

## CONTROLE TECTÔNICO NO SETOR SUL DA COSTA DO DESCOBRIMENTO (BA): RELAÇÕES COM OS PADRÕES DE DRENAGEM E PROCESSOS GRAVITACIONAIS EM FALÉSIAS

Roberto Marques Neto<sup>1</sup> 

### Destaques:

- A Costa do Descobrimento apresenta assinalado controle morfotectônico, incluindo sua porção meridional.
- O controle morfotectônico é bem marcado na rede de drenagem, com orientações específicas vinculadas a blocos individualizados.
- Falhas e juntas expostas na Formação Barreiras influenciam diretamente na estabilidade das falésias.

**Resumo:** A faixa litorânea do nordeste brasileiro tem sido alvo de recorrentes pesquisas no campo da morfotectônica, entre as quais algumas voltadas especificamente para a Costa do Descobrimento (BA). O presente trabalho tem sua espacialidade postada na porção sul da referida extensão litorânea, assumindo o objetivo de interpretar e discutir elementos concernentes ao controle tectônico vigente a partir da interpretação dos padrões de drenagem em consonância aos lineamentos estruturais e evidências de campo. Em caráter mais específico, visa tecer considerações entre o quadro morfotectônico regional e os riscos de desmoronamento de falésias. Foi constatado um domínio do padrão de drenagem paralelo em expressivo controle distribuído por dois blocos morfotectônicos, diferenciados pelo predomínio da direção da drenagem para SE e para NE em cada um dos blocos. Os resultados também apontaram para uma relação estreita entre o quadro morfotectônico e a dinâmica das falésias. De maneira geral, os resultados dialogam afirmativamente com estudos preexistentes, contribuindo na expansão dos conhecimentos acerca dos controles tectono-estruturais regionais e trazendo a lume evidências adicionais acerca do tema.

**Palavras-chave:** Controle tectônico; Falésias costeiras; Formação Barreiras; Costa do Descobrimento; Neotectônica.

### TECTONIC CONTROL IN THE SOUTH SECTOR OF THE DISCOVERY COAST (BA): RELATIONSHIPS WITH DRAINAGE PATTERNS AND GRAVITATIONAL PROCESSES IN CLIFFS

**Abstract:** The coastal strip of northeastern Brazil has been the subject of recurring research in the field of morphotectonics, some of which are specifically focused on the Discovery Coast (BA). The present study has its spatiality posted in the southern part of the mentioned coastal extension, taking on the objective of interpreting and discussing elements concerning the current tectonic control from the interpretation of drainage patterns in line with structural lineaments and field evidence. More specifically, it aims to make considerations between the regional morphotectonic framework and the risks of cliffs collapsing. A domain of the parallel drainage pattern in expressive control was

---

<sup>1</sup> Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). E-mail: roberto.marques@ufjf.edu.br

found, spread along two morphotectonic blocks, differentiated by the predominance of the drainage in the SE and NE direction in each block. The results also indicated a close relationship between the morphotectonic framework and cliff dynamics. Overall, the results positively corroborate the pre-existing studies, contributing to knowledge expansion about regional tectonic-structural controls and bringing to light additional evidence on the subject.

**Keywords:** Tectonic control; Coastal cliffs; Barreiras Formation; Costa do Descobrimento; Neotectonic.

## CONTROL TECTÓNICO EN EL SECTOR SUR DE LA COSTA DEL DESCUBRIMIENTO (BA): RELACIONES CON PATRONES DE DRENAJE Y PROCESOS GRAVITACIONALES EN ACANTILADOS

**Resumen:** La franja costera del noreste de Brasil ha sido objeto de investigaciones recurrentes en el campo de la morfotectónica, incluidas algunas específicamente dirigidas a la Costa del Descubrimiento (BA). El presente trabajo de investigación tiene su espacialidad asentada en la porción sur de la referida extensión costera, asumiendo el objetivo de interpretar y discutir elementos concernientes al control tectónico actual a partir de la interpretación de patrones de drenaje en consonancia con lineamientos estructurales y evidencia de campo. Más específicamente, pretende hacer consideraciones entre el marco morfotectónico regional y los riesgos de colapso de acantilados. Se ha observado un dominio del patrón de drenaje paralelo en control expresivo que se extiende por dos bloques morfotectónicos, diferenciados por el predominio de la dirección de drenaje hacia el SE y el NE en cada uno de los bloques. Los resultados también han indicado una estrecha relación entre el cuadro morfotectónico y la dinámica de los acantilados. En general, los resultados corroboran positivamente los estudios preexistentes, contribuyendo a la expansión del conocimiento sobre los controles tectónico-estructurales regionales y sacando a la luz evidencias adicionales sobre el tema.

**Palabras clave:** Control tectónico; Acantilados costeiros; Formación Barreiras; Costa do Descobrimento; Neotectónica.

## INTRODUÇÃO

As relações entre os padrões de drenagem em uma dada espacialidade e o controle tectono-estrutural vigente tem sido aclamadas na literatura em função da sensibilidade dos canais fluviais aos efeitos diastróficos recentes (HOWARD, 1967; SCHUMM, 1986; SUMMERFIELD, 1991; ETCHEBEHERE, 2001; BIERMAN e MONTGOMERY, 2014). Processos geodinâmicos relacionados ao basculamento de blocos, reativação de falhas, geração de juntas, entre outros, estimulam fenômenos de migração lateral dos canais, abandono ou compressão de meandros, encaixamento pronunciado, configuração de tipicidade retilínea, entre outras evidências.

