



## CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE ESTRUTURAL DA REDE DE DRENAGEM EM ESCARPAS MONTANHOSAS: UMA ANÁLISE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORDEIRO – PE

*CHARACTERIZATION AND STRUCTURAL CONTROL OF DRAINAGE NETWORK IN MOUNTAINOUS ESCARPMENTS: AN ANALYSIS IN THE CORDEIRO RIVER WATERSHED – PE*

*CARACTÉRISATION ET CONTRÔLE STRUCTUREL DU RÉSEAU DE DRAINAGE DANS LES ESCARPMENTS MONTAGNEUX: UNE ANALYSE DANS LE BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE LA REVIÈRE CORDEIRO - PE*

*CARACTERIZACIÓN Y CONTROL ESTRUCTURAL DE LA RED DE DRENAJE EN ESCARPAS MONTOÑOSAS: UN ANÁLISIS EN LA CUENCA DEL RÍO CORDEIRO - PE*

RONALD FARIAS MARQUES<sup>1</sup>  
GABRIEL DO NASCIMENTO ALVES<sup>2</sup>  
JONAS HERISSON SANTOS DE MELO<sup>3</sup>  
KLEYTHON DE ARAÚJO MONTEIRO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas

E-mail: [ronaldmarques835@gmail.com](mailto:ronaldmarques835@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-8246-8553>

<sup>2</sup>Instituto do Meio Ambiente de Alagoas

E-mail: [gabriel.alves@igdema.ufal.br](mailto:gabriel.alves@igdema.ufal.br) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1111-2345>

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pernambuco

E-mail: [jonas.melo@ufpe.br](mailto:jonas.melo@ufpe.br) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3508-6433>

<sup>4</sup>Universidade Federal de Alagoas

E-mail: [kleyton.monteiro@igdema.ufal.br](mailto:kleyton.monteiro@igdema.ufal.br) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4829-3722>

### RESUMO

Este presente trabalho visa entender as dinâmicas das paisagens geomorfológicas. No caso estudado, foi a aplicação de índices no sistema de drenagem e possíveis propostas em relação aos modelos e formas de relevo. Então, dessa maneira, a pesquisa teve um enfoque na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Cordeiro (BHRC), onde, a aplicação dos índices foram a Hierarquização de Drenagem, Relação de Bifurcação, Índice de Sinuosidade de frente de Escarpa e o Índice de Inclinação de Canal (Ksn). Que foram capazes de perceber dinâmicas na paisagem, como evolução geológica, geomorfológica, e conseqüentemente, o comportamento dos processos na incisão fluvial. O relevo apresentou-se montanhoso ou dissecado, caracterizando num conjunto de técnicas com um possível controle estrutural na rede de drenagem (BHRC). Com isso, foi possível ter uma melhor concepção do relevo atual, através das aplicações dos referidos índices.

**Palavras-chave:** Geomorfologia. Rede de drenagem. Planalto da Borborema.

### ABSTRACT

This present work aims to understand the dynamics of geomorphological landscapes. In the case studied, it was the application of indices in the drainage system and possible proposals in relation to models and landforms. So, in this way, the research had an approach in the analysis of the Cordeiro River Basin (BHRC), where, the application of the indices was the Drainage Hierarchization, Bifurcation Ratio, Sinuosity Index of the Escarpment front and the Inclination Index of Channel (Ksn). That they were able to perceive dynamics in the landscape, such as geological and geomorphological evolution, and consequently, the behavior of processes in the river incision. The highlight was mountainous or dissected, featuring a set of techniques with a possible structural control in the drainage network (BHRC). With this, it was possible to have a better conception of the current relief, through the applications of the mentioned indices.

**Keywords:** Geomorphology. Drainage network. Borborema Plateau.

### RÉSUMÉ

Ce travail vise à comprendre les dynamiques des paysages géomorphologiques. Dans le cas étudié, des indices ont été appliqués au système de drainage et des propositions possibles ont été formulées concernant les modèles et les formes de relief. Ainsi, la



recherche s'est concentrée sur l'analyse du bassin versant de la rivière Cordeiro (BHRC), où les indices appliqués étaient la hiérarchisation du drainage, le rapport de bifurcation, l'indice de sinuosité de front d'escarpement et l'indice de pente de canal (Ksn). Ces indices ont permis de percevoir des dynamiques dans le paysage, telles que l'évolution géologique et géomorphologique, et par conséquent, le comportement des processus d'incision fluviale. Le relief était montagneux ou dissecté, caractérisant un ensemble de techniques avec un possible contrôle structurel dans le réseau de drainage (BHRC). Ainsi, il a été possible d'avoir une meilleure compréhension du relief actuel grâce à l'application de ces indices.

