



## APLICAÇÃO DO SL-INDEX E KSN-INDEX NO ESTUDO DE KNICKPOINTS DOS AFLUENTES DO ALTO CURSO DO RIO PRETO, REGIÃO OESTE DO ESTADO DA BAHIA

Artur Magalhães Brito  
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Bahia, Brasil  
[artur.b7623@ufob.edu.br](mailto:artur.b7623@ufob.edu.br)

André de Oliveira Souza  
Universidade Federal do Oeste da Bahia, Bahia, Brasil  
[andreas@ufob.edu.br](mailto:andreas@ufob.edu.br)

**RESUMO** – Perfis longitudinais sempre estiveram presentes nos estudos geomorfológicos, uma vez que constituem uma das principais formas de compreensão dos processos e dinâmicas fluviais. Nesse sentido, o principal objetivo do presente estudo foi comparar os resultados da aplicação dos índices SL e Ksn para avaliar a influência de aspectos litoestruturais e autogênicos na formação de knickpoints e/ou knickzones presentes nos perfis longitudinais de cada rio principal das sub-bacias do alto curso do Rio Preto, localizadas na região oeste do estado da Bahia. Os resultados demonstraram que os índices manifestaram diferentes sensibilidades às características físicas de cada bacia, indicando que a origem dos knickpoints se relaciona com fatores litoestruturais, tectônica e autogênicos.

Palavras-chave: Geomorfologia fluvial; Perfil longitudinal; Análises morfométricas; Bacia do Rio Preto.

## THE SL AND KSN INDICES APPLICATIONS TO THE KNICKPOINTS STUDY OF TRIBUTARIES FROM THE UPPER PRETO RIVER, WESTERN REGION OF BAHIA STATE

**ABSTRACT** – Longitudinal profiles have always been present in geomorphological studies, as they represent one of the primary means of understanding fluvial processes and dynamics. In this context, the main objective of this study was to compare the results of applying the SL and Ksn indices to assess the influence of lithostructural and autogenic aspects on the formation of knickpoints and/or knickzones along the longitudinal profiles of each main river in the sub-basins of the upper course of the Preto River, located in the western region of the state of Bahia. The results demonstrated that the indices exhibited different sensitivities to the physical characteristics of each basin, indicating that the origin of knickpoints is related to lithostructural, tectonic, and autogenic factors.

Keywords: Fluvial geomorphology; Longitudinal profile; Morphometric analyses; Rio Preto Watershed.

### INTRODUÇÃO

De acordo com Sklar e Dietrich (1998), Charlton (2008) e Phillips e Lutz (2008), a configuração de perfis longitudinais representa a influência de diversos fatores. Esses incluem características relacionadas à estrutura geológica, como descontinuidades crustais ou diferenças na resistência

dos materiais às forças de erosão; mudanças no nível da base que têm o potencial de modificar a dinâmica hidrossedimentar dos rios; movimentos da crosta terrestre de subsidência ou soerguimento tectônico; e a própria dinâmica sedimentar e hidráulica dos rios que pode estar vinculada às condições climáticas e ao regime de fluxo de água no sistema.

De modo geral, o perfil longitudinal é a representação do rio por meio da correlação entre a altimetria e extensão, no qual o “eixo x” equivale ao comprimento total do canal fluvial e o “eixo y” a altitude da cabeceira até a foz. Um perfil longitudinal em estágio mais avançado de evolução e mais próximo das condições de equilíbrio entre fatores exógenos e endógenos, apresentaria uma curvatura logarítmica linear negativa, onde a concavidade é amenizada em direção jusante (LEOPOLD et al. 1964; HACK 1973; CHRISTOFOLLETTI, 1980; GOLDRICK e BISHOP 1995; RÃDOANE et al. 2003; SELANDER, 2004).

Com relação às rupturas e distúrbios no perfil longitudinal, são tratados como anomalias que fogem a regra do modelo ideal de curvatura logarítmica linear negativa, com curvatura côncava indo em direção montante do corpo d’água. As anomalias normalmente estão relacionadas a knickpoints e/ou knickzones, responsáveis por criarem rupturas abruptas na declividade do perfil em curtos espaçamentos longitudinais (SELANDER, 2004). Ainda segundo Phillips e Lutz, (2008) knickpoints, knickzones demais convexidades estão relacionadas a um ou mais fatores sem necessariamente serem independentes e mutuamente excludentes.

Nesse sentido, análises morfométricas tem se revelado como importantes ferramentas de mensuração para o estudo das complexas relações entre os atributos do sistema geomorfológico (processos autogênicos), bem como as intervenções de origem externas ao sistema (processos alogênicos). Salienta-se que quantificação na Geomorfologia, vem cada vez mais sendo utilizada desde meados do século XX como resposta ao Positivismo Lógico do Círculo de Viena, principalmente por meio das escolas anglófilas e dos estudos desenvolvidos por Horton, (1945); Strahler, (1957) e Shumm, (1977). Pesquisas em território brasileiro no âmbito das análises morfométricas foram iniciadas por Christofoletti, (1969) e Perez Filho, (1978), porém nos últimos anos se revelaram como importante ferramenta de estudo do relevo continental brasileiro (MONTEIRO et al., 2010; 2014; MONTEIRO e CORRÊA, 2020; SOUZA et al., 2020).

Destaca-se que o aprofundamento no desenvolvimento de técnicas morfométricas, bem como a utilização de seus resultados para modelagem matemática só foi possível graças ao desenvolvimento computacional e a relativa democratização da alta capacidade de processamento de dados (TROIANI; DELLA SETA, 2008). Ademais, ressalta-se que a ampliação de estudos geomorfológicos baseados em análises morfométricas no Brasil se deram devido ao relativo baixo custo nesse tipo de pesquisa, resultando em uma importante ferramenta de estudo do relevo brasileiro.

No presente trabalho, os perfis longitudinais dos principais rios das sub-bacias do alto curso do Rio Preto foram analisados através de correlações entre as formas observadas no perfil e valores resultantes da aplicação de dois índices morfométricos: Steepness index (Ksn-index) e Slope-Lenght index (SL-index). Embora os dois índices sejam calculados utilizando diferente variáveis, ambos possibilitam realizar uma análise sobre as respostas fluviais às transições litológicas, soerguimentos e subsidências, bem como processos autogênicos. Posto isso, o Ksn-index se caracteriza pela utilização da área a montante de um trecho, normalizando as variáveis pelo índice de concavidade do canal e possibilita correlacionar taxas de soerguimento e denudação de uma determinada bacia hidrográfica com a evolução do perfil longitudinal (KIRBY E WHIPPLE, 2001, CYR et al., 2014). Em contrapartida, o SL-index utiliza como variável para seu cálculo o comprimento do rio à montante de um determinado trecho, proporcionando, a priori, uma análise da influência de aspectos litológicos na conformação do perfil longitudinal (CASTILLO et al., 2014).

