técnicas, 2).

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC 1983. 158 p. (Série de Publicações Técnicas, 10)

GOOGLE EARTH PRO. **Imagem**; website. 2017 a 2022. Disponível em: <http://earth.google.com>.

GREGORY, K. J.; WALLING, D. E. **Drainage basin, form and processes**. London: Edward Arnold Ltda. 1983.

HAY, W. W.; FLOEGE, S. New thoughts about the cretaceous climate and oceans. **Earth-Science Reviews**, v. 115, p. 462-472, 2012.

IGLESIAS, M. M. **Estratigrafia e tectônica do Grupo Bambuí no norte do estado de Minas Gerais**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2007.

IGLESIAS, M. M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do Rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 2, p. 256-266, junho, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa topográfico da Folha: Catolé - SD.23-Z-C-I**. [Rio de Janeiro, RJ]: IBGE, 1970. Escala 1: 100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa topográfico da Folha: Januária - SD.23-Z-C-II (MI-2178)**. 2. ed. [Rio de Janeiro, RJ]: IBGE, 1980. Escala 1: 100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa topográfico das Folhas: São Joaquim - SD.23-Y-D-II**. [Rio de Janeiro, RJ]: IBGE, 1972a. Escala 1: 100.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa topográfico da Folha São Francisco - SD.23-Z-C-IV**. [Rio de Janeiro, RJ]: IBGE, 1972b. Escala 1: 100.000.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P. Variações dos totais de chuvas e temperatura do ar na bacia do Rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais-Brasil: articulação com fatores de diferentes níveis escalares em área de transição climática de Cerrado para Semiárido. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, Ed. Esp. p. 172-189, nov, 2018.

KARNER, G. D.; DRISCOLL, N. W. Tectonic and stratigraphic development of the West African and eastern Brazilian Margins: insights from quantitative basin modelling. **Geological Society Special Publications**, London, v. 153, n. 1, p. 11-40, jan. 1999.

KIANG, C. H.; SILVA, F. P.; SILVA, F. P. Contribuição ao arcabouço geológico do Sistema Aquífero Urucuia. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 34, n. 4, p. 872-882, 2015.

LIMA, A. C. P. **Análise da distribuição espacial de voçorocas em domínio de rochas siliciclásticas: bacia do Rio Pandeiros-MG**. 2019. 91f. Dissertação



- (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2019.
- LIMA, A. C. P.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; OLIVEIRA, D. A. Distribuição espacial de voçorocas e sua relação com o relevo em escala de bacia para fins de amostragem: Rio Pandeiros-MG. *In*: PINHEIRO, L. S.; GORAYEB, A. (Org.) **O Livro geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza: Ed. UFC, p. 2019. 512-524,
- LIMA, M. R. Paleoclimatic reconstruction of the Brazilian Cretaceous based on palynological data. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, n. 4, 1983.
- LOMBANA, L.; MARTÍNEZ-GRAÑA, A.; CRIADO, M.; PALACIOS, C. Hydrogeomorphology as a tool in the evolutionary analysis of the dynamic landscape-application to lar rodrigo, Salamanca, Spain. **Land**, v.10, p. 1407, 2021.
- LOPES, S. S.; MAGRI, R. A. F. Uso do geoprocessamento no levantamento de feições erosivas e na produção da base cartográfica digital da bacia hidrográfica do Rio Pandeiros – MG. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 12, 2015, Poços de Caldas, MG. **Anais [...]**. Poços de Caldas: Instituto Federal do Sul de Minas, Campus Muzambinho, 2015. v. 7, n. 1, p. 1-9.
- LOPES, S. S.; MAGRI, R. A. F.; COLLARES, E. G. Inventário de feições erosivas e elaboração da base cartográfica digital da bacia hidrográfica do Rio Pandeiros - MG. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 9., 2015. Cuiabá. **Anais [...]** Cuiabá: SBCGG, v. 1, p. 1-10, 2015.
- MAIA-RODRIGUES, B. H. **Análise da dinâmica de evolução do relevo e da compartimentação geomorfológicas no contexto das bacias hidrográficas da margem esquerda do Rio São Francisco - norte de Minas Gerais**. 2012. 107f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2012.
- MATOS, R. M. D. History of the northeast Brazilian rift system: kinematic implications for the breakup between Brazil and West Africa. The Oil and Gas Habitats of South Atlantic. **Geological Society Special Publications**, London, v. 153, p. 55-73, 1999.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **Mosaico GeoCover 2000**. Disponível em: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- NEUBAUER, F. Gondwana-Land goes Europe. **Austrian Journal of Earth Sciences**, v. 107, n. 1, p. 147-155, 2014.
- NEVES, W. V. **Avaliação da vazão em bacias hidrográficas com veredas, em diferentes estádios de conservação, na APA do Rio Pandeiros – MG**. 2011. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Instituto de Ciências Agrárias (ICA), Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, MG, 2011.
- NOE, G. B. Interactions among Hydrogeomorphology, vegetation, and nutrient biogeochemistry in Floodplain Ecosystems. *In*: - SHRODER, J. F.; BUTLER, D. R.; HUPP, C.R. (Eds.) **Treatise on Geomorphology**, San Diego: Academic Press, p. 307-321, 2013. (Ecogeomorphology, 12)
- NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P., NEVES, W. V.; VELOSO, M. D. M.; SOUZA, R. A. FERNANDES; G. W. Pandeiros: o pantanal mineiro. Belo Horizonte, **MG-Biota**, v. 2, n. 2, p. 4-17. 2009.
- OLIVEIRA, D. A.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; FONSECA, B. M. Proposta de mapeamento e delimitação dos domínios geomorfológicos da bacia hidrográfica do Rio Pandeiros-MG. *In*: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.) **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017. p. 6253–6262.
- OLIVEIRA, D. A.; AUGUSTIN, C. H. R. R.; LIMA, A. C. P. Proposta preliminar de unidades hidro geomorfológicas para o Pantanal do Rio Pandeiros – MG. *In*: PINHEIRO, L. de S.; ADRYANE GORAYEB (Ed.) **O livro geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2019. p. 490-502.
- OLIVEIRA, D. A. **“Wetland” como unidade hidrogeomorfológica no contexto de transição entre o cerrado e o semiárido mineiro: análise da dinâmica do Pantanal da bacia de drenagem do Rio Pandeiros – MG**. 2021. 418f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2021.
- OLIVEIRA, F. M. **Relações solo-vegetação em áreas desenvolvidas sobre o arenito Uruçuia na APA do Rio Pandeiros**. 2013. 65f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.
- PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F.; DA SILVA, D.; RAMOS, M. Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. **Revista Brasi-**

