

ANOMALIAS DE DRENAGEM NA ZONA DE CONTATO ENTRE O QUADRILÁTERO FERRÍFERO E O CRÁTON DO SÃO FRANCISCO

Poli Yamashiro, P. (IGC - UFMG) ; Paula Campos, G. (IGC - UFMG) ; Pereira Magalhães Junior, A. (IGC - UFMG) ; Fernando de Paula Barros, L. (IGC - UFMG)

RESUMO

Este trabalho busca avançar no entendimento da geometria atual da rede de drenagem das bacias dos rios Pará e Paraopeba em relação às condições geológicas na zona de contato entre o Quadrilátero Ferrífero (QF) e do Cráton São Francisco (CSF). Para tanto, foi feito um mapeamento de anomalias por meio da análise da morfologia da rede de drenagem em imagens de satélite, modelos digitais de elevação e sua associação com dados geológicos. Apesar de ter uma área apenas cerca 10% maior que a bacia do Rio Pará, a bacia do Rio Paraopeba apresenta um número muito superior de anomalias na geometria da rede de drenagem e em perfis longitudinais. Assim, no geral, os resultados denotam um controle litoestrutural significativo da rede de drenagem atual, sobretudo nas zonas mais próximas do QF, borda do CSF, reforçando, também, a possibilidade de uma dinâmica tectônica mais acentuada na bacia do Rio Paraopeba no Cenozoico.

PALAVRAS CHAVES

Bacia do Rio Pará; Bacia do Rio Paraopeba; Anomalias de Drenagem; ;

ABSTRACT

This paper aims to advance on the understanding of the actual geometry drainage of the Pará and Paraopeba catchments in relation to the geologic conditions in the contact zone of Quadrilátero Ferrífero (QF) and Cráton São Francisco (CSF). For this, was conducted mapping of anomalies by drainage morphologic analysis in satellite images, and digital elevation models and their relation with geological data. Despite having an area only about 10% larger than the Pará River catchment, the Paraopeba River catchment has a much higher number of anomalies in the geometry of the drainage network and in longitudinal profiles. Thus, in general, the results denote a significant lithostructural control of the current drainage network, especially in the zones closest to the QF, edge of the CSF, also reinforcing the possibility of a more accentuated tectonic dynamics in the Paraopeba River catchment during the Cenozoic.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho busca identificar e analisar anomalias de drenagem que indiquem controle geológico (ativo e/ou passivo) na evolução da rede hidrográfica das bacias dos rios Pará e Paraopeba. Vários trabalhos geomorfológicos vêm sendo realizados nas referidas bacias (MARQUES, 1997; MOREIRA, 1997; BARROS; MAGALHÃES JR., 2018; CARVALHO et al., 2020; OLIVEIRA, 2019), mas as influências litoestruturais na configuração da rede de drenagem ainda carecem de maior investigação. Anomalias de drenagem se configuram como desvios localizados da drenagem regional, tendo como influência a estrutura regional ou a topografia (HOWARD, 1967; SCHUMM, 1986). Portanto, neste trabalho, considera-se como anomalias de drenagem quaisquer configurações de segmentos fluviais que envolvam mudanças bruscas de direção, retilinearidade acentuada, meandramento acentuado e localizado, o que vai ao encontro dos critérios mais adotados para identificação de anomalias (FORTES et al., 2007; BARBOSA et al., 2013; REZENDE et al., 2018; PAIXÃO et al., 2019). Também foi aplicado o parâmetro da Relação Declividade-Extensão (RDE), possibilitando a identificação de anomalias em perfis fluviais longitudinais. As bacias dos rios Pará e Paraopeba drenam a zona de contato entre os compartimentos interiores do Quadrilátero Ferrífero (QF) e do Cráton São Francisco (CSF). As porções superiores da bacia do Paraopeba estão inseridas no QF e apresentam diversas evidências de controles litoestrutural e tectônico na drenagem associados à matriz estrutural herdada do Ciclo Brasileiro (BARROS; MAGALHÃES, 2018; MAGALHÃES; SAADI, 1994). Por sua vez, o restante de ambas as bacias se desenvolve no CSF, em

grande parte caracterizado por estabilidade tectônica pós- arqueana (SAADI, 1991). Sendo assim, a região de transição entre os domínios foi marcada por uma dinâmica tectônica particular, sob influência das faixas móveis brasileiras. A concepção do trabalho parte da ideia de que as zonas de contato entre os diferentes compartimentos geomorfológicos interiores do Brasil Oriental são estratégicas para os avanços dos conhecimentos sobre as respostas da rede de drenagem à dinâmica geológica e de seu papel na configuração do relevo regional. Os rios Pará e Paraopeba são importantes contribuintes da margem direita do alto Rio São Francisco. O rio Paraopeba percorre ~550 km até sua foz na represa de Três Marias e possui ~13.600 km² de área. Por sua vez, a bacia do rio Pará possui área de ~12.200 km² e o canal principal percorre ~310 km. Enquanto a bacia do rio Paraopeba apresenta formato estreito e alongado, próximo ao retangular (SCHVARTZMAN et al., 2002), a bacia do rio Pará possui formato mais arredondado. O padrão de drenagem é predominantemente dendrítico em ambas as bacias e a orientação predominante dos rios principais é SSE-NNW (OLIVEIRA, 2019). Nas porções superiores das bacias ocorrem rochas arqueanas do embasamento cristalino (CARNEIRO, 1992; NOCE et al., 1997; INACHVILI, 2014). Essas áreas são marcadas por colinas convexas e cristas alongadas, vales abertos e geralmente atulhados de sedimentos (TULLER et al., 2010). Na porção oeste do QF predominam rochas dos supergrupos Rio das Velhas e Minas, sustentando relevos serranos e escarpados. A maior resistência à desnudação das porções serranas do QF provém dos quartzitos e formações ferríferas bandadas, cujas taxas de desnudação são inferiores às do embasamento (SALGADO et al., 2004; VARAJÃO et al., 2009). Na porção inferior das bacias, sobretudo na do rio Paraopeba, predominam unidades do Grupo Bambuí: formações Serra da Saudade, Lagoa do Jacaré, Serra de Santa Helena, Sete Lagoas e Carrancas (OLIVEIRA, 1999; PERILLO, 1998; ROMANO, 2007). Enquanto nas áreas de ocorrência da Formação Sete Lagoas ocorre relevo cárstico bordejado por morros e serras, nas da Formação Serra de Santa Helena ocorrem elevações suavizadas com coberturas detrito-lateríticas derivadas do intemperismo dos pelitos (TULLER et al., 2010).