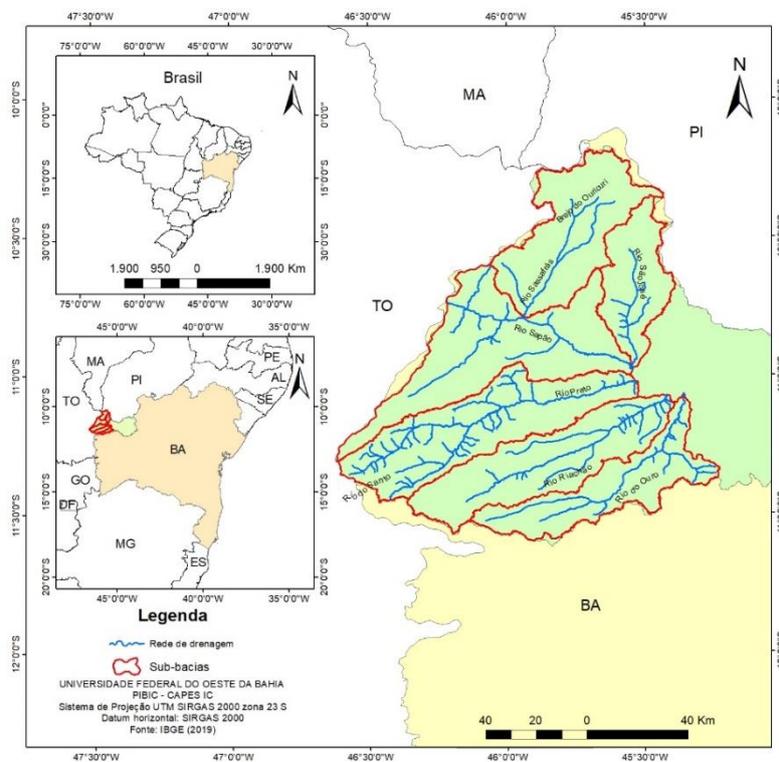
Entretanto, é importante salientar que os índices morfométricos utilizados no presente estudo foram usualmente aplicados a rios que possuem o canal fluvial do tipo rochoso (bedrock). Principalmente o Ksn-index, Cry et al., (2014) e Castillo et al., (2014) apontaram que um maior aproveitamento nas análises através deste índice é alcançada em canais que não se verificam heterogeneidades litológicas. Por outro lado, em rios aluviais ou que apresentam características tanto de rios aluviais quanto de rios rochosos (leito misto) os valores de ambos os índices têm apresentado significativa disparidade, elencando questões a respeito de sua aplicabilidade nesses tipos de sistemas, assim como a influência da pluviosidade e descarga hidrológica.

Desse modo, o principal objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de aspectos litológicos e/ou autogênicos na dinâmica dos perfis longitudinais dos principais rios das sub-bacias hidrográficas do alto curso do Rio Preto, localizadas na região oeste do estado da Bahia. Finalmente, a hipótese principal é a de que não exista somente a influência de aspectos litoestruturais na conformação dos perfis longitudinais de cada rio analisado, mas também fatores relacionados a processos internos.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Preto é um dos principais afluentes do Rio Grande e o principal tributário da margem esquerda do Médio São Francisco, de modo que seus divisores hidrográficos se sobrepõem aos limites entre os estados da Bahia, Tocantins e Piauí. O alto curso da bacia hidrográfica do Rio Preto está localizado no município de Formosa do Rio Preto - oeste do estado da Bahia - e abrange as sub-bacias hidrográficas do Rio Sapão, Rio Sassafrás, Rio São José, Rio do Santo, Rio Riachão e Rio do Ouro. As coordenadas geográficas referentes aos polígonos das sub-bacias estudadas são:  $10^{\circ}10'00''\text{S}/11^{\circ}40'00''\text{S}$  e os meridianos  $45^{\circ}10'00''\text{W}$  e  $46^{\circ}40'00''\text{W}$  (Figura 1).

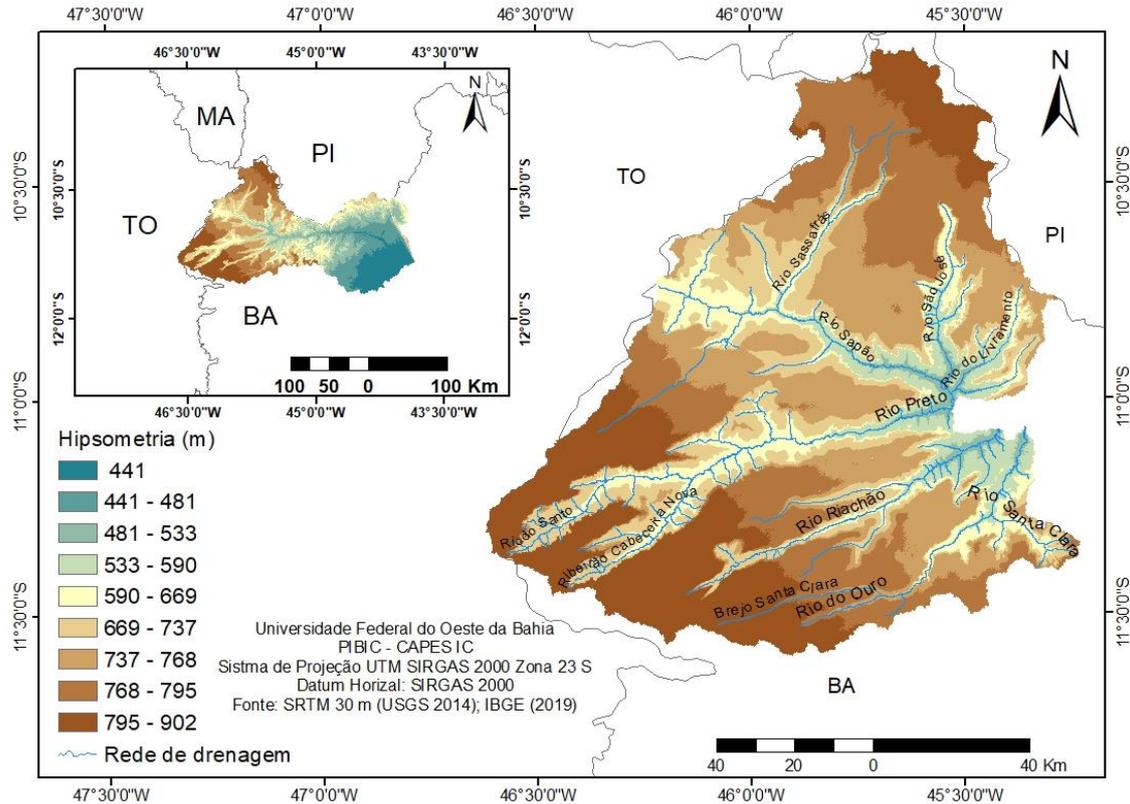
**Figura 1.** Mapa de localização das sub-bacias do alto curso do Rio Preto.