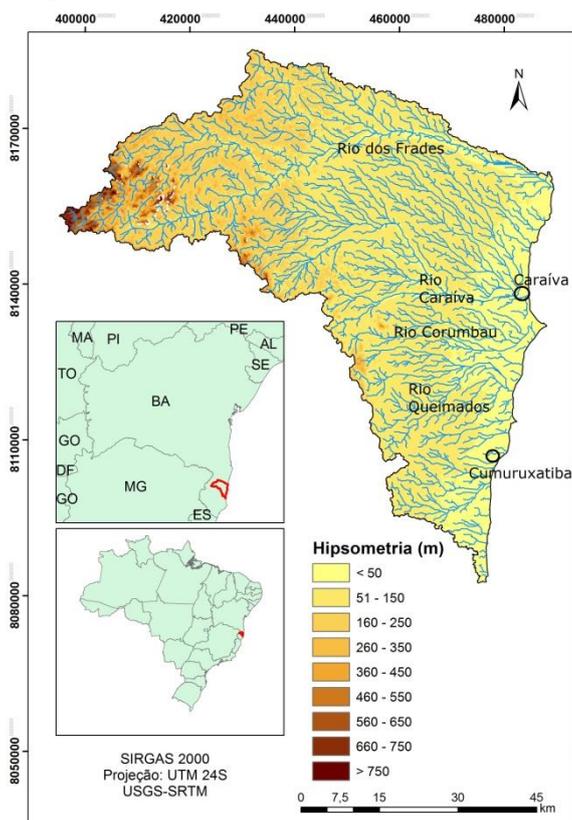
A margem atlântica brasileira, dissecada por canais que demandam diretamente o Oceano Atlântico, tem sido locus recorrente de estudos

interessados nas influências da tectônica cenozoica na evolução do relevo, tanto no contexto da margem rifte elevada do Brasil Sudeste (SANTOS, 1999; GONTIJO, 1999; CHIESSI, 2004; HARTWIG e RICCOMINI, 2010; HIRUMA, 2007; SILVA e MELLO, 2011; MARQUES NETO, 2012; SILVA, 2019), como na costa de baixa elevação do nordeste brasileiro onde o escudo pré-cambriano encontra-se encoberto pela sedimentação neogênica concernente ao Grupo Barreiras (BARBOSA e FURRIER, 2011; MAIA e BEZERRA, 2011, 2014). Para a porção meridional da faixa litorânea do estado da Bahia, base do presente trabalho, estudos importantes também tem apontado um forte imperativo morfotectônico na região (LIMA et al. 2006; LIMA e DOMINGUEZ, 2014; OLIVEIRA et al. 2019; MESQUITA et al. 2021; GONZÁLEZ e LIMA, 2021).

A organização da drenagem nessa região do litoral brasileiro reflete francamente o controle tectono-estrutural vigente, mantendo relações estreitas com a morfogênese costeira. Ainda, o aspecto retrogradante do litoral, tipificado em extensas falésias ativas cujas alturas chegam a ultrapassar 40 metros, ostenta exposições contínuas dos sistemas deposicionais Barreiras e de suas estruturas, permitindo a identificação de linhas de fraqueza e a observação de possíveis relações com os processos gravitacionais operantes no contexto das falésias costeiras.

A partir do exposto e com base nas pesquisas preexistentes, o presente trabalho pretende discutir aspectos atinentes ao controle tectono-estrutural na região da Costa do Descobrimento e suas relações com os padrões de drenagem e estabilidade das falésias costeiras, enfocando uma área compreendida entre o rio Jucuruçu (Prado) e o rio dos Frades (Porto Seguro), a sul da foz do rio Jequitinhonha, porção meridional do litoral baiano (figura 1). Essa faixa do litoral foi considerada por figurar como a extensão onde a drenagem apresenta controle mais bem marcado, conforme já fora averiguado nos estudos supracitados. Em vista disso, o presente artigo foca em caráter mais específico a extremidade sul, a partir da margem direita do rio Queimado, o setor menos detalhado por estudos de caso no contexto da região aqui estimada.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu uma extensão entre o rio dos Frades e o rio Jucuruçu, entre os municípios de Porto Seguro e Prado, e seu enquadramento espacial partiu da compartimentação regional em blocos tectônicos proposta por Lima e Dominguez (2014). A partir da interpretação dos padrões de drenagem e do arranjo tectônico regional, foi acrescentado um bloco a sul do rio Queimado, contíguo ao esquema de Lima e Dominguez (2014), o que possibilitou ampliar a cobertura e trazer discussões complementares aos estudos preexistentes.

Os blocos acrescentados foram delimitados em modelo tridimensional gerado a partir dos dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidas mediante download no site da USGS (*United States Geological Survey*) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). A orientação da drenagem foi tomada como critério nuclear para a compartimentação em blocos na porção mais meridional da Costa do Descobrimento.

Sobre os referidos blocos foi empreendida a interpretação dos padrões de drenagem (SUMMERFIELD, 1991; HOWARD, 1967), atinando para as modificações nos padrões básicos e para as anomalias ocorrentes, procedendo-se também a espacialização da malha hidrográfica de acordo com os padrões encontrados. O procedimento específico de interpretação dos padrões se deu sobre as bases planialtimétricas concernentes às folhas Nanuque (SE-24-V-D) e Guaratinga (SE-24-V-B/XA), na escala de 1/250.000, compatíveis com a grandeza regional da área trabalhada.

A interpretação dos padrões de drenagem foi associada a procedimentos de análise estrutural centrados na extração de lineamentos da drenagem a partir de imagens em relevo sombreado, procedimento executado em quatro ângulos de iluminação azimutal (45°, 90°, 315° e 360°). Foram geradas rosetas com intervalos angulares de 10° utilizando-se do programa GEOorient©. A extração foi levada a efeito em software ArcGIS, estabelecendo-se ainda a densidade de lineamentos no intuito de averiguar a espacialidade derivada das relações entre um possível controle tectônico e o aumento da densidade de dissecação. A obtenção das classes de densidade se deu a partir da função ‘*Line Density*’, presente no *Spatial Analyst* da caixa de ferramentas do ArcGis. A ferramenta ‘*Line Density*’ calcula a densidade das feições lineares na vizinhança de cada célula *raster* de saída, sendo a densidade calculada em unidades de comprimento por unidade de área.