MATERIAL E MÉTODOS

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada por meio do produto Bacias Hidrográficas do Brasil (BHB250), em escala 1:250.000, no formato vetorial, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A hidrografia em escala 1:50.000 foi obtida em formato vetorial no portal Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA) do Governo do Estado de Minas Gerais, enquanto a geologia foi obtida em formato vetorial no Portal da Geologia em escala 1:1.000.000. Também foi utilizado o Modelo digital de elevação (MDE) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 metros, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no portal TopoData . Os dados foram importados para os softwares QGIS e/ou ArcGis. A Relação Declividade-Extensão (RDE) foi aplicada no trabalho a partir do Plugin de análise morfométrica da rede de drenagem “Knickpoint Finder” (QUEIROZ et al., 2015) no software ArcGis, com base nos modelos digitais SRTM. Os parâmetros utilizados foram: equidistância de 10 m e escala de análise de 1:150.000. Foram necessárias aproximadamente 300 horas de processamento para cada bacia. A ferramenta possibilita a identificação de anomalias (knickpoints, ou rupturas de declive) em perfis fluviais longitudinais baseada nos métodos de Hack (1957; 1973) e Etchebehere (2004), conforme as seguintes equações: Equação 1 - $RDE_{total} = \Delta H / \ln L$; Equação 2 - $RDE_{trecho} = (\Delta H / \Delta l) * L$. ΔH é a diferença altimétrica entre os pontos extremos do segmento analisado, L é a extensão total do curso d'água, Δl é do trecho analisado e $\ln L$ é o logaritmo natural. A caracterização de anomalias se dá pela relação entre $RDE_{trecho} / RDE_{total}$, sendo que trechos com valores até 2 são considerados não anômalos, valores entre 2 e 10 indicam anomalias de 2ª ordem e valores acima de 10 representam anomalias de 1ª ordem (SEEBER; GORNITZ, 1983). O levantamento de anomalias se deu a partir da análise da rede hidrográfica vetorial obtida no IDE-SISEMA em imagens de satélite, considerando-se somente cursos d'água a partir de 4ª ordem, conforme a hierarquia fluvial no modelo de Strahler (1952). Este recorte se mostrou necessário, tendo em vista a amplitude da área em estudo e sua grande densidade de drenagem, bem como a busca por correlações com fatos e condicionantes tectônicos e estruturais de significância regional. Assim, definiu-se a escala de 1:100.000 para realizar a análise visual, registrando-se em ambiente SIG cada anomalia identificada. Foram consideradas como anomalias os cotovelos de drenagem, que marcam forte mudança de direção de