Fonte: Adaptado de Brito e Souza (2021)

As redes hidrográficas dos rios das sub-bacias estudadas (Rio Sapão, Rio Sassafrás, Rio São José, Rio do Santo, Rio Riachão e Rio do Ouro) apresentam orientações em conformidade com o sutil mergulho de oeste para leste das estruturas do embasamento, principalmente em relação ao Grupo Urucuia, litologia majoritariamente presente na área e que sustenta os relevos elevados do oeste baiano. As altitudes mais elevadas alcançam 902 metros e as menores associadas aos fundos de vales, 441 metros; e estão subdivididas em diferentes superfícies: 902-795 m (Sup. I), 795-768 m (Sup. II), 768-737 (Sup. III), 737-669 m (Sup. IV) e 669-590 m (Sup. V). A superfície IV encontra-se embutidas nas superfícies I, II e III (Figura 2).

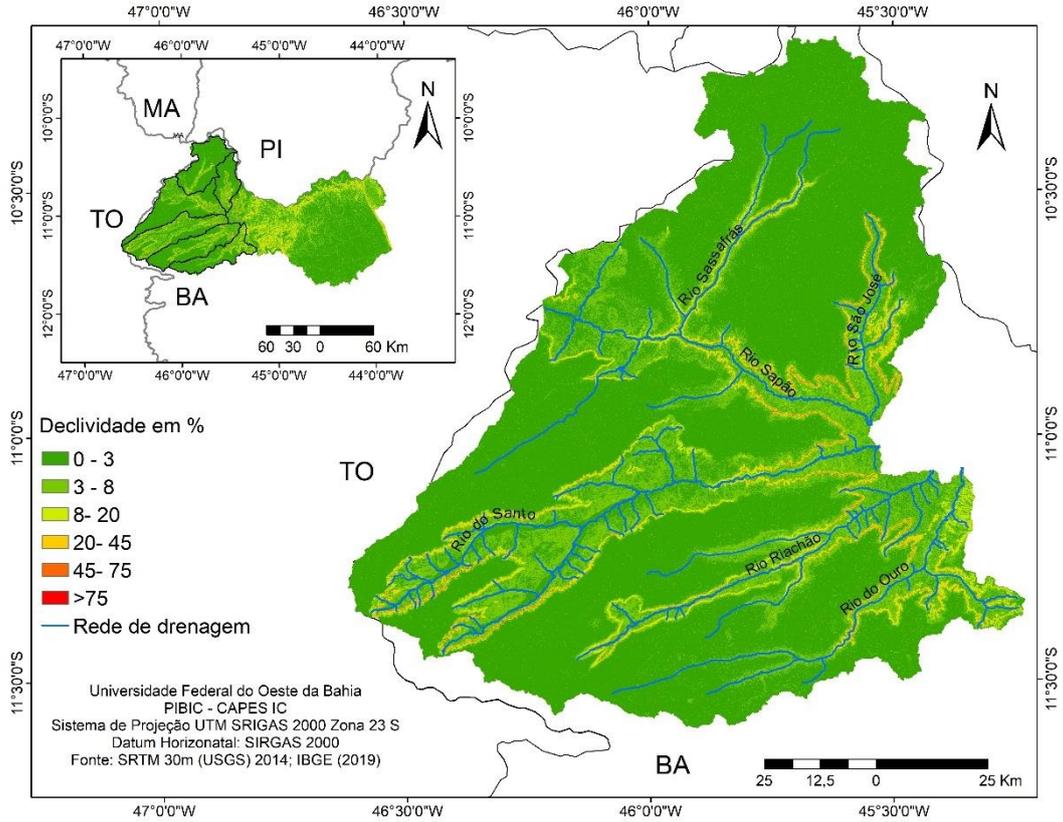
**Figura 2.** Mapa hipsométrico das sub-bacias do alto curso do Rio Preto.



Fonte: Adaptado de Brito e Souza, (2021)

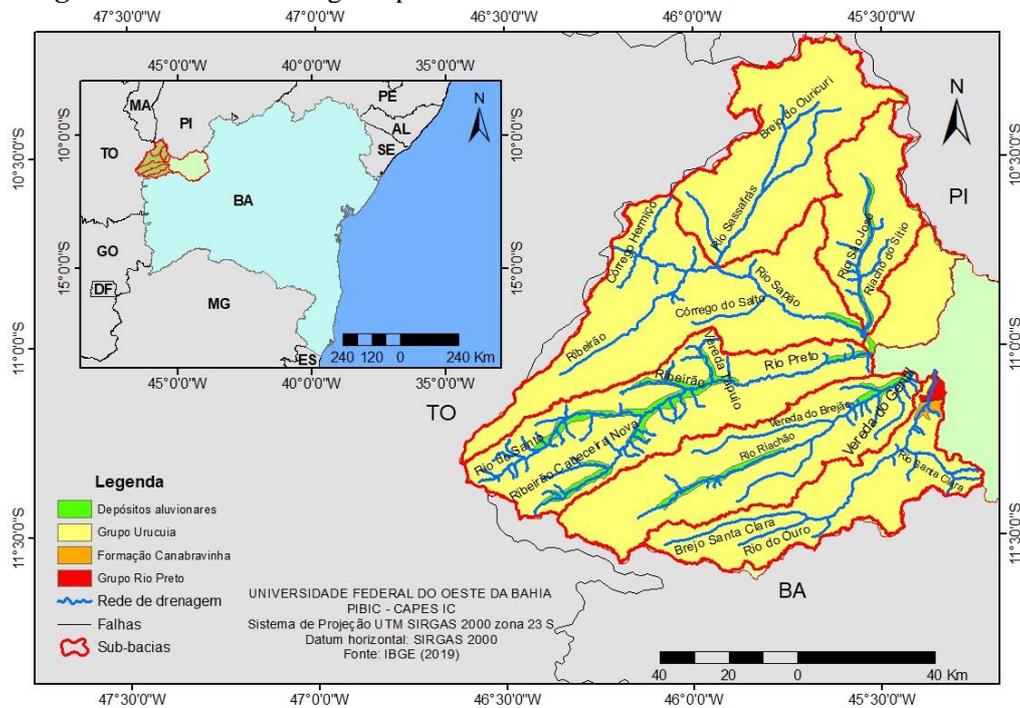
A topografia da área de estudo se caracteriza por apresentar em sua maioria áreas planas com declives variando de 0 a 3%, mas declives entre 8% e 20% ocorrem no terço superior das encostas, onde retornam aos valores de 3 a 8% até chegar as margens dos rios. Nesse sentido, localmente são encontrados setores com declividade superior a 20% que apresentam significativa expressão espacial em todas as sub-bacias (Figura 3). No âmbito geológico, as sub-bacias e suas superfícies foram formadas sobre litologias pertencentes ao Grupo Urucuia, composto por arenitos finos e grosseiros alternados a níveis de pelitos, possuindo em sua base arenitos conglomeráticos e conglomerados (Figura 4).