**Mots-clés:** Géomorphologie. Réseau de drainage. Plateau de Borborema.

## RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo comprender las dinámicas de los paisajes geomorfológicos. En el caso estudiado, se aplicaron índices al sistema de drenaje y se presentaron posibles propuestas relacionadas con los modelos y formas del relieve. De esta manera, la investigación se centró en el análisis de la Cuenca Hidrográfica del Río Cordeiro (BHRC), donde se aplicaron índices como la Jerarquización del Drenaje, la Relación de Bifurcación, el Índice de Sinuosidad del Frente de Escarpa y el Índice de Pendiente del Canal (Ksn). Estos índices permitieron detectar dinámicas en el paisaje, como la evolución geológica y geomorfológica, y, en consecuencia, el comportamiento de los procesos de incisión fluvial. El relieve se presentó como montañoso o disecado, lo que caracteriza un conjunto de técnicas con un posible control estructural en la red de drenaje (BHRC). Esto permitió tener una mejor comprensión del relieve actual mediante la aplicación de los mencionados índices.

**Palabras clave:** Geomorfología. Red de drenaje. Planalto da Borborema.

## INTRODUÇÃO

A geomorfologia do nordeste brasileiro é caracterizada pela presença de estruturas deformacionais (dúcteis e rúpteis) que se expressam em todo seu embasamento cristalino de idade pré-cambriana. A orogênese Brasiliana ocorrida no neoproterozoico (BRITO NEVES, 1999) e a tectônica cretácea (PEULVAST E CLAUDINO SALES, 2003) estruturam um conjunto de morfologias desenvolvidas em zonas de falhas estruturais no pré-cambriano. Essas estruturas exercem um papel importante no controle estrutural da drenagem no Planalto da Borborema (MAIA, 2014).

Christofoletti (1980) afirma que as pesquisas envolvendo redes de drenagem sempre tiveram um caráter de grande importância nos estudos geomorfológicos devido à importância dos canais na morfogênese e seu papel da esculturação da paisagem, o que pode contribuir para a elucidação de questões geomorfológicas diversas.

As redes de drenagem podem ser consideradas como sistemas que evoluem de forma dinâmica. As respostas deste sistema são sensíveis às mudanças na paisagem, associadas inclusive às atividades tectônicas. Na geomorfologia, décadas de estudo que fazem uso de análises morfométricas empenham-se em inferir informações de atividades tectônicas por meio destas ferramentas aplicadas às informações topográficas de mapas ou, mais recentemente, por modelos digitais de elevação (MICCADEI *et al*, 2021; SILVA e GIRÃO, 2020; SINHA *et al*, 2023).

A morfologia da superfície terrestre e sua evolução no espaço e no tempo são resultantes do balanço que ocorre entre as atividades de tectonismo e os processos superficiais (SIMOES *et al*, 2021, NAEMITABAR *et al*, 2022). Dessa forma, as análises morfométricas atuam como ferramentas eficientes para se compreender a evolução desta morfologia, bem como sua dinâmica, através de métodos quantitativos.

As análises morfométricas consistem em métodos que se embasam principalmente na medição e análise espacial de variações além de características tanto topográficas quanto de redes de drenagem. Sendo estas características algumas das principais no que se refere à evolução da paisagem em ambientes tropicais e subtropicais (BERTOLINI *et al*, 2023).

Associando ao fato de que o estudo da drenagem fornece uma base sólida para compreender aspectos como resistência das rochas, controle estrutural, e evolução geológica e geomorfológica de uma bacia de drenagem, a avaliação dos parâmetros morfométricos requer a análise associada de diversos índices, de forma a entender a problemática de forma abrangente e sistêmica (RAI *et al*, 2017).

Sendo assim, em virtude da possibilidade de se compreender a relação entre os aspectos estruturais da paisagem e a rede de drenagem na evolução geomorfológica, o presente trabalho trata da aplicação de índices morfométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Cordeiro (BHRC), no estado de Pernambuco, por meio dos índices de hierarquização de drenagem, relação de bifurcação, sinuosidade de frente de escarpa e inclinação do canal (ksn).