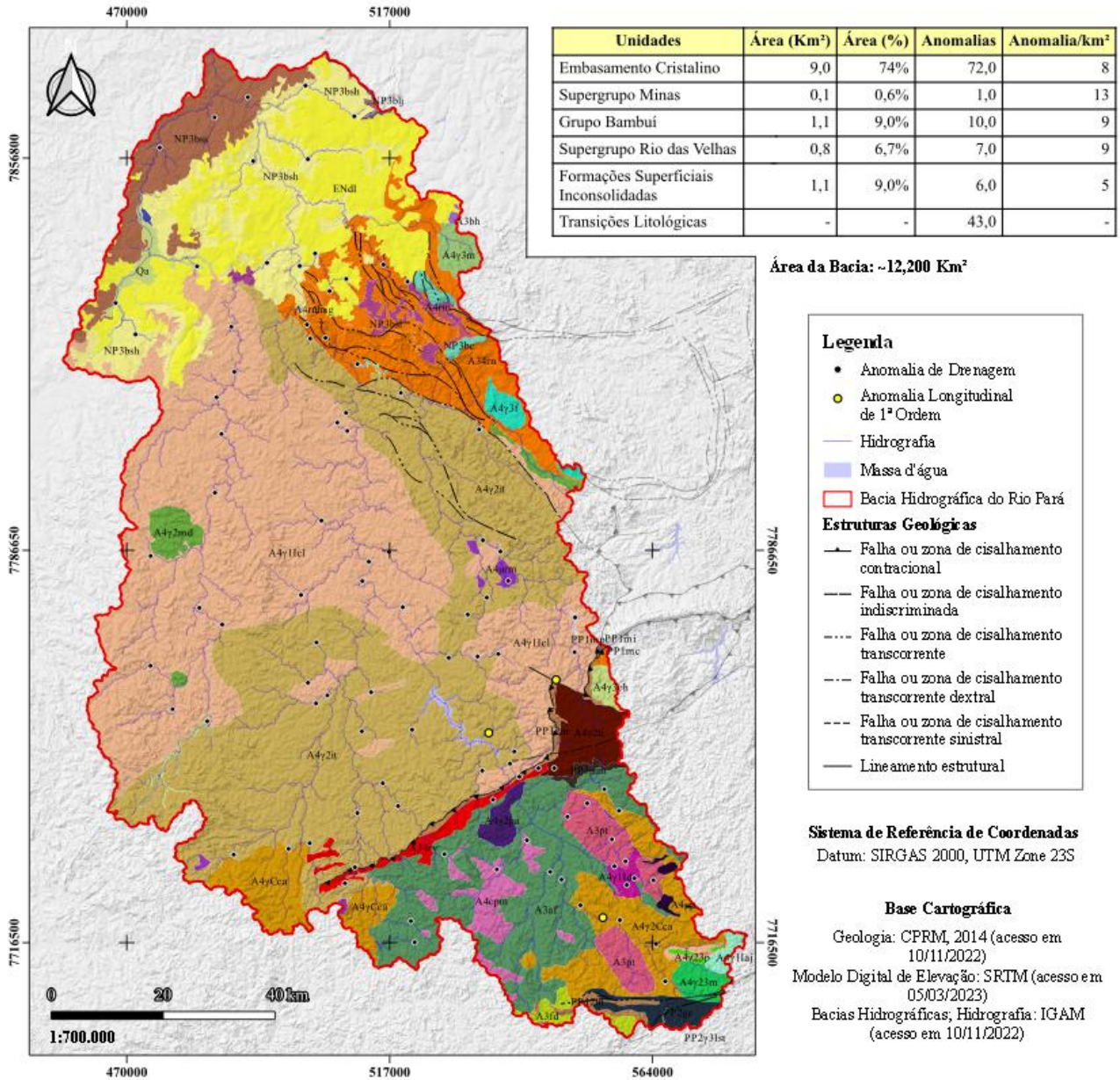
cursos d'água, segmentos com forte tendência à retilinearidade, bem como trechos confinados de destacada sinuosidade. Para interpretação do significado das anomalias, estas foram analisadas em conjunto com as informações geológicas disponíveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo, foram mapeadas 241 anomalias de drenagem, sendo 96 na bacia do Rio Pará e 145 na do Rio Paraopeba. Em ambas as bacias, as anomalias ocorrem, em sua maioria, em terrenos do Embasamento Cristalino, sendo que cerca da metade do total coincide com contatos entre unidades litológicas. Na bacia do rio Pará, ~45% das anomalias foram identificadas em áreas de contato e/ou transição litológica (Figura 1). Apesar de ~75% das anomalias ocorrerem no Embasamento cristalino e cerca de 10% no Grupo Bambuí, em função da diferença de área entre essas unidades, há concentração um pouco maior na segunda (~9/km²) em relação à primeira (~8/km²). Ocorrências menores foram identificadas em outras unidades, como o Grupo Nova Lima (~5%) e Formações Superficiais Inconsolidadas (~6%). No geral, foi identificada uma maior ocorrência de cotovelos drenagem, com mudanças padronizadas de direção influenciadas por estruturas geológicas e mudanças sem padrão direcional, associadas a mudanças litológicas. Curvaturas anômalas, trechos com meandramento encaixado e meandros comprimidos têm menor ocorrência e trechos muito retilíneos não foram identificados. As anomalias ocorrem com maior frequência na porção média-alta da bacia, e grande parte dos cursos d'água que drenam essa porção apresentam cotovelos de drenagem e curvaturas anômalas. Duas zonas de cisalhamento, uma contracional e uma indiscriminada, com lineamentos NE-SW ocorrem nessa área, condicionando a direção dos segmentos fluviais mais próximos. Assim, há uma predominância de mudanças de direção NW e N para NE, seguindo o lineamento das estruturas. Os afluentes mais próximos são perpendiculares ao curso d'água principal, seguindo também esse padrão. Ainda na porção alta, à montante dessa estrutura, a litologia se apresenta mais diversa e complexa, sendo assim, o restante das anomalias apresentou mudanças bruscas sem um padrão de direção definido. Nas porções média-baixa da bacia, na margem direita e nos interflúvios a leste, compartilhados com a bacia do rio Paraopeba, destacam-se zonas de cisalhamento transcorrente de lineamento NW-SE. A drenagem nessa parte segue a mesma direção das estruturas e há uma predominância de trechos com padrão meandrante encaixado e curvaturas anômalas, ligeiramente concentradas na margem direita de suas planícies de inundação, nos sopés de encostas bastante íngremes. No restante da porção média, a drenagem sobre os Gnaisses Cláudio e Itapecerica apresenta cotovelos de drenagem e algumas curvaturas anômalas, mas sem um padrão direcional definido. Na porção baixa da bacia, as rochas pelíticas do Grupo Bambuí presentes são compostas basicamente por argilitos e siltitos, com menor resistência em relação às rochas do embasamento. Isso tende a favorecer uma maior facilidade de atuação dos processos de erosão fluvial e menor grau de controle estrutural e aprisionamento das calhas pelo substrato. Assim, a drenagem apresenta maior ocorrência de trechos meandantes e meandros comprimidos, com alguns cotovelos de drenagem e curvaturas anômalas isoladas associadas às transições entre os grupos Bambuí (Supergrupo São Francisco), Nova Lima (Supergrupo Rio das Velhas) e dos Gnaisses Cláudio e Itapecerica. Em relação à bacia do rio Paraopeba, cerca de ~50% das anomalias ocorrem em áreas de contato litológico (Figura 2). A maioria das ocorrências é de cotovelos de drenagem. Curvaturas anômalas e meandros comprimidos também têm certa relevância. Somente um trecho acentuadamente retilíneo foi identificado, na porção alta da bacia, porém sem relação com estruturas mapeadas. Aproximadamente 55% das anomalias ocorrem no Embasamento cristalino (~12/km²), na porção média- alta. O restante das anomalias se distribui entre as demais unidades em um relevo suavizado de colinas na porção baixa da bacia, destacando-se as ocorrências em rochas pelíticas do Grupo Bambuí (20%, sendo ~9/km²) e em Formações superficiais inconsolidadas (17%). A bacia do rio Paraopeba, em sua totalidade, apresenta maior heterogeneidade e complexidade litológica e estrutural que a bacia do rio Pará. As estruturas geológicas que cortam a bacia em sua parte alta, na borda oeste do QF, seguem os lineamentos NNE-WSW, N-S e NW-SE, estando relacionadas a zonas de cisalhamento transcorrente e contracional. Os lineamentos que cortam a bacia transversalmente nessa porção compreendem as duas grandes gargantas epigênicas da bacia. No Fecho de Jeceaba, os afluentes próximos seguem um padrão meandrante encaixado, na mesma direção dos lineamentos estruturais. À montante, as anomalias evidenciam relações com a diversidade litológica entre o Embasamento e o Supergrupo Minas.