**Figura 3.** Declividade das sub-bacias do alto curso do Rio Preto.



Fonte: Adaptado de Brito e Souza, (2021)

**Figura 4.** Unidade litológicas presentes nas sub-bacias do alto curso do Rio Preto.



Fonte: Adaptado de Brito e Souza, (2021)

Recoberto o Gr. Urucuaia, ocorrem coberturas cenozóicas aluvionares, coluvionares e eluvionares relacionadas à Formação Chapadão (Bomfim e Gomes.,2004). Adicionalmente, o alto curso do Rio Preto está situado na borda noroeste do Cráton do São Francisco e abrangendo a Faixa Móvel Rio Preto, onde podem ser encontrados metassedimentos dos Grupos Bambuí e Rio Preto, é aqui denominada cinturão Móvel Rio Preto.

## MATERIAS E MÉTODOS

Esta pesquisa está alicerçada na Teoria Geral dos Sistemas, a qual possibilita considerar as bacias hidrográficas como sistemas abertos que respondem a processos alogênicos conforme suas propriedades autogênicas. Neste sentido, entende-se como processos autogênicos aqueles relacionados a dinâmica interna do sistema e alogênicos, aqueles relacionados a dinâmica externa e que influenciam de modo direto e indireto a dinâmica interna do sistema. Desse modo, a evolução constante do sistema fluvial e sua busca por equilíbrio se dá através de transformações ocorridas internamente, provocadas por fatores externos sendo capazes de redimensionar suas formas e processos.

Sendo assim, os complexos mecanismos desenvolvidos na dinâmica fluvial são incorporados pelos canais, os quais buscam o ajustamento de sua geometria a partir das modificações nas variáveis físicas envolvidas. Contudo, ao se disporem como sistemas dinâmicos e não-lineares, com limiares de modificação próprios, os mais variados processos provavelmente agiriam ao mesmo tempo – alogênicos e os autogênicos –, proporcionando ou não as modificações destes sistemas.

Para o estudo, foi utilizado o modelo digital de elevação NasaDem da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30m, disponível no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). O MDE NasaDem foi submetido a procedimentos correccionais de depressões e pixels espúrios, sendo processado no software ArcGIS 10.5 para delimitar as sub-bacias hidrográficas e extrair a rede de drenagem. Para esse procedimento, foram utilizadas as ferramentas "fill," "flow direction," "flow accumulation," "snap pour point" e "watershed," todas localizadas no guia "Spatial Analyst Tool" no campo "Hydrology". Para a geração dos perfis longitudinais, foram plotados os dados referentes ao comprimento do canal e sua cota altimétrica no software Microsoft Excel.

### SL-index

O SL-index foi calculado usando o software Excel a partir de curva de nível de 20m extraídos do MDE com a ferramenta contour, bem como o comprimento de cada rio principal de cada sub-bacia calculados a partir da drenagem extraída do MDE. Os procedimentos metodológicos seguiram GOLDRICK (1973), o qual definiu este índice com o objetivo de fácil reconhecimento de anomalias nos cursos d'água, onde, a partir da elaboração do perfil longitudinal do rio, seria possível constatar alterações no seu curso relacionando o potencial hidráulico. Na expectativa de desenvolver um índice que demonstrasse se um rio estaria em equilíbrio geomorfológico ou não, tendo como foco de estudo a relação entre a declividade e extensão do canal fluvial, Hack (1973) criou o Stream Length-Gradient Index (SL-index).

A proposição deste índice por Hack (1973) tem como objetivo a quantificação, de modo mais fácil e rápido, de anomalias nos canais fluviais identificadas em perfil longitudinal. Revelando setores processualmente "anômalos", nos quais os valores destoam de acordo com diferenças no substrato rochoso e na estrutura por onde o canal escoar. Contudo, Monteiro (2010) salienta que este índice aplicado a áreas de margens continentais ativas pode ser utilizado para análise de ajuste da drenagem a movimentos tectônicos. O mesmo autor destaca que em setores de margem continental passiva, o índice tem sido muito utilizado com o objetivo de corroborar

com as pesquisas de erosão diferencial, além de ser uma ferramenta de grande utilidade quando se trata da identificação de deformações neotectônicas intraplaca. O presente índice se fundamenta na aplicação da seguinte fórmula:

$$SL = (h/l) \times L \quad (1)$$

$$SL = SL = (\frac{[\Delta h]}{l}) \times L \quad (2)$$

Onde:  $\Delta h$  = equidistância entre as curvas de nível;  $l$  = medida do curso em linha reta;  $L$  = comprimento do trecho;  $\Delta h^*$  = Amplitude altimétrica;  $L$  = comprimento total do rio.

### Ksn-index

O KSN-index foi elaborado a partir do uso de MDEs e de seus subprodutos. Desse modo, o KSN-index tem como peculiaridade principal a utilização da área a montante de um trecho e a normalização das variáveis pelo índice de concavidade do canal, possibilitando comparar taxas de soerguimentos e denudação de uma determinada bacia hidrográfica com progressão dos perfis longitudinais (CYR et al., 2014). Este índice é calculado por meio da seguinte equação:

$$S = Ksn \times A - \theta$$

S= valor da declividade

A= área a montante do trecho analisado

$\theta$ = índice de concavidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