Em complemento foram mensuradas as superfícies de base, que correspondem a uma superfície hipotética determinada pela intersecção entre a rede de drenagem de ordem similar com a superfície erosiva associada à reorganização da rede hidrográfica, oferecendo assim valiosas informações acerca do quadro tectono-erosivo mais recente (JAIN, 1984; GOLTS e ROSENTHAL, 1993). A referência para o estabelecimento das isobases foi estabelecida a partir da formação dos canais de segunda ordem. Em ArcGIS, foi operada a extração da rede de drenagem do modelo digital de elevação (MDE) com a hierarquia fluvial, segundo a proposta de Strahler (1952). Estabelecida a hierarquia, foram selecionados os canais de 2ª ordem, convertidos ao formato *raster* com valor 1; posteriormente, tal arquivo foi combinado com o MDE através de multiplicação, obtendo-se assim as altitudes locais.

Subsequentemente foi realizada a vetorização, gerando um arquivo de pontos cotados que foram gridados através da interpolação pelo protocolo IDW.

Os trabalhos de campo permitiram alguma verticalização entre o conjunto de procedimentos executados, e perpassaram três expedientes: (1) ambulações pela área de estudo para fins de interpretação e caracterização da paisagem; (2) análise de depósitos sedimentares e medição de elementos planares com bússola (tipo Brunton) em falhas expostas seguida de registro dos pontos em GPS (Garmin, modelo Etrex); (3) identificação de riscos de desabamento de falésias e interpretação de suas relações com o quadro tectono-estrutural vigente.

## **A ÁREA DE ESTUDO**

A faixa costeira meridional do estado da Bahia, conhecida como Costa do Descobrimento ou Costa das Baleias, compreende uma extensão entre os municípios de Belmonte e Prado. A região é de grande relevância histórica, uma vez que nessas terras originalmente pertencentes aos grupos étnicos Pataxós é que foram levados a efeito os primeiros relatos portugueses da América do Sul. Na porção embasada pelo complexo cristalino emerge o Monte Pascoal, primeiro marco geográfico destacadamente aferido e nominado com a aproximação das embarcações lusitanas, e que figura como um importante morfopatrimônio do litoral brasileiro. Amorim (2016) interpretou e mapeou onze geossistemas para o conjunto geral da Costa do Descobrimento, aninhados por sua vez em três domínios morfoestruturais: depósitos sedimentares quaternários (planícies fluviais e flúvio-marinhas, terraços, rampas de colúvio), depósitos sedimentares cenozoicos (escarpas e topos dos tabuleiros costeiros) e maciços cristalinos pré-cambrianos (colinas, escarpas e fundos de vale, escarpas e cristas com encostas convexas).

Na Costa do Descobrimento, sedimentos continentais predominantemente areníticos de idade miocênica pertencentes à Formação Barreiras (BIGARELLA, 1975; LIMA e DOMINGUEZ, 2014; OLIVEIRA et al. 2019) recobrem o embasamento cristalino, inserido no contexto da Província Pegmatítica do Brasil Oriental (NEVES et al. 1986), sendo que na região em específico ocorrem litotipos granitoides, gnaisses, xistos, quartzitos e rochas calcosilicáticas. Esse

arranjo estrutural pré-cambriano sofreu reativações e deformações relacionadas aos ciclos termotectônicos Transamazônico e Brasileiro (LIMA e DOMINGUEZ, 2014).

No contexto da macrocompartimentação do litoral brasileiro, a área encontra-se no Macrocompartimento Bancos Royal Charlotte e Abrolhos, caracterizado pelo amplo avanço da Formação Barreiras para o interior em extensões que excedem 100 km (MUEHE, 2001). O escudo cristalino aflora a oeste, pelos municípios de Guaratinga, Itamaraju e Teixeira de Freitas. Definem-se nesses terrenos modelados em morros e pequenas serras descontínuas, entre os quais o Monte Pascoal figura como o indivíduo geográfico mais aludido, projetando-se em amplitude superior a 500 metros em relação aos tabuleiros costeiros emoldurados nos depósitos da Formação Barreiras que se estendem de forma contínua a leste, interrompendo-se no litoral em falésias cujos desníveis com as planícies costeiras superam 40 metros em alguns segmentos. O avanço dos tabuleiros define planícies costeiras ativas estreitas nos períodos de maré alta, mas que ficam expostas com o recuo das marés até as proximidades dos arrecifes, em pronunciada amplitude diária durante todo o ano. Uma drenagem de destacado paralelismo diseca os tabuleiros, erodindo falésias nas desembocaduras mais desenvolvidas lateralmente, onde se formam restritos mangais rodeando os microestuários gerados no contato entre as fozes de baixa energia e as marés altas.

Na retaguarda mais próxima das falésias ocorrem depósitos arenosos marinhos sobrejacentes aos arenitos da Formação Barreiras, cujo limite estratigráfico superior é bem marcado por encouraçamento laterítico que define faixas contínuas de ferricrostas. Sequências flúvio-marinhas também ocorrem em bolsões descontínuos nas anfractuosidades geradas nos setores onde as falésias se encontram em retração mais pronunciada. Em segmentos mais restritos a abrasão marinha provocou o desmonte e a suavização dos declives das falésias, propiciando a colonização pela vegetação e provocando a exumação de terraços de abrasão marinha coralígenos nos sopés. Na parte superior, os sedimentos da Formação Barreiras encontram-se distintamente pedogeneizados em Latossolos, sobretudo na porção mais interior dos tabuleiros, onde os

processos litorâneos de abrasão marinha dão lugar aos processos de erosão hídrica que se manifestam em alguns focos sobre áreas desmatadas.

Sobre os tabuleiros medra uma fitofisionomia aberta, chamada por Rizzini (1978) de floresta de tabuleiros, uma organização fitofisionômica e fitossociológica específica das florestas tropicais atlânticas. Essa formação vegetal tem no substrato arenoso um fator limitante, bem como na atenuação pluviométrica que influencia, inclusive, o caráter intermitente de alguns canais. A matéria viva vegetal sobrejacente ao plano topográfico definido na superfície dos tabuleiros é arbórea e aberta, associada a estrato arbustivo, intercalando *scrubs* baixos e núcleos de maior adensamento arbóreo em bolsões mais úmidos que se formam em fundos de vale.