Destaca-se uma maior ocorrência de cotovelos de drenagem e curvaturas anômalas, porém sem padrão direcional definido. Entre as duas gargantas, na margem esquerda, predominam cotovelos de drenagem relacionadas a mudanças litológicas. No segmento principal e na margem direita, predominam meandros comprimidos e trechos meandantes confinados. Vale ressaltar que a parte alta compreende as porções serranas com maiores altitudes e declividades da área de estudo. Visto que aproximadamente 45% das anomalias identificadas se encontram a montante do Fecho do Funil (ou seja, em cerca de um terço da bacia), pode-se dizer que, conforme a bacia se afasta do limite do CSF, ela é menos afetada pelas estruturas herdadas da importante atividade tectônica experimentada por suas bordas no Ciclo Brasileiro. Na porção média da bacia, predominam zonas de cisalhamento transcorrente, com lineamentos NW-SE que cortam os interflúvios a oeste, lineamentos N-S que cortam a borda leste e lineamentos WSW-ENE que cortam a bacia transversalmente. Na borda leste, os cotovelos têm um padrão de mudanças de direção de NW para SW. Na borda oeste, as mudanças bruscas apresentam maior relação com os contatos litológicos entre depósitos aluviais, o Complexo Belo Horizonte e o Granitóide Florestal, porém com algumas ocorrências estão associadas a falhas W-E. Neste caso, as mudanças de alguns afluentes são de direção N e NE para E. Na porção baixa, assim como na bacia adjacente, os segmentos fluviais que drenam rochas mais frágeis apresentam poucos cotovelos de drenagem e ocorre uma predominância de meandros comprimidos, trechos meandantes confinados e algumas curvaturas anômalas associadas às mudanças litológicas entre Coberturas Superficiais Indiferenciadas e as formações Serra da Saudade e Serra de Santa Helena. Em relação às anomalias em perfis longitudinais, não foram identificadas muitas rupturas de declive muito acentuadas. As anomalias se enquadram majoritariamente como de 2ª ordem, tendo a bacia do rio Pará apresentando 8.866 pontos anômalos e a bacia do rio Paraopeba 11.128 pontos. Contudo, na porção superior da bacia do rio Pará foram localizados três segmentos que se enquadram como anomalias de 1º ordem (Figura 2), sendo dois no Embasamento cristalino e um em área de contato entre o Gnaisse Cláudio e o Supergrupo Minas (indiviso), coincidindo com uma falha de empurrão. A bacia do rio Paraopeba também apresenta duas anomalias de 1ª ordem (Figura 3). Uma localizada no sopé da vertente sul da Serra do Rola Moça, em uma área de transição entre três unidades geológicas (Gnaisse Souza Noschese, Grupo Caraça e Grupo Itabira) e coincidente com uma falha de empurrão. A outra se encontra na porção média da bacia, a jusante e próxima das estruturas transcorrentes que cortam a bacia transversalmente, tendo como substrato rochoso o Granitóide Maravilhas-Cachoeira da Prata. Em geral, anomalias de 2ª ordem estão associadas as mudanças litológicas, lineamentos estruturais e confluência fluviais, enquanto as de 1ª ordem se relacionam a diferenças de resistência litológica, controle estrutural e possível atividade tectônica (ETCHEBEHERE, 2006; FUJITA et al., 2011).