## MATERIAIS E MÉTODOS

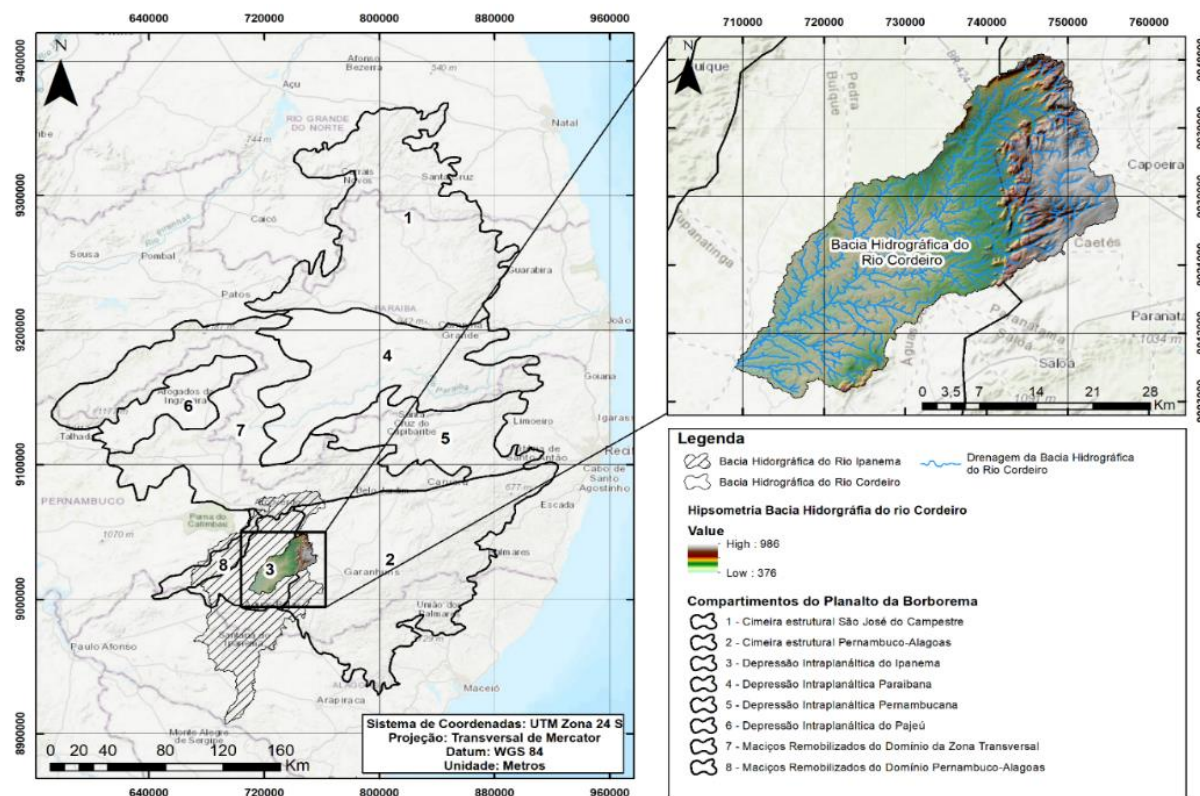
### Base de Dados

Utilizou-se a imagem do Modelo Digital de Elevação como base, adquirida a partir do Projeto Copernicus DEM, baseado nos dados de satélite de radar adquiridos durante a Missão TanDEM-X, obtida através da base OpenTopography, fornecendo acesso ao DSM global de 30m (GLO-30). Os presentes dados foram tratados retirando dados espúrios, para a realização dos procedimentos de geração de dados, que ocorreram através do pacote *Topotoolbox*, para o Software *MATLAB* e cálculos geométricos envolvendo forma da bacia, extração de feições lineares e confecção de mapas em ambiente *GIS*.

### Área de Estudo

A bacia Hidrográfica do rio Cordeiro, está localizada no Estado de Pernambuco, possuindo uma área total de 916,92 km<sup>2</sup>, tem sua cota altimétrica mais elevada medindo aproximadamente 986 metros e seu nível de base local com elevação em torno dos 376 metros. A bacia em apreço, está inserida no interior da Bacia hidrográfica do Rio Ipanema, sendo um de seus principais afluentes localizada no alto curso (Figura 1).

Figura 1: Mapa de Localização.



Fonte: Autores, 2023.

## CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

Dentro de seu contexto geomorfológico da BRHC está inserida no Planalto da Borborema, de maneira mais específica entre dois compartimentos, sendo estes: a Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas e a Depressão Intraplanáltica do Ipanema (CORRÊA et al., 2010). A transição entre esses dois compartimentos é facilmente observada através da hipometria da área da bacia (Figura 1) onde é possível delimitá-la de maneira clara. A linha de escarpa se apresenta no setor de transição entre a Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas e a Depressão Intraplanáltica do Ipanema.