Aldeamentos indígenas Pataxó sublinham uma resiliência de mais de quinhentos anos de ocupação colonial e pós-colonial marcada pela espoliação das terras e violência em relação aos horizontes culturais originais. Concentram-se na Terra Indígena Barra Velha do Monte Pascoal, sobretudo nas bacias dos rios Corumbau e Caraíva, formando comunidades entre Porto Seguro e Prado, ocupando os setores mais elevados dos tabuleiros onde a vegetação tende a ser mais aberta. Entretanto, o capital é que se consubstancia com efeito na paisagem através de propriedades dedicadas à pecuária e a silvicultura de *Eucalyptus*, que se instalou com veemência na Costa do Descobrimento no entorno de unidades de conservação.

## **RESULTADOS**

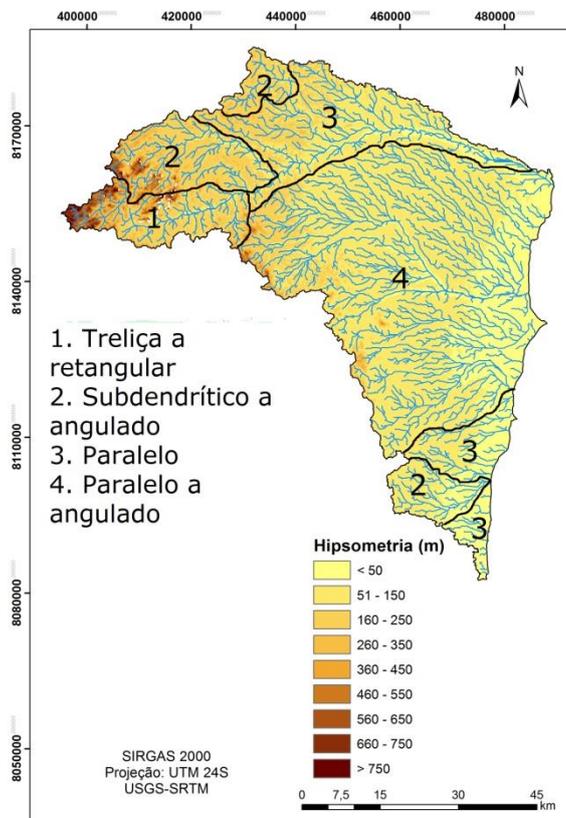
### **Evidências de controle tectônico nos padrões de drenagem e lineamentos**

A interpretação da drenagem é um exercício de ordem escalar, uma vez que, dada a escala pela qual a informação é tratada, determinados arranjos e padrões ficarão desvelados ao pesquisador. Consiste também em um exercício interescalar, já que as especificidades locais tendem a manter relações com o quadro regional, seja partilhando de um padrão ou compondo alguma exceção. É o que se verifica na porção meridional do litoral da Bahia, a aludida Costa do Descobrimento, caracterizada por uma rede de drenagem com direções bem

marcadas denotando verossímil controle tectônico, o que se verifica tanto no arranjo regional como nas observações locais em campo.

A visada regional da drenagem na faixa litorânea em apreço revela um paralelismo bem marcado na rede de canais disposta entre Santa Cruz de Cabrália e Prado comandada pelos canais de maior hierarquia, ainda que as direções sejam distintas em alguns casos. Os canais de menor extensão que afluem nos principais troncos coletores ou desembocam diretamente no Atlântico também guardam esse paralelismo, definindo-se um franco e evidente predomínio dos padrões de drenagem paralelo a subparalelo. Tais padrões são os grandes dominantes regionais e se replicam nas escalas mais locais, integralizadas a partir dos canais de menor extensão mantenedores da disposição retilínea e do paralelismo persistente. O padrão subdendrítico ocorre principalmente nos terrenos cristalinos (figura 2).

**Figura 2** - Padrões de drenagem interpretados para a área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O padrão de drenagem do tipo paralelo assinala um controle tectono-estrutural bastante contundente, com influência tectônica favorecendo a

manutenção dos canais nas falhas e juntas, discernível pelo restrito meandramento mesmo em relevo plano de baixa energia. O desenvolvimento de meandros é comedido ao longo do rio dos Frades, e mesmo a restrita faixa de meandramento no baixo curso do rio Caraíva é marcada pela presença de meandros de curvatura apertada e pronunciadamente comprimidos, sugerindo um controle tectônico ativo. É notório também o desenvolvimento acessório do padrão angulado, vinculados a mudanças na orientação de canais, tanto em desvios abruptos como aquele do rio Caraíva, como em arcos mais suaves, da forma que ocorre no rio Corumbau.

Em geral, os canais fluviais que dissecam a área abrangida no presente trabalho apresentam significativo entalhe vertical, o que resulta em vales apertados caracterizados por vertentes abruptas e por fundo plano, dispendo-se entre os tabuleiros costeiros e normalmente vinculados a baixos estruturais (figura 3). A presença de blocos basculados na área, a exemplo dos grábens dos rios Alcobaça e Peruíbe mais ao sul, foi assinalada por Sampaio et al. (2002) e reforça a natureza ativa do controle regional.

**Figura 3** - Vales encaixados e baixos estruturais na área de estudo



Fonte: Fotos do autor.

A Costa do Descobrimento pode ser compartimentada em blocos estruturais definidos pela presença de falhas e pela direção geral da drenagem, conforme apontado por Lima e Dominguez (2014). Os autores reconheceram três blocos na forma de altos estruturais separados por baixos estruturais concernentes aos vales retilíneos dos principais canais, a saber: (1) Entre o rio João Tiba e o rio Buranhém, com drenagem dominante na direção NE (orientação NE-SW); (2) Entre o rio Buranhém e o rio dos Frades, com

drenagem dominante na direção E-SE (orientação NW-SE e E-W); (3) entre o rio dos Frades e o rio Caraíva, com drenagem em pronunciada direção SE (orientação NW-SE).