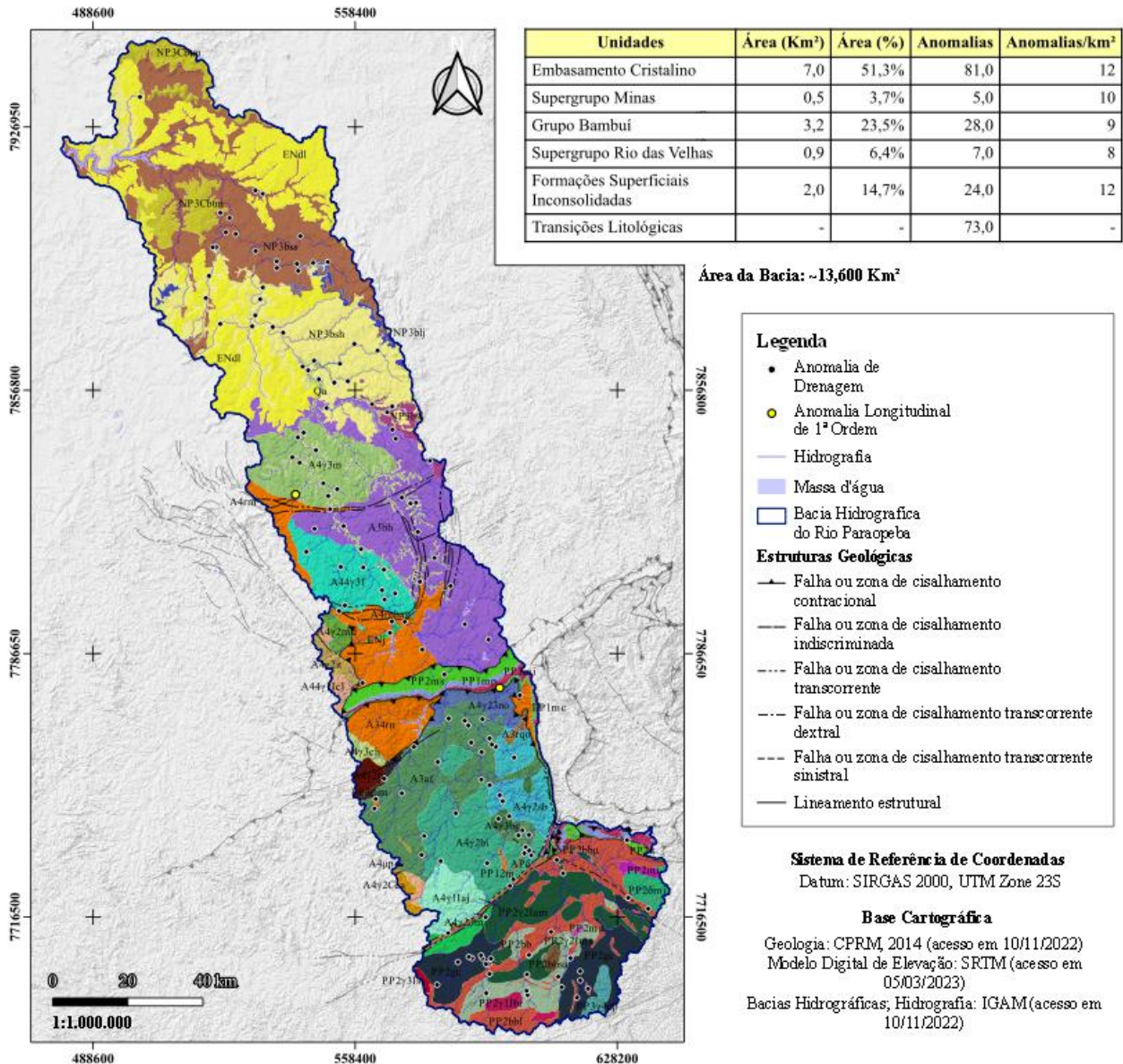
Figura 1



Geologia			
Cenozóico			
Endl	Cobertura Superficial indiferenciada	PP1mp	Grupo Piracicaba
Qa	Depósito aluvial	Arqueano	
Proterozóico			
Supergrupo São Francisco			
<i>Grupo Bambuí</i>			
NE3bc	Fomação Carrancas	A34w	Indiviso
NE3bl	Fomação Lagoa do Jacaré	A4m	Grupo Maquiné
NE3bsc	Fomação Serra da Saudade	A34rn	Grupo Nova Lima
NE3bsh	Fomação Serra de Santa Helena	A4mlag	Grupo Nova Lima (agalmatolito)
NE3bsl	Fomação Sete Lagoas	Embasamento Cristalino	
<i>Grupo Minas</i>			
PP12m	Indiviso	PP2bbl	Fomação Lafaiete
PP1mc	Grupo Caraça	A4cpm	Acamadado Carmópolis de Minas
PP1mi	Grupo Itabira	A34h	Belo Horizonte
		A3pt	Pirace ma-Passa Tempo
		<i>Gnaisses</i>	
		A34f	Alberto Flores
		PP2gc	Caatinga-Lamim
		A4y20ca	Candeias
		A4y1kl	Cláudio
		A34d	Fernão Dias
		A4y2it	Itapecerica
		<i>Granitos</i>	
		A4y1lj	Alto Jacaranda
		A4y23m	Mirandas
		<i>Granitóides</i>	
		A4y2f	Florestal
		A4y3m	Maravilhas - Cachoeira da Prata
		<i>Suíte</i>	
		A4yp	Córrego Perobas
		PP21im	Itaguara Rio-Manso
		A4y2md	Mato Dentro
		A44rn	Ribeirão dos Motas
		<i>Orto gnaisses</i>	
		A4y3ch	Cachoeira dos Chaves
		A4y1ld	Desterro
		A4y2pa	Palmital

Mapa Geológico e Anomalias de Drenagem (bacia do Rio Pará). Contém também tabela com dados quantitativos.

Figura 2



Legenda

- Anomalia de Drenagem
- Anomalia Longitudinal de 1ª Ordem
- Hidrografia
- Massa d'água
- Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba

Estruturas Geológicas

- Falha ou zona de cisalhamento contracional
- Falha ou zona de cisalhamento indiscriminada
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente dextral
- Falha ou zona de cisalhamento transcorrente sinistral
- Lineamento estrutural