A **Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas** possui características de maior homogeneidade em comparação com os compartimentos circunvizinhos. Com altitudes médias que variam entre 600 e 700 m, o compartimento possui topos de cimeira cobertos de espessos pacotes de Argissolos e Neossolos. A homogeneidade relativa é resultado da litologia igualmente homogênea (Complexo Gnáissico-Migmatítico), afastamento da Zona Transversal, entre outros condicionantes relatados por Corrêa et al. (2010) e Nascimento (2020).

A **Depressão Intraplanáltica do Ipanema** corresponde a um pediplano escalonado que se limita a Sul com a Depressão Sertaneja por uma ruptura de patamar com desnível de 100 m, aproximadamente. De acordo com Corrêa et al. 2010, “... esta área foi provavelmente afetada pelos mesmos eventos que alçaram as demais unidades que compõem o Planalto da Borborema. Caracterizada também pela marcada dissecação epigênica do alto curso do Rio Ipanema”. Limita-se a norte com o Domínio da Zona Transversal, a Leste com a Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas e a oeste com os **Maçios Remobilizados do Domínio Pernambuco-Alagoas**, compartimento estreito e alongado de direção NE-SW estruturado essencialmente em Rochas Metassedimentares encaixantes e plútons brasileiros, setor mais elevado que funciona como interflúvio da porção NW da bacia do Ipanema (NASCIMENTO, 2020).

## CONTEXTO GEOLÓGICO

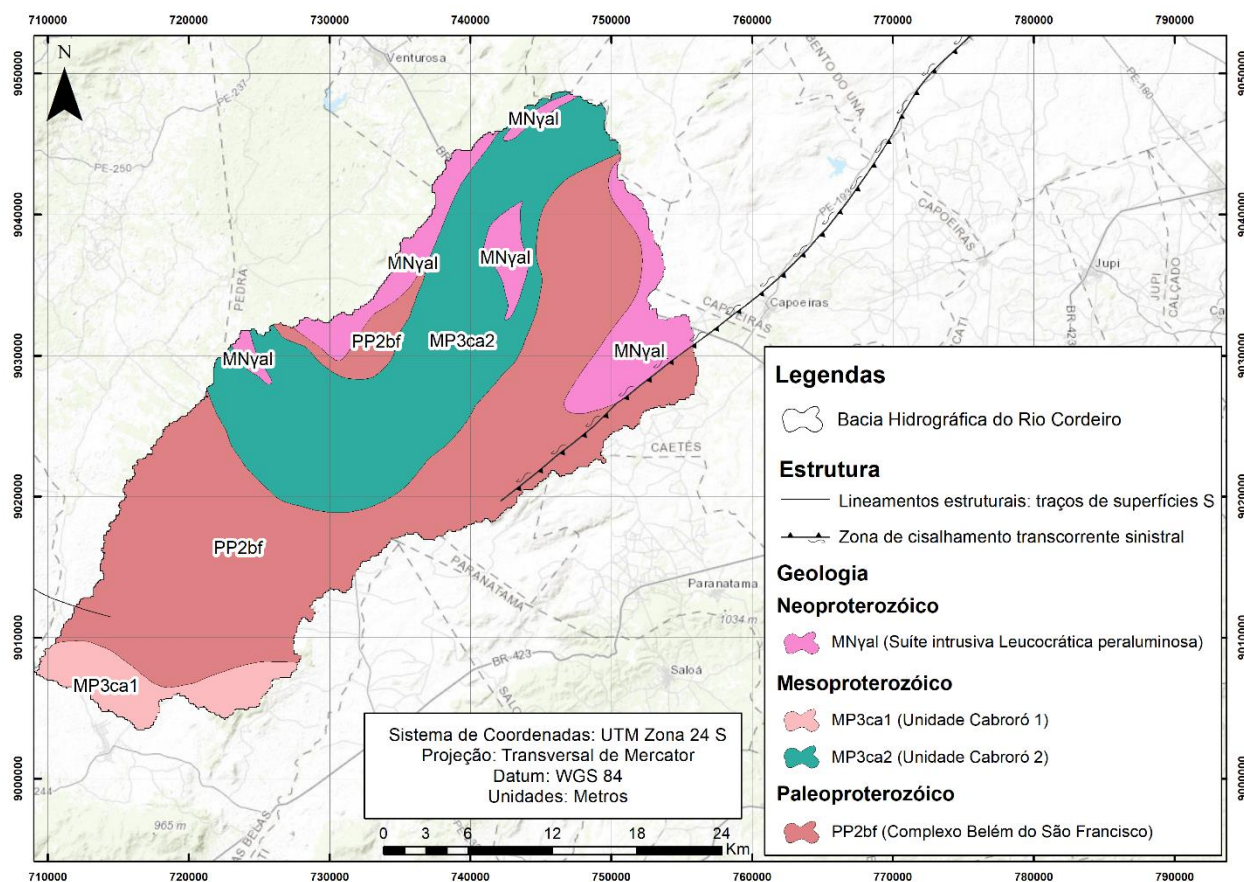
A bacia se desenvolve sobre uma litologia composta por rochas ígneas e metamórficas advindas do Planalto da Borborema, sucedido de evento datado do Brasileiro, que gerou um extenso arqueamento do relevo, formando a grande estrutura que constitui o Planalto da Borborema. Datam dos períodos Neoproterozóico, Mesoproterozóico e Paleoproterozóico.