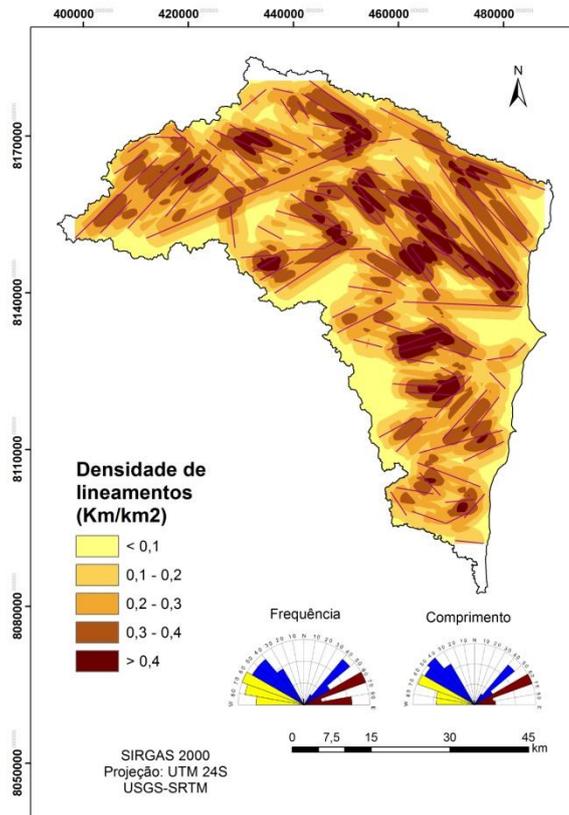
Os autores apontam os basculamentos de blocos vinculados às diferentes direções que a rede hidrográfica assume, com mudanças distintas bem marcadas pelos rios principais, os quais, conforme frisado, delimitam os diferentes blocos estruturais. Além da considerável variação de orientações em distâncias relativamente pequenas, a tectônica basculante também tem provocado algum desarranjo no padrão de drenagem paralelo, favorecendo angulações com os processos de migração lateral.

Pelo que foi aferido na presente pesquisa, dominam na porção sul da Costa do Descobrimento *trends* no sentido NW, SE e ESE, majoritariamente, além de estruturas E-W acessórias. Mesquita et al. (2021) notaram de forma oportuna que as estruturas NW, que marcam as orientações gerais NW-SE, ocorrem tanto nos domínios sedimentares da Formação Barreiras como nas litologias pré-cambrianas, perfazendo uma continuidade fortemente indicativa de controles infracrustais no referido arranjo. Por outro lado, as estruturas NE e ENE não apresentam considerável distribuição e continuidade aparente nos terrenos cristalinos, o que apontaria para uma provável tectônica recente vinculada às direções em questão. As conspícuas orientações NE-SW e NW-SE, segundo Bezerra et al. (2001), indicam uma compressão E-W e uma extensão N-S de idade pliocênica.

Os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que o bloco reconhecido por Lima e Dominguez (2014) entre o rio dos Frades e o rio Caraíva provavelmente se prolonga até a passagem do rio Queimados, dada a persistência da orientação NW-SE, a mais frequente na área de estudo. As maiores densidades de lineamentos foram averiguadas na porção central (figura 4), que compreende a bacia do rio Caraíva e do rio Corumbau, prolongando-se até a margem esquerda do rio Queimados, onde se verifica um marcado paralelismo da drenagem vinculado às referidas orientações estruturais. As densidades elevadas constatadas para a bacia do rio Caraíva corroboram com os resultados encontrados por González e Lima (2021), que sugerem causa neotectônica para tal concentração de lineamentos estruturais. Distintamente, o

rio Caraíva apresenta um pronunciado desvio em relação ao eixo da bacia, processado no âmbito dos depósitos da Formação Barreiras.

**Figura 4** - Densidade e orientação dos lineamentos estruturais no setor meridional da Costa do Descobrimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da orientação bem marcada da drenagem em padrão predominantemente paralelo, esse bloco é interceptado por uma falha de orientação NW-SE que desvia os três rios paralelos (Caraíva, Corumbau e Queimados) da direção NE para uma direção SE muito bem definida. Embora a reorientação mais abrupta seja averiguada no rio Caraíva, as três zonas de inflexão acompanham de forma muito distinta essa descontinuidade, materializando-se uma das evidências mais sugestivas de tectônica ativa averiguáveis na drenagem que diseca a área aqui apresentada.

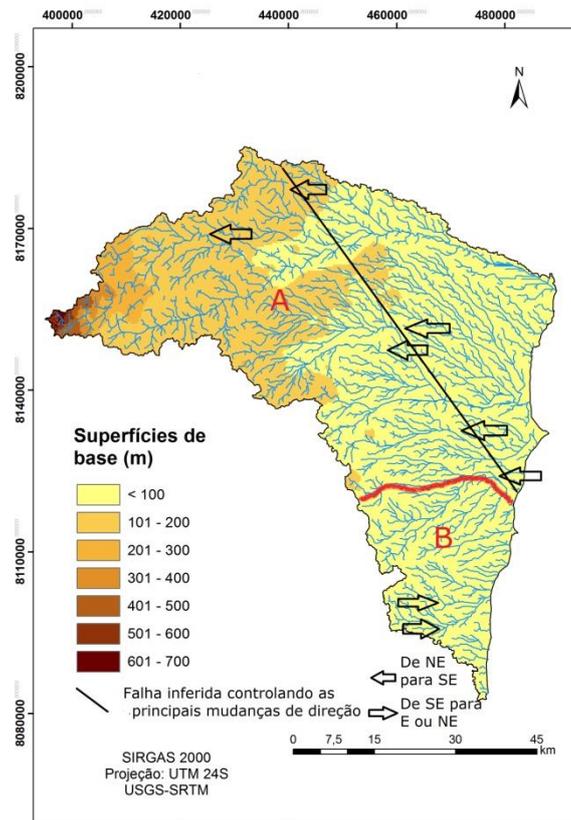
Embora ocorra uma orientação acessória NE-SW, as maiores concentrações de lineamentos estabelece aderência com a orientação NW-SE, as dominantes na porção centro-norte da área, indicando um basculamento para SE que força a drenagem a adequar-se a essa orientação. A orientação NE-SW é significativa apenas na porção NW, ainda que seja a dominante em blocos

posicionados mais a norte, conforme demonstrado por Lima e Dominguez (2014), estando vinculada a segmentos de um pequeno conjunto de tributários da margem esquerda do rio dos Frades que obedecem a um padrão pelo qual alguns lineamentos apresentam significativo comprimento, porém uma frequência bem menos significativa do que o sistema NW-SE. A partir de sua porção média, esses canais sofrem reorientação de direção sem perder o paralelismo, sofrendo inflexão para SE em adequação ao sistema dominante NW-SE, o que sinaliza o caráter mais ativo desse sistema no contexto do bloco em apreço.