Sistema de Referência de Coordenadas
Datum: SIRGAS 2000, UTM Zone 23S

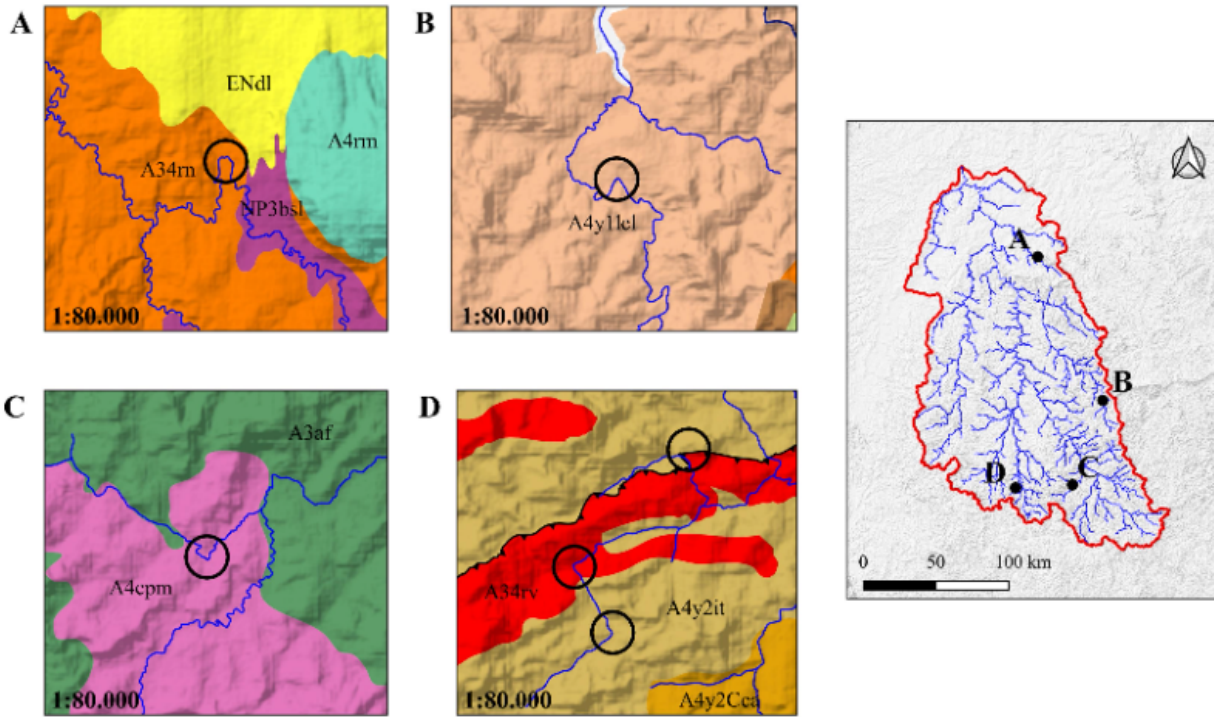
Base Cartográfica
Geologia: CPRM, 2014 (acesso em 10/11/2022)
Modelo Digital de Elevação: SRTM (acesso em 05/03/2023)
Bacias Hidrográficas; Hidrografia: IGAM (acesso em 10/11/2022)

Geologia				
Cenozóico				
ENdl	Cobertura Superficial indiferenciada	PP2m.i	Monsenhor Isidro indiviso	
Qa	Depósito aluvial	PP2m.i	Monsenhor Isidro, litofácies metamáfica	
ENj	Formação Juatuba	Gnaisses		
Proterozóico				
Supergrupo São Francisco				
Grupo Bambuí				
NE2bc	Formação Carrancas	A4y2ba	Souza Neschese	
NE2blj	Formação Lagoa do Jacaré	A3af	Alberto Flores	
NE2bs	Formação Serra da Saudade	PP2gr	Caatinga-Lamim	
NE2ba	Formação Serra de Santa Helena	A4y2ca	Candeias	
NE2ba	Formação Sete Lagoas	A4y2cl	Cláudio	
NE2cvm	Formação Três Marias	A3fd	Fernão Dias	
Supergrupo Minas				
PP1mc	Grupo Carajá	A4y2it	Itapeçerica	
PP1ma	Grupo Itabira	Granitos		
PP1mp	Grupo Piracicaba	A4y1aj	Alto Jacaranda	
PP2ms	Grupo Sabará	A4y23m	Mirandas	
Arqueano				
Supergrupo Rio das Velhas				
A4m	Grupo Maquiné	A4y2bg	Barra do Gentio	
A34m	Grupo Nova Lima	A4y2bi	Bituri	
A4mtag	Grupo Nova Lima (agalmatolito)	PP21da	Bom Retiro	
A3rqp	Grupo Quebra Osso	PP234cp	Cupim	
Embasamento Cristalino				
AP6	Anfibolito	Granitóides		
PP21ma	Quartzo-diorito Maracujá	A4y2f	Florestal	
Grupo Barbacena				
PP2bb1	Formação Lafaiete	A4y2m	Maravilhas - Cachoeira da Prata	
PP2bb	Indiviso	Suíte		
PP2bba	Formação Santo Amaro	A44up	Córrego Perobas	
PP2bbu	Litofácies máfica-ultramáfica	PP21m	Itaguara Rio-Manso	
Complexos				
A4cpm	Acamadado Carmópolis de Minas	A4y2md	Mato Dentro	
A3bh	Belo Horizonte	A44rm	Ribeirão dos Motas	
A3pt	Piracema-Passa Tempo	PP211m	Suíte Alto Maranhão	
PP2ma	Mantiqueira	A4y2sb	Suíte Samambaia - Bom Sucesso	
Ortognaisses				
A4y2ch				Cachoeira dos Chaves
A4y1ld				Desterro
A4y2pa				Palmital