Aquelas datadas do período Neoproterozóico, constituem a Suíte Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, formada por rochas ígneas e metamórficas são as mais abundantes no geral, e em particular, metagranitóides, granitos, sienitos, dioritos, ortognaisses, quartzitos, paragnatitos e paragnaisses (CPRM, 2004).

Dentro do período Mesoproterozoico, têm-se as Unidades Cabrobó 1 e 2, compostas por biotitas, granitoides indiscriminado e micaxistos (CPRM, 2004). E no período Paleoproterozóico tem-se o Complexo Belém de São Francisco que ocupa grande parte da área da BHRC, constituída por rochas metamórficas de alto grau de metamorfismo como granulitos, que ocupam os setores de cabeceira da BHRC (CPRM, 2004).



Figura 2: Mapa Geológico



Fonte: Autores, 2023.

## ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

### Hierarquização de Canais Fluviais

A hierarquização da rede de drenagem é entendida como a classificação de rios ou canais. Através da aplicação da mesma, torna-se possível estabelecer parâmetros que podem ser utilizados em diversas possibilidades analíticas, entre elas as análises morfométricas, de maneira a tornar mais objetiva a aplicação de outros índices. De acordo com Christofolletti (1974), a hierarquia de rede de drenagem consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso d'água, ou área que lhe pertence, no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra.

A ordem de um canal é medida a partir da posição de um canal na hierarquia dos afluentes (HORTON, 1945). Os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem afluentes, os canais de segunda ordem são aqueles que possuem apenas canais de primeira ordem como tributários, da mesma forma que os de terceira ordem recebem córregos de primeira e segunda ordem como tributários, e assim por diante.

Para além destes critérios, o sistema hortoniano conta com uma peculiaridade no que diz respeito ao canal principal, que deve ser formado por uma ordem constante desde sua nascente até sua desembocadura, exigindo assim, mensurações repetidas à medida que surgem confluências com ordens iguais no curso principal, para determinar qual dos segmentos é o canal principal e qual é o afluente.

Embora as determinações de Horton tenham sido pioneiras e seguidas por diversos pesquisadores (CHRISTOFOLETTI, 1974), outras proposições ganharam destaque nos estudos geomorfológicos como a hierarquização de Strahler (1952). Tal destaque se deve pela otimização da determinação do ordenamento do canal principal.

Um dos principais pontos da proposta de hierarquização de Strahler (1952), em comparação a de Horton, é que no sistema apresentado, o canal principal não necessita manter de forma constante o número de ordem da nascente até a última confluência, mantendo ainda as regras no que se refere à determinação dos canais de 1ª ordem e geração de canais de ordem superior. Onde, de maneira geral, a confluência de dois canais de ordem igual, dão início a um segmento de ordem superior, o qual recebe afluentes de qualquer ordem inferior à sua e que, ao confluir com um segmento de ordem igual, gera um novo segmento de ordem imediatamente superior.

### Relação de Bifurcação

Horton (1945) considerou a Relação de bifurcação ( $R_b$ ) como um índice de relevos e dissecções; Strahler (1957) demonstrou que o presente índice demonstra apenas uma pequena variação para diferentes regiões com diferentes ambientes, exceto onde um controle geológico poderoso domina. Valores mais baixos de  $R_b$  são característicos de bacias hidrográficas estruturalmente menos perturbadas, sem qualquer distorção no padrão de drenagem como apontado por Nag (1998).

A relação de bifurcação ( $R_b$ ), é um parâmetro proposto por Horton (1945) que é definida como a relação entre o número de canais de ramificações pertencentes a uma determinada ordem hierárquica e o número de ramificações pertencentes a uma ordem hierárquica superior seguinte. Essa relação é expressa por:

$$R_b = Nu / Nu + 1$$

$Nu$  = número total de canais de determinada ordem;

$Nu + 1$  = número total de canais de ordem imediatamente superior.

Para Horton (1945) a variação dos valores da relação de bifurcação poderia indicar bacias de drenagem com relevo plano ou ondulado, quando apresentando