O caimento bem marcado para SE é verificado, portanto, do rio dos Frades até o rio Queimados, que delimita a passagem para um sistema NE-SW e E-NE que perdura até o rio Jucuruçu. Esse bloco mais a sul é caracterizado pela ocorrência de canais menores, porém mantenedores do paralelismo que configura o padrão geral da drenagem estruturalmente controlada que domina ao longo da Costa do Descobrimento. Em contraste ao sistema posicionado logo a norte, os desvios na orientação dos canais ocorrem em comportamento contrário, ou seja: as orientações SE figuram como as remanescentes e as orientações NE como aquelas de adaptação mais recente, concordantes com a direção do basculamento do bloco.

A figura 5 delimita os blocos estruturais interpretados, tendo como referência principal a rede de drenagem. Na mesma figura foram representadas as superfícies de base, realçando a relação entre as referidas superfícies e as confluências locais, que recorrentemente engendram mudança de ordem das bacias hidrográficas. Contudo, não assinalam as principais mudanças de direção dos canais fluviais, que ocorrem sobre os tabuleiros costeiros em zona de baixo declive, denotando a atuação dos processos de subsuperfície ligados à mobilização ativa das discontinuidades crustais.

**Figura 5** - Blocos estruturais delimitados na área de estudo sobre a drenagem e superfícies de base. (A) Orientação NW-SE, direção dominante SE; (B) Orientação NE-SW, direção dominante NE



Fonte: Elaborado pelo autor.

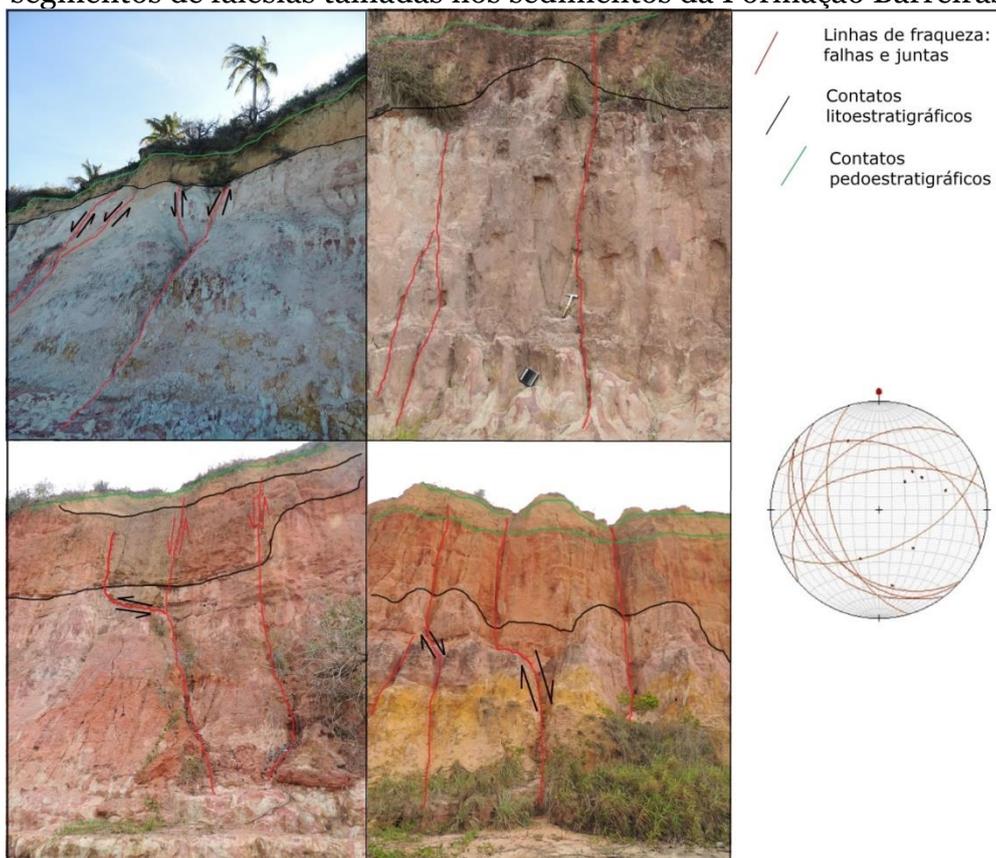
As superfícies de base, portanto, condizem melhor com as organizações geomorfológicas da área do que com o quadro morfotectônico. Os principais *knickpoints* assinalados correspondem aos contatos entre diferentes padrões de formas de relevo vinculados aos trabalhos de deposição e dissecação regional. No mapa, fica muito evidente o contato entre os relevos emoldurados em rochas cristalinas das áreas de recobrimento pela Formação Barreiras. As superfícies recobertas pelos sedimentos cenozoicos, por sua vez, não apresentam altimetria uniforme, diferenciando-se um nível de dissecação mais homogênea acima de 100 metros de altitude, com a drenagem entalhando de forma mais definida a gerar modelados colinosos de declive bastante modesto, mas com definição das faixas interfluviais em desníveis bem assinalados com os fundos de vale. Elevações abaixo de 100 metros passam a definir mais expressivamente a superfície acentuadamente plana dos tabuleiros costeiros, que se rebaixa de

forma gradativa e constante até terminar abruptamente em falésias costeiras cujas alturas (e altitudes) variam de 15 a 40 metros.