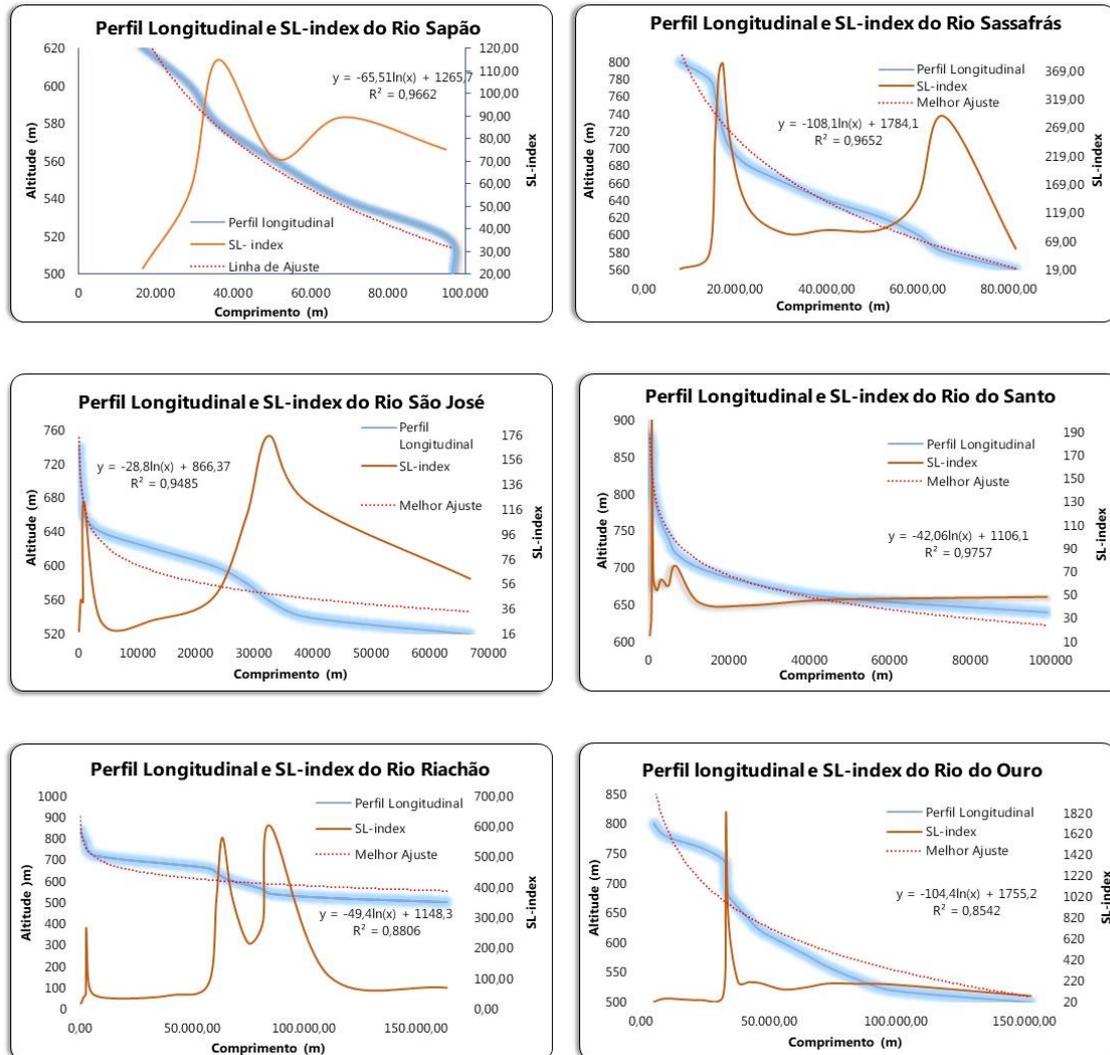
Os perfis longitudinais dos rios principais das sub-bacias em análise apresentaram aspectos comuns no que se refere às espacializações dos *knickpoints*, sugerindo que tais rupturas possam estar vinculadas a um mesmo condicionante morfoestrutural regional (Figura 2). Os perfis longitudinais dos rios Sapão, Sassafrás, São José, Santo, Riachão e Ouro apresentaram *knickpoints* que se sobrepõem às rupturas entre as Sup. I e II (Rio Sassafrás), Sup. III e IV (Rio do Santo e Rio do Ouro), Sup. IV e V (Rio Sassafrás e Rio São José), assim como à ruptura concernente à Superfície V (Rio Sapão, Rio Sassafrás, Rio São José, Rio do Riachão e Rio do Ouro).

Os valores para ambos os índices concordam com as rupturas nos perfis longitudinais e com as rupturas entre as superfícies geomorfológicas anteriormente mencionadas. Nesta perspectiva, no rio Sapão os maiores valores foram 57,21 e 22,48 (SL-index) e 408,89 e 1,90 (Ksn-index) e apresentam correspondência espacial com as rupturas vinculadas à Superfície V. No âmbito do rio Sassafrás os maiores valores foram 366,07; 127,72 e 144,94 (SL-index) e 8,30; 25,03 e 1057,63 (Ksn-index), de modo que a primeira *knickzone* com maior expressividade dos valores de SL-index em contraste aos valores do Ksn-index, sugere maior atuação de fatores litoestruturais e resistência litológica em decorrência do contato litológico entre o Gr. Urucua e o Gr. Bambuí (CUTRIM et al., 2020). Em contraponto, a segunda *knickzone* localizada no baixo curso do Rio Sassafrás se destacou com maiores valores de Ksn-index, o que indica um possível soerguimento neste setor do Rio Sassafrás.

Em relação ao rio São José os valores concernentes aos três principais segmentos delimitados por *knickzones* apresentaram valores que também apresentam correlações espaciais com as rupturas associadas à Superfície V, de modo que os valores para os índices foram 122,46; 111,77; 175,56 (SL-index) e 87,67; 2,21; 7,65 (Ksn-index). Provavelmente, os valores dos índices refletem preferencialmente o contato litológico entre as rochas do Gr. Urucua e Gr. Bambuí. Por outro lado, o Rio do Santo apresentou importante correspondência com a linha de melhor ajuste

( $R^2=0,9772$ ) similarmente ao perfil longitudinal do Rio Sapão com a linha de tendência. Os knickpoints identificados ao longo do Rio do Santo foram condizentes com as rupturas concernentes à Superfície IV, onde os valores de SL-index foram 57,88 e 74,63, enquanto o Ksn-index indicou valores 14,56 e 653,97 (Figura 5 e 6). Além disso, a maior preponderância dos valores de Ksn-index para este rio sugere maior influência de possível subsidência e processos autogênicos, aspectos evidenciados por um perfil longitudinal abaixo da linha de melhor ajuste. Porém, o SL-index foi o índice que apresentou maior correspondência e sensibilidade com os *knickpoints* identificados, levantando a hipótese de dinâmica multiprocessual (litologia, tectônica e autogenia) influenciando diretamente o desenvolvimento do Rio do Santo.