leira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 11, n. 6, p. 615–622, 2007.

POOLE, G. C. Stream hydrogeomorphology as a physical science basis for advances in stream ecology. **J. N. Am. Benthol. Soc.**, v. 29, n. 1, p. 12–25, 2010.

POTTER, P. E. The Mesozoic and Tertiary paleodrainage of South America: A natural history. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 10, p. 331-344, 1997.

POTTER, P. E.; HAMBLIN, W. K. **Big Rivers Worldwide: Part 1 - Origins**. Brigham: Young University Geology Studies, v. 48, 2006. 79p.

REZENDE, C. R. **Evidências de arco magmático paleoproterozóico na região do alto de Januária – Norte de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em geologia) – 2017. 77f. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2017.

RIBEIRO, A. C.; RICCOMINI, C.; LEITE, J. A. D. Origin of the largest south transcontinental water divide. **Nature Scientific Report.**, v. 8, n.17144, nov. 2018.

SAWYER, K.E. **Landscape Studies: an introduction to geomorphology**. 2. ed. London: Edward Arnolds. 1975.

SCHEIDEGGER, A. E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, v. 20, p. 193-215, 1973.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Mapa Estadual de Geodiversidade de Minas Gerais**, 2010. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14704>

SCOLFORO, J.R.; CARVALHO, L.M.T. **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 288p.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM); UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Hidrogeologia da bacia sedimentar do Urucuia**: bacias hidrográficas dos rios Arrojado e Formoso: Meta B- Caracterização Geológica e Geométrica dos Aquíferos - Revisão Geológica e Levantamento Geofísico. 2007. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro.

SIDLE, R. C.; ONDA, Y. Hydrogeomorphology: overview of an emerging science. **Hydrol. Process.**, v. 18, p. 597–602, 2004.

SILVA, P. D. O. **Utilização do isótopo Be como método de investigação da erosão em escala de ver-**

tente. 2020. 89f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2020.

SPIGOLON, A. L. D.; ALVARENGA, C. J. S. Fácies e elementos arquiteturais resultantes de mudanças climáticas em um ambiente desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 4, p. 579-586, dez. 2002.

TAYLOR, G.; EGGLETON, R. A. **Regolith geology and geomorphology**. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Wiley & Sons Ltd. 2001. 375 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (MG). **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, MG, 2010.

VERAS, J. D. D.; NEUMANN, V. H. M. L.; VALENÇA, L. M. M.; MADRUGA, M. M. D.; OLIVEIRA, S. R. Mapeamento geológico da porção sudoeste da Folha Airi, Bacia de Jatobá, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 27, n. 1, p. 34-60, 2017.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do Projeto APQ-03773-14 - Sustentabilidade da bacia do Rio Pandeiros-MG: Dinâmica de vertentes da bacia do Rio Pandeiros; ao IGC-UFMG e ao CDTN, pelo apoio de infraestrutura; ao Dr. Jefferson Vianna Bandeira, do CDTN, pela leitura e sugestões ao texto; ao bolsista de IC do curso de graduação de Geologia, Gilberto Mendes da Cunha Júnior, pelo auxílio na elaboração das figuras e mapas do artigo; ao Dr. Cláudio Chagas, do CDTN, pelo auxílio com a geração do mapa geológico no SIG.