### **Implicações na morfodinâmica das falésias costeiras**

Embora a espacialidade do relevo na Costa do Descobrimento reflita os processos denudacionais e deposicionais regionais operantes durante o Cenozoico, concatenando as denudações paleogênicas e as sedimentações neogênicas, cumpre reafirmar que a configuração da drenagem sugere fortemente um controle tectônico recente sobreposto à referida organização geomorfológica. Elementos de subsuperfície, como fraturas e evidências de deslocamento em depósitos neogênicos, reforçam o controle tectônico regional (figura 6). Nesse sentido, retomando os pressupostos iniciais da presente comunicação, procurou-se apresentar alguns elementos do referido controle, dialogando com trabalhos pregressos e agregando informações adicionais aos conhecimentos preexistentes.

**Figura 6** - Exemplos de exposições estruturais na área de estudo em diferentes segmentos de falésias talhadas nos sedimentos da Formação Barreiras



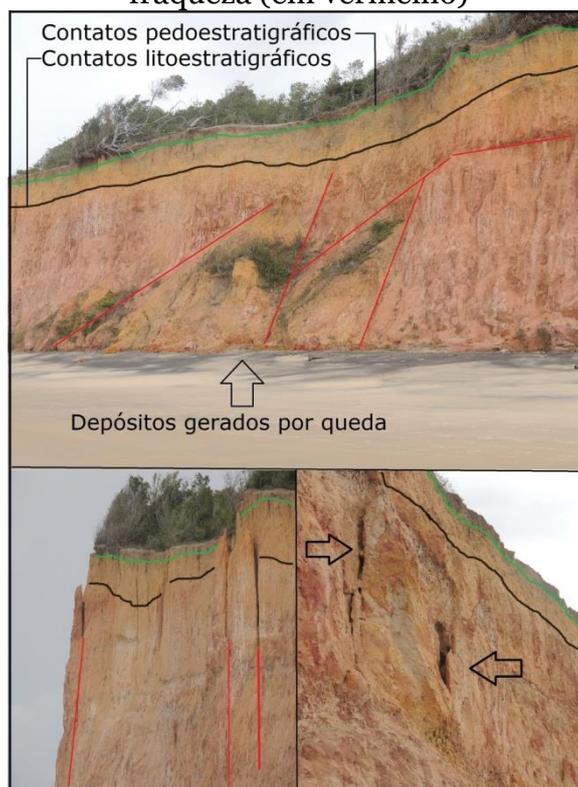
Fonte: Elaborado pelo autor.

As linhas de fraqueza, com movimentações aferidas ou não, são bastante copiosas nas falésias costeiras, podendo ocorrer em situações de considerável densidade nos altos estruturais. Tais discontinuidades que afetam densamente as coberturas cenozoicas tem sido determinantes para processos de exsudação de hidrocarbonetos apontados por Oliveira et al. (2019) no município de Prado (BA), fenômeno este vinculado pelos autores a controle neotectônico, e que assinala as conexões ativas entre processos geológicos e a dinâmica de superfície.

A copiosa coincidência entre linhas de fraqueza na forma de falhas e fraturas e pontos de maior risco de queda de rochas e regolito sugere alguma influência tectônica no quadro morfodinâmico das falésias. Tais relações foram aferidas em campo a partir de quedas consumadas ou em prelúdio. Fatores lito e pedoestratigráficos, cumpre frisar, também influenciam na movimentação de material, uma vez que a Formação Barreiras é composta por rochas sedimentares friáveis e de resistência desigual, como arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos. Ainda, os contatos pedoestratigráficos superiores definem discontinuidades hidrológicas horizontais e notória percolação vertical onde os sistemas de transformação tendem a uma estrutura colunar, incrementando mais um fator favorável ao tombamento gravitacional de material. E, naturalmente, a ação abrasiva marinha solapa de forma demolidora as estruturas sedimentares, figurando como força fundamental na gênese e dinâmica das falésias.

Entretanto, é latente que no setor do litoral brasileiro concernente à Costa do Descobrimento, o controle morfotectônico pode ser somado aos demais fatores de risco de quedas em falésias, o que é apreensível em inúmeras evidências locais, que por sua vez refletem o quadro regional. A maior parte dos setores identificados nas campanhas de campo com risco mais pronunciado de quedas corresponde a expressivas linhas de fraqueza discordantes aos arranjos horizontais lito e pedoestratigráficos, sobretudo nos contextos caracterizados pela interceptação de duas discontinuidades (figura 7). Os dados coletados em campo assinalaram uma considerável diversificação das orientações estruturais, o que implica no entrecruzamento das linhas de fraqueza com multiplicação dos pontos de maior fragilidade.

**Figura 7** - Quedas consumadas e iminentes vinculadas às principais linhas de fraqueza (em vermelho)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em grande parte dos contextos onde a direção e o mergulho foram aferidos, verificou-se que os principais pontos de risco correspondem a falhas normais e a associações entre duas falhas normais entrecruzadas ou a juntas interceptando falhas a partir de uma direção distinta daquela verificada para a falha. As direções aferidas foram bastante diversificadas, com concentrações maiores nas direções NE e SW e ocorrências acessórias da direção NW, considerando as medições nucleadas no município de Prado (BA). Os ângulos de mergulho raramente ficam abaixo de 30°, e chegam a 60°, com concentração nos sentidos NW e SW. A diversidade de orientação das estruturas presentes nas falésias sugere a atuação de diferentes campos de tensão neotectônicos, refletidos em sistemas de falhas e juntas em diferentes direções e com desenvolvimento planar variável.

As implicações de ordem morfotectônica na instabilidade de falésias têm sido pouco aventadas, e mesmo os estudos voltados para os riscos de acidentes geológico-geomorfológicos nesses geoambientes ainda são incipientes na pesquisa geomorfológica nacional. No litoral do nordeste brasileiro, em especial

na Costa do Descobrimento, já bastante reconhecida em seu imperativo neotectônico, a constatação de tal influência sugere a abertura de uma agenda para estudos mais sistemáticos verticalizados nessa problemática. Cabe ainda ressaltar que a atividade turística regional determina um considerável fluxo de pessoas com conseqüente exposição ao risco, consumando-se assim uma pauta de aplicação direta a ser mais detidamente explorada pelas pesquisas em Geomorfologia costeira.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aderência dos propósitos do presente trabalho aos estudos preexistentes na região foi um dos critérios e motivações para sua execução. Em convergência e complementaridade, seus resultados naturalmente corroboram com resultados obtidos anteriormente e trazem outras evidências acerca do controle morfotectônico regional e sua compartimentação em blocos, conforme demonstrado ao longo do manuscrito.