**Figura 5.** Perfis longitudinais e SL-index das principais das sub-bacias do alto curso do Rio Preto

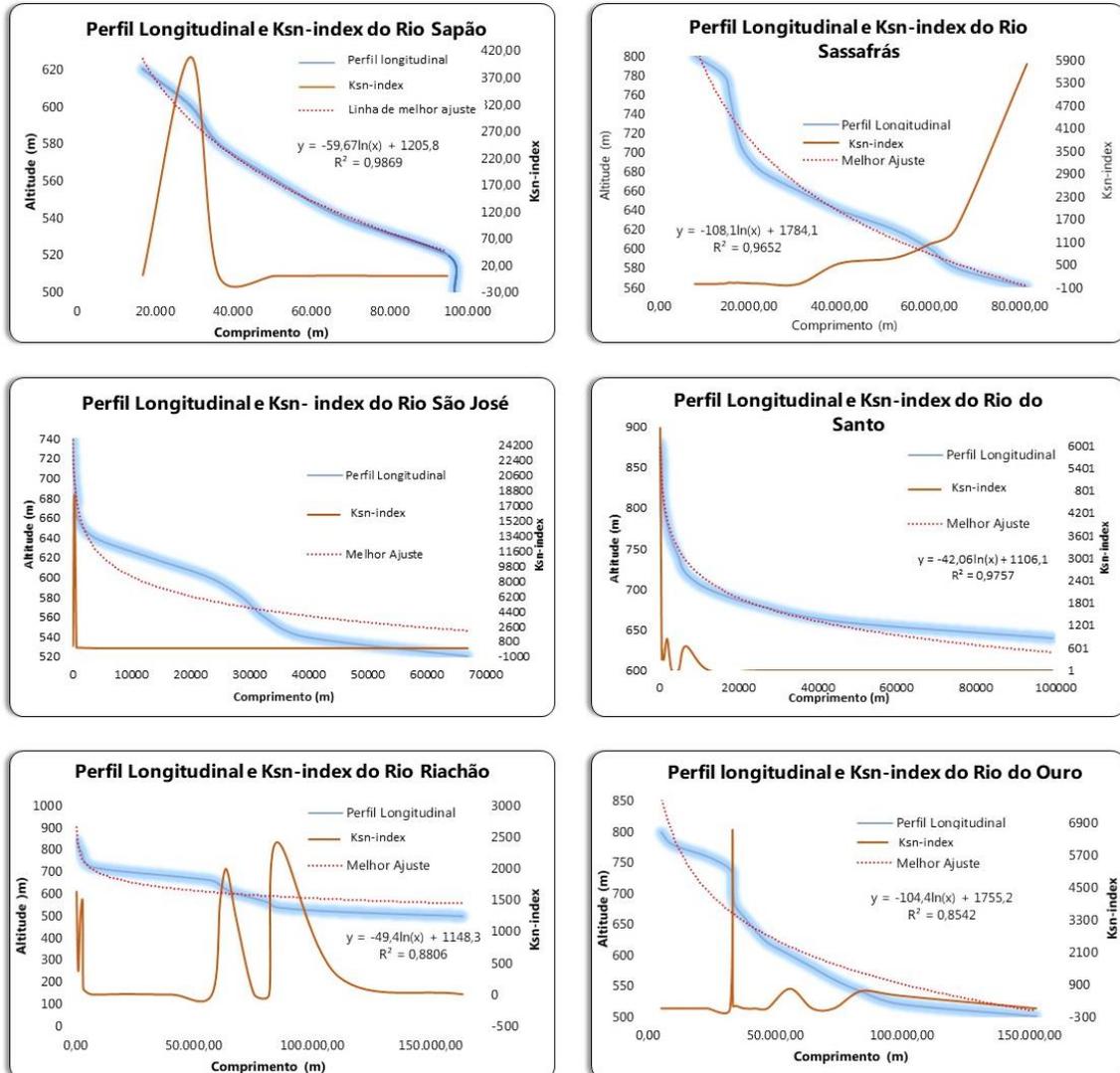


Org. Autor (2023)

As rupturas no perfil longitudinal do Rio Riachão demonstraram correlação espacial com as Superfícies II, III IV, contabilizando total de cinco knickpoints. Os maiores valores de SL-index foram 51,81 e 94,34, 84,65; 563,54 e 601,84, enquanto que os maiores valores do Ksn-index foram 1480,35; 56,41; 3,94 e 1994,57 e 2417,64. De modo geral, os valores de ambos os índices corresponderam com rupturas topográficas, porém os valores do Ksn-index apresentaram os maiores valores, sugerindo que fatores autogênicos e reativações tectônicas tiveram um papel mais significativo na origem das

rupturas. Contudo, um valor alto de SL-index contrapondo aos valores de Ksn-index, sugere que localmente o contato litológico foi mais atuante na elaboração de alguns knickpoints.

**Figura 6.** Perfis longitudinais e Ksn-index das principais das sub-bacias do alto curso do Rio Preto



Org. Autor (2023)

Por fim, os valores de ambos os índices para o Rio do Ouro apresentam correlações espaciais com as Superfícies II, III e V, onde os maiores valores de SL-index foram 51,06; 1022,99; 793,34; 195,97 e 183, 85. Por outro lado, os maiores valores de Ksn-index foram 3,72; 6632,32; 106,38; 15,74 e 477,62. De modo geral, os maiores valores correspondentes estão vinculados ao SL-index, indicando uma maior atuação de fatores litoestruturais que se justificam devido a diferentes afloramentos litológicos na bacia do Rio do Ouro associadas às Fm. Canabrinha, Gr. Rio Preto e Gr. Urucua, sobretudo na região do baixo curso (CAXITO, 2010).

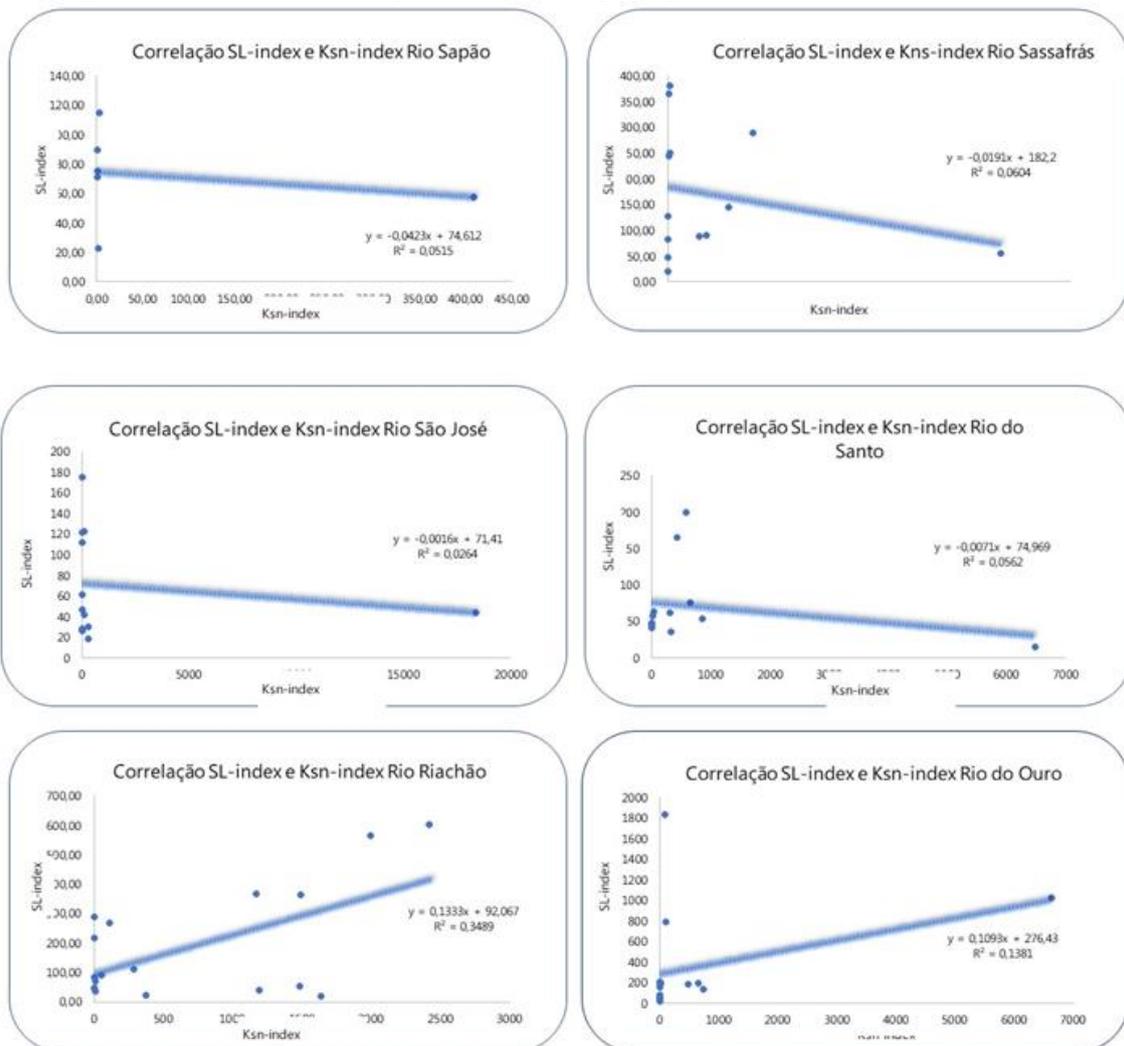
Nesta pesquisa, os resultados indicam importante relação entre as rupturas identificadas nos perfis longitudinais de cada sub-bacia com as Superfícies V (669-590), IV (737-669), Superfícies I (902-795) e III (768-737). Além disso, os *knickpoints* das áreas de estudo indicam a existência de complexas respostas geomorfológicas durante o Quaternário, as quais perpassam processos tectônicos, respostas a diferentes contextos litológicos, bem como a fatores