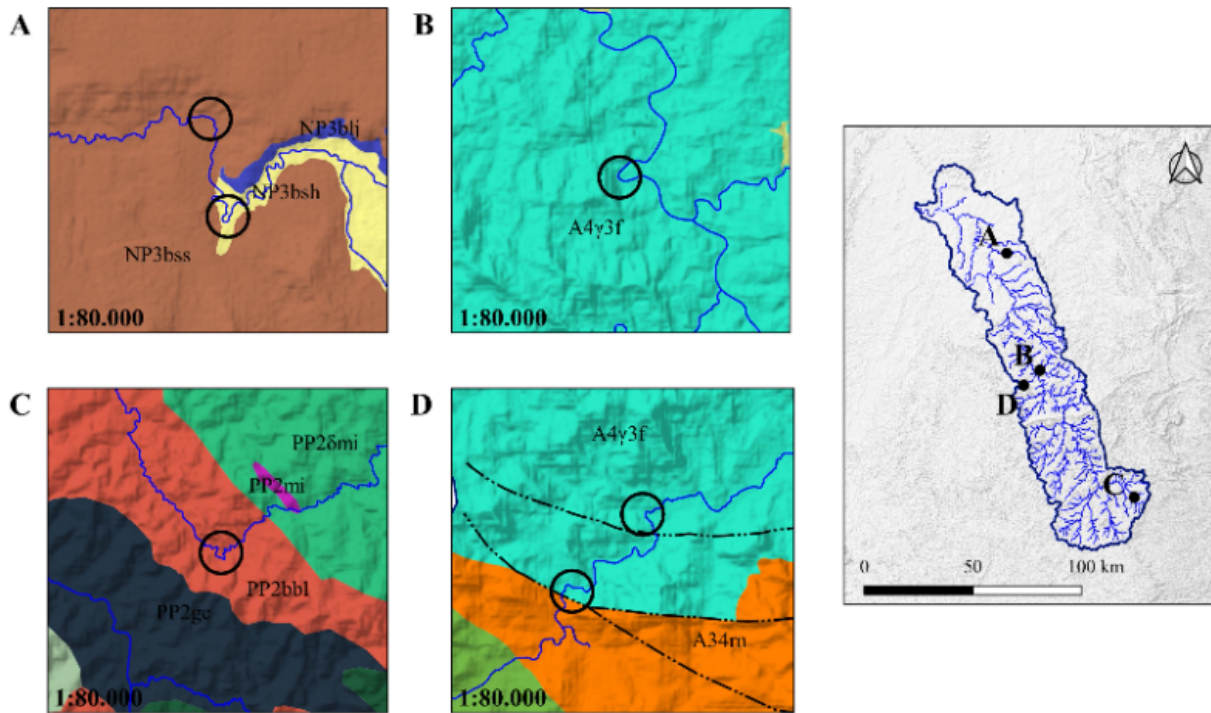
Mapa Geológico e Anomalias de Drenagem (bacia do Rio Paraopeba). Contém também tabela com dados quantitativos.

Figura 3

Bacia do Rio Pará



Bacia do Rio Paraopeba



Exemplos de anomalias identificadas, em maior escala.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ter uma área apenas 11% maior que a bacia do Rio Pará, a bacia do Rio Paraopeba apresenta um número 51% maior de anomalias de drenagem e 26% maior de anomalias de segunda ordem em perfis longitudinais. Essa maior concentração de anomalias na bacia do rio Paraopeba pode estar associada à sua maior proximidade com o QF e as bordas do CSF. Em áreas de maior complexidade geológica e com um passado tectônico mais ativo, a rede de drenagem tende a ser mais condicionada pelo quadro litoestrutural, mais variado, deformado e falhado. Além disso, esse quadro estrutural mais rico e diversificado pode estar propiciando uma maior sensibilidade à atividade neotectônica intraplaca. Trabalhos anteriores baseados na análise de níveis e sucessões deposicionais fluviais têm sugerido uma dinâmica tectônica em blocos para a região do QF, sendo a bacia do Rio Paraopeba apontada como uma área de tectônica mais ativa (MARQUES, 1997; MOREIRA, 1997; MAGALHÃES JR. et al., 2011; BARROS; MAGALHÃES JR., 2018; 2020; CARVALHO et al., 2020; OLIVEIRA, 2019). Deve-se lembrar, contudo, que os indícios levantados pelas técnicas aplicadas são auxiliares/complementares no estudo das relações entre a dinâmica da rede de drenagem, a configuração do relevo e a evolução geológica regional. Em áreas tectonicamente mais estáveis, como no Escudo Brasileiro, as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são mais eficientes na identificação de controle litoestrutural (passivo) do que tectônico (ativo).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de produtividade e pelas bolsas de iniciação científica; à FAPEMIG pelas bolsas de iniciação científica e pelo apoio financeiro (Projeto APQ- 00511-21); ao grupo RIVUS - Geomorfologia e Recursos Hídricos (UFMG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BARBOSA, T. M.; DE LIMA, V. F.; FURRIER, M. Anomalias em padrões de redes de drenagem como fator de verificação de neotectônica—um estudo de caso nas sub-bacias do rio Mamuaba-PB. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 26, p. 195-213, 2013.
- BARROS, L. F. P.; JUNIOR, A. P. M. (2020). Late quaternary landscape evolution in the Atlantic Plateau (Brazilian highlands): Tectonic and climatic implications of fluvial archives. *Earth-science reviews*, 207, 103228.
- BARROS, L. F. P.; JUNIOR, A. P. M. Reconstituição de eventos geomorfológicos no Quadrilátero Ferrífero/MG a partir de registros deposicionais fluviais: a bacia do Rio Paraopeba. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 9, n. 2, 2018.
- CARNEIRO, M. A. O Complexo metamórfico Bonfim setentrional (Quadrilátero Ferrífero, MG): litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do arqueano. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992. doi:10.11606/T.44.1992.tde-18112015-104751.
- CARVALHO, A.; JUNIOR, A. P. M.; OLIVEIRA, L. A. F. Eventos quaternários de entulhamento e configuração de fundos de vale na bacia do rio Paraopeba - Cráton do São Francisco, Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 21, p. 847-869, 2020.
- ETCHEBERE, M. L. D. C.; SAAD, A. R.; SANTONI, G.; CASADO, F. C.; FULGARO, V. J. (2006). Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do Rio do Peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em segmentos de drenagem. *Geosciences= Geociências*, 25(3), 271-287.
- ETHEBERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. D. J. (2004). Aplicação do Índice Relação Declividade-Extensão-RDE Na Bacia do Rio do Peixe (SP) para Detecção de Deformações Neotectônicas. *Geologia USP: Série Científica*, 43-56.
- FORTES, E.; VOLKER, S.; STEVAUX, J. C.; MARQUES, A. J. (2007). Anomalias de drenagem e controles morfotectônicos da evolução dos terraços do baixo curso do rio Ivinhema-MS. *Geosciences= Geociências*, 26(3), 249-261.