Na extensão litorânea analisada, os compartimentos geomorfológicos refletem em grande medida os processos denudacionais cenozoicos e seus tratos deposicionais correlativos, sendo o controle morfotectônico averiguável de maneira mais contundente na drenagem de orientação bem marcada e forte entrincheiramento ou em estruturas subsuperficiais, geralmente expostas nas falésias costeiras na forma de juntas, além de alguns deslocamentos em falhas normais aferíveis em campo. Foi constatada ainda uma forte influência das linhas de fraqueza expostas e os riscos de queda nas falésias, sublinhando assim um fator morfotectônico na definição de áreas de risco, cuja importância merece estudos mais sistemáticos com o mapeamento de tais áreas em escala de detalhe.

No plano metodológico, os procedimentos executados foram válidos no cumprimento dos objetivos estabelecidos, e forneceram informações e indícios importantes acerca da tectônica ativa na região da Costa do Descobrimento. Ainda, se mostraram afirmativos em apontar uma relação direta do controle tectono-estrutural com os padrões de drenagem e sua tendência ao paralelismo, bem como com a densidade de lineamentos encontrada. As maiores densidades constatadas na porção central da área de estudo coincidem com as tipicidades

mais retilíneas e as mais explícitas adequações ao padrão paralelo. Ainda, os procedimentos de campo foram determinantes para a averiguação das evidências do controle morfotectônico na paisagem e nas estruturas de subsuperfície, articulando as integridades escalares locais às organizações estruturais regionais.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, R. R. A representação de mapas de paisagens na escala regional: o exemplo da região Costa do Descobrimento (Bahia). **Revista da Anpege**, v. 12, n. 17, p. 257-292, 2016.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Análise da bacia hidrográfica como subsídio para detecção de neotectônica: estudo da bacia hidrográfica do rio Guruji, litoral sul do estado da Paraíba. **Cadernos de Geociências**, v. 8, n. 1, p. 10-18, 2011.

BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E.; VITA-FINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of coastal plain morphology and sedimentation in northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 14, p. 61-75. 2001. DOI: [10.1016/S0895-9811\(01\)00009-8](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00009-8)

BIGARELLA, J. J. The Barreiras Group in Northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 47, p. 365-393, 1975.

BIERMAN, P. R.; MONTGOMERY, D. R. **Key concepts in Geomorphology**. 2º ed. New York: Freeman and Company, 2014. 494p.

CHIESSI, C. M. **Tectônica Cenozoica no Maciço Alcalino de Passa Quatro (SP-MG-RJ)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ETCHEBEHERE, M. L. C. **Terraços Neoquaternários no Vale do Rio do Peixe, Planalto Ocidental Paulista: implicações estratigráficas e tectônicas**. Rio Claro, 2000. 264p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do Sul: região da Serra da Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro**. 1999, 259p. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1999.

GONZÁLEZ, O. I. R.; LIMA, C. C. U. Modelagem espacial da neotectônica na costa do descobrimento, sul do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 2, p. 235-253, 2021.

HARTWIG, M. E.; RICCOMINI, C. Análise morfotectônica da região da Serra dos Órgãos, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 1, p. 11-20, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v11i1.137>

HIRUMA, S. T. **Significado morfotectônico dos planaltos isolados da Bocaina**. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

HOWARD, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.**, v. 51, p. 2246-2259, 1967.

LIMA, C. C. U.; VILAS-BOAS, G. S.; BEZERRA, F. H. R. Faciologia e análise tectônica preliminar da Formação Barreiras no litoral sul do estado da Bahia, Brasil. **Revista do Instituto de Geociências**, v. 6, n. 2, p. 71-80, 2006.

LIMA, C. C. U.; DOMINGUEZ, J. M. L. (2014) Discovery Coast: the brazilian landscape first sighted by europeans. In: VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. **Landscapes and landforms of Brazil**. Springer: New York, p. 45-54.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: uma análise preliminar no contexto nordestino. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 37-43, 2011.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionante estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 127-141, 2014.

MARQUES NETO, R. **Estudo evolutivo do sistema morfoclimático e morfotectônico da bacia do Rio Verde (MG), sudeste do Brasil**. 2012. 430p. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

MESQUITA, A. F.; VIEIRA, V. R. A.; ARAB, P. B.; BRUCH, A. F.; ALVES, T. N. Aspectos morfoestruturais da margem costeira do extremo sul da Bahia (Brasil): implicações neotectônicas na evolução geomorfológica costeira. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 1, p. 47-64, 2021.

MUEHE, D. (2001) O litoral brasileiro e sua compartimentação. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil: 273-349.

NEVES, J. M. C.; SOARES, A. C. P.; MARCIANO, V. R. P. R. O. A Província Pegmatítica do Brasil Oriental à luz dos conhecimentos atuais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n. 1, p. 106-118, 2014.

OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, R. M. A. G.; PEREIRA, E. Possível controle neotectônico sobre as falésias do litoral sul da Bahia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 702-716, 2019.

RIZINNI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1979, 374p.

SANTOS, M. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica**. Rio Claro, 1999. 134p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SCHUMM, S. A. Alluvial river response to active tectonics. In: KELLER, E. A. & PINTER, N. (Coord.) **Active Tectonics: studies in geophysics**. Washington: National Academy Press, 1986, p. 80-93.

SILVA, F. P. **Papel da tectônica pós-miocênica na configuração morfológica dos sistema hidrográficos – avaliação morfotectônica no contexto de margens rifte**. 195f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, T. P.; MELLO, C. L. Reativações neotectônicas na Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). **Revista do Instituto de Geociências**, v. 11, n. 1, p. 95-111, 2011.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction of the study of landforms**. Essex, Longman & Scientific Technical, 1991. 537p.

Recebido em 08 de Outubro de 2021  
Aceito em 13 de Janeiro de 2022