autogênicos. Neste sentido, as correlações entre os valores dos índices SL e Ksn parecem refletir a heterogeneidade espacial dos processos atuantes no alto curso do Rio Preto.

## CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES

Os gráficos de correlações lineares entre o SL-index e Ksn-index mostraram fraca correlação entre os dois índices para os rios Sapão ( $R^2=0,0515$ ), Sassafrás ( $R^2 0,0604$ ), Rio do Santo ( $R^2 0,0562$ ) e São José ( $R^2 0,0264$ ) (Figura 7). Considerando a diversidade litológica ocorrentes nas áreas, é possível que os knickpoints e os valores dos índices SL e Ksn estejam associados a rupturas induzidas por diferentes graus de resistências erosivas. Reforçando essa afirmação, é provável que os contatos ocorram entre rochas sedimentares do Gr. Urucuia (Cretáceo) e cristalinas do Gr. Bambuí (Neoproterozóico), cujos estudos desenvolvidos por Cutrim et al. (2020) mostraram que a espessura do Gr. Urucuia tem aproximadamente 400m e, portanto, em consonância com as rupturas de drenagem presente sobretudo no Rio Sapão. Por outro lado, os gráficos de correlações lineares concernentes aos valores dos índices SL e Ksn do Rio Riachão ( $R^2 0,3489$ ) e Rio do Ouro ( $R^2 0,1381$ ) indicaram aumento na correlação entre os índices, sugerindo atuação conjunta de processos (neo) tectônicos, litológicos e autogênicos na conformação dos seus respectivos perfis longitudinais e, conseqüentemente, das dinâmicas geomorfológicas.

**Figura 7.** Gráfico de correlações lineares dos principais rios do alto curso do Rio Preto



Org. Autor (2023)

Kirby e Whipple (2012) discorrem que as rupturas encontradas em perfis longitudinais podem ser agrupadas em dois grupos, o primeiro sendo do tipo *knickpoint* fixo (*vertical steps*) e o segundo *knickpoints* móveis (*slope-break*), dos quais o primeiro tipo não é considerado de grande importância para estudos tectônicos, enquanto que os do segundo grupo são mais representativos de mudanças, por uma força persistente, seja ela espacial ou temporal. Dentro desta lógica, é possível que as falhas por empurrão e outros sistemas de cisalhamentos vinculadas à Faixa Móvel Rio Preto (Caxito, 2010), localizadas no setor de transição entre o alto e médio curso do Rio Preto, provavelmente induziram ajustamentos nos níveis de base e condicionado a gênese de *knickpoints* nos Rio Riachão e Rio do Ouro, enquanto que nos demais sistemas fluviais é possível que tenham ocorrido um acoplamento entre ondas erosivas remontantes desencadeadas pelo ajuste do nível de base e diferentes contextos litológicos, sendo que esse último fator provavelmente foi preponderante e possibilitou respostas geomorfológicas espacialmente heterogêneas.

Desse modo, os rios com cabeceiras de drenagem mais distantes do médio curso do Rio Preto se caracterizaram por estarem próximos da melhor linha de ajuste a jusante de 600 metros de altitude. Salienta-se que situação similar foi encontrada por Buczek e Górnik (2020) na Polônia, e, nesse sentido, os atributos morfométricos e morfológicos estão relacionados ao principal *knickpoint* localizado a aproximadamente 700-750 metros de altitude em todos os rios analisados, sugerindo que os mesmos se tratem *knickpoints* fixos (Kirby e Whipple, 2012), enquanto os demais identificados nos rios mais próximos a possível zona de perturbação sejam classificados como *knickpoints* móveis. Nesta perspectiva, as ocorrências desses *knickpoints* fixos sugerem relações com episódios de soerguimentos vinculados à história geotectônica da região, onde são reconhecidas fases de soerguimento e abatimento de blocos (Egydio-Silva, 1987; Caxito, 2010; Caxito *et al.*, 2014; 2017), de modo que as superfícies I, II e III seriam evidências geomorfológicas de tal dinâmica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, foi possível entender a importância dos fatores litológicos, estruturais e autogênicos nos valores dos índices SL e Ksn, além da convergência desses fatores nas dinâmicas geomorfológicas do alto curso do rio Preto. Neste sentido, os *knickpoints* identificados ao longo das sub-bacias indicaram recentes ajustes no nível de base, provavelmente em resposta às reativações dos principais sistemas de falhamentos relacionadas a Faixa Móvel Rio Preto. Tais reajustes provocaram a origem de rupturas que se deslocaram a montante do médio curso do Rio Preto, contudo influenciando diferentemente os sub-sistemas em decorrência de fatores litológicos, autogênicos e da distância dos sistemas fluviais a provável área fonte de perturbação, produzindo *knickpoints* fixos próximos as cabeceiras de drenagem e móveis próximos a área fonte de perturbação.

Com o mesmo grau de relevância, foram identificados maiores correspondências dos *knickpoints* com valores elevados de SL-index com forte correspondência com as Superfícies I, II e III, demonstrando que elas estão ancoradas em estruturas decorrentes de prováveis eventos de soerguimento correlacionados a reativações da Faixa Móvel Rio Preto no decorrer do Quaternário.

Apesar dos resultados obtidos a partir da aplicação do SL-index e Ksn-index fundamentarem as hipóteses levantadas nesta pesquisa, tais hipóteses ainda necessitam de maiores aprofundamentos, principalmente através dos usos de modelagem e datações absolutas que possam fornecer as geocronologias exatas dos eventos abordados no presente trabalho. Finalmente, a metodologia utilizada nesse estudo contribuiu significativamente para formação de um arcabouço de conhecimento científico sobre a área de estudo, principalmente quando observamos a grande lacuna de estudos dessa área de conhecimento presentes na região oeste do estado da Bahia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-PIBIC) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB; Projeto 4341/2022).