- FUJITA, R. H.; GON, P. P.; STEVAUX, J. C.; SANTOS, M. L. D.; ETCHEBERE, M. L. (2011). Perfil longitudinal e a aplicação do índice de gradiente (RDE) no rio dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, PR. *Brazilian Journal of Geology*, 41, 597-603.
- HACK, J. T. 1957 Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. *Shorter Contributions to General Geology*, 1957. p. 45-97.
- HACK, J. T. 1973 Stream-profile analysis and stream- gradient index. *Journal Research of the U.S. Geol. Survey*, v. 1, n. 4, p. 421-429.
- HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, 1967.
- INACHVILI, I. Prospecção geológica e geofísica com ênfase em formações ferríferas na faixa meridional do Quadrilátero Ferrífero do Supergrupo Minas Indiviso. 89 p. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2014.
- JUNIOR, A. P. M.; CHEREM, L. F. S., BARROS, L. F. P.; SANTOS, G. B. (2011). OSL dating of sediments from a mountainous river in southeastern Brazil: Late Cenozoic tectonic and climatic implications. *Geomorphology*, 132(3-4), 187-194.
- JUNIOR, A. P. M.; SAADI, A. Ritmos da dinâmica fluvial controlados por soerguimento regional e tectônica de falhamento: o vale do rio das Velhas na região de Belo Horizonte-MG. *Geonomos*, Belo Horizonte-MG, 2(1):42-54, 1994.
- MARQUES, M. R. Morfodinâmica fluvial cenozóica no vale do Rio Paraopeba entre o Fecho do Funil e Juatuba, Minas Gerais. 1997. 83f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.
- MOREIRA, P. F. Depósitos cenozoicos e evolução morfodinâmica na bacia do Ribeirão Serra Azul (médio Rio Paraopeba), Minas Gerais. 1997. 104f. Dissertação (Mestrado). - Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.
- NOCE, C. M.; TEIXEIRA, W.; MACHADO, N. Geoquímica dos gnaisses ttgs e granitóides neoarqueanos do complexo Belo Horizonte, quadrilátero ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 27, n. 1, p. 25-32, 1997.
- OLIVEIRA, E. A. Geologia, petrografia e geoquímica do Maciço Granitoide de Cachoeira da Prata. 82f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1999.
- OLIVEIRA, L. A. F. Ajustes e reconfigurações geomorfológicas entre as bacias hidrográficas dos rios Pará e Paraopeba no quaternário tardio, alto São Francisco, MG. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- PAIXÃO, R. W.; SALGADO, A. A. R.; DE FREITAS, M. M. Morfogênese do divisor hidrográfico Paraná/Paraíba do Sul: o caso da sub-bacia do Paraibuna. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 1, 2019.
- PERILLO, M. Geologia, petrografia e geoquímica do Maciço Granitoide de Florestal. 128f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.
- QUEIROZ, G. L.; SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R. Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis. *Computers & Geosciences*, v. 76, p. 80-87, 2015.
- REZENDE, É. S.; SALGADO, A. A. R.; CASTRO, P. T. A. Evolução da rede de drenagem e evidências de antigas conexões entre as bacias dos rios Grande e São Francisco no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n. 3, 2018.
- ROMANO, A. W. Nota explicativa da folha Pará de Minas - SE.23-Z-C-IV. Brasília: UFMG/CPRM, 65p. 2007.
- SAADI, A. Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intra-placa, descontinuidades crustais e morfogênese. Belo Horizonte, 1991.
- SALGADO, A. R.; COLIN, F.; JUNIOR, H. A. M. O papel da denudação geoquímica no processo de erosão diferencial no Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Uberlândia, v. 5, n.1, p. 55-69, 2004.
- SCHUMM, S. A. Alluvial river: response to active tectonics. In: WALLACE, R. E. (Ed.). *Active Tectonics*. Washington, National Academy Press, 1986, p. 80-94.
- SCHVARTZMAN, A. S.; NASCIMENTO, N. O.; SPERLING, M. V. Outorga e cobrança pelo uso de recursos hídricos: aplicação à bacia do rio Paraopeba, MG. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.7, n.1, p.103-122, 2002.

- SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan Arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, v. 92, p. 335-367, 1983.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, n. 63, p.111-1141, 1952.
- TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELI, N.; FÉBOLI, L.; PINHO, J. M. M. Programa Geologia do Brasil: Projeto Sete Lagoas - Abaeté. Belo Horizonte: CPRM, 160p., 2010.
- VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F.; JUNIOR, H. Á. N. (2009). Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (^{10}Be) e da pedogênese. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 1409-1425.