## REFERÊNCIAS

- BOMFIM, L.F.C; GOMES, R.A.D. Aquífero Urucuia - Geometria e Espessura: Ideias Para Discussão, 2004, baseadas no Projeto de Levantamento Gravimétrico do Estado da Bahia - CPRM, 1980, p. 44-46.
- BUCZEK, K.; GÓRNIK, M. Evaluation of tectonic activity using morphometric indices: case study of the Tatra Mts.(Western Carpathians, Poland). *Environmental Earth Sciences*, 79(8), 1-13, 2020.
- CASTILLO, M.; MUÑOZ-SALINAS, E.; FERRARI, L. Response of a landscape to tectonics using channel steepness índices (ksn) and OSL: A case of study from the Jalisco Block, Western Mexico. *Geomorphology*, ed. 221, p. 204–214, 2014.
- CAXITO F.A. 2010. Evolução tectônica da Faixa Rio Preto, Noroeste da Bahia / Sul do Piauí. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 151 p.
- CAXITO, F. A.; UHLEIN, A.; DANTAS, E. ; STEVENSON, R. ; EGYDIO-SILVA, M. ; SALGADO, Silas S. The Rio Preto and Riacho do Pontal Belts. In: HEILBRON, M.; CORDANI, U.G.; ALKMIM, F.F. São Francisco Craton, Eastern Brazil: Tectonic Genealogy of a Miniature Continent (Org.). *Regional Geology Reviews*. 1ed.: Springer International Publishing, 2017, v. , p. 221-239.
- CAXITO, F. A.; UHLEIN, A.; MORALES, L.F.G.; EGYDIO-SILVA, M.; SANGLARD, J.C.D.; GONÇALVES-DIAS, T.; MENDES, M.C.O. Structural analysis of the Rio Preto fold belt (northwestern Bahia / southern Piauí), a doubly-vergent asymmetric fan developed during the Brasiliano Orogeny. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso)*, v. 86, p. 1101-1113, 2014. Chapter Four, p.1-13, Mobogenie.Com/DownloadSoftware, 2004.
- CHARLTON, R.O. *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*. Nova York, ed. Routledge, 275p. 2008
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, Campinas 9 (18): 9-34, 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. Editora Edgar Blücher, São Paulo, 1980
- CUTRIM, Alterado Oliveira et al. Estimativa da espessura e variação litológica do grupo Urucuia na bacia do rio de ondas no oeste da Bahia, usando sondagem elétrica vertical. *Geosciences= Geociências*, v. 38, n. 4, p. 961-967, 2019.
- CYR, A. J.; GRANGER, D. E; OLIVETTI, V.; MOLIN, P. Distinguishing between tectonic and lithologic controls on bedrock channel longitudinal profiles using cosmogenic <sup>10</sup>Be erosion rates and channel steepness index. *Geomorphology*, 209 27–38, 2014.
- EGYDIO-SILVA M. 1987. O sistema de dobramentos Rio Preto e suas relações com o Cráton São Francisco. Tese de doutorado, IGC-Universidade de São Paulo, São Paulo, 95 p.
- GOLDRICK, G., BISHOP, P. Distinguishing the roles of lithology and uplift in the steepening of bedrock river long profiles: an example from southeastern Australia. *J. Geol.* 103, 227–231,1995
- GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A. T. *Novo dicionário Geológico-Geomorfológico*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 652p.
- HACK, J.T. Stream-profile analysis and stream-gradient index: U.S. Geological Survey. *Journal Research*, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*. 56(3):275-370, 1945.
- JENKS, G.F.; CASPALL, F. C. Error on choroplethic maps: definition, measurement, reduction. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 61, n. 2, p. 217-244, 1971

KIRBY, E.; WHIPPLE, K. Quantifying differential rock-uplift rates via stream profile analysis. *Geology* 29 (5), 415-418, 2001.

KIRBY, E.; WHIPPLE, K. X. Expression of active tectonics in erosional landscapes. *Journal of Structural Geology*, v. 44, p. 54-75, 2012.

LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G., MILLER, J. P. Fluvial processes in geomorphology. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, 544 p., 1964.

Métodos de classificação; ArcGIS for office (V4.0 Archive). Disponível em: <<https://doc.arcgis.com/ptbr/maps-for-office/4.0/design-and-use/classification-methods.htm>>. Acesso em: 01/07/2021.

MONTEIRO, K.A. Superfícies de Aplainamento e Morfogênese da Bacia do Rio Tracunhaém, Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE. 124pg. 2010

MONTEIRO, K.A.; TAVARES, B.A.C ;CORREA, A.C. Aplicação do índice de Hack no rio Ipojuca para identificação de setores anômalos de drenagem e rupturas de relevo. *Geosciences= Geociências*, v. 33, n. 4, p. 616-628, 2014.

Paulo, 95 p.

MONTEIRO, K.A; CORRÊA, A.C.B. Application of morphometric techniques for the delimitation of Borborema Highlands, northeast of Brazil, eastern escarpment from drainage knick-points. *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES* , v. 103, p. 102729-102741, 2020.

PEREZ FILHO, A. Análise estrutural da bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 122 p., 1978.

PHILLIPS, J. D.; LUTZ, J. D. Profile convexities in bedrock and alluvial streams. *Geomorphology*, 102: 554-566. 2008.

RĂDOANE, M.; RĂDOANE, N. DUMITRIU, D. Geomorphological evolution of longitudinal river profiles in the Carpathians. *Geomorphology*, n.50, p. 293-306. 2003.

SCHUMM, S. A. The Fluvial System. Chichester: Wiley. Chichester, 338 p. 1977.

SELANDER, J. Influences On River Morphology In A Sediment-Dominated System. Chapter Four, p.1-13, [Mobogenie.Com/DownloadSoftware](http://Mobogenie.Com/DownloadSoftware), 2004.

SKLAR, L.; DIETRICH, W.E. 1998. River longitudinal profiles and bedrock incision models: stream power and the influence of sediment supply. See Tinkler & Wohl p, 237–260, 1998.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. Troubador publishing ltd, 6ª edição, 2020.

SOUZA, A. O.; PEREZ FILHO, A.; LÄMMLE, L.; SOUZA, D. H. Holocene climate pulses and structural controls on the geomorphological estuarine evolution of the Iguape River, São Paulo, Brazil. *Continental Shelf Research*, v. 205, p. 104168, 2020.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: American Geophysical Union, v.38. p. 913-920, 1957.

TROIANI, F; DELLA SETA, M. The use of the Stream Length-Gradient index in morphotectonic analysis of small catchment: A case study from Central Italy. *Geomorphology*, v. 102, p. 159-168, 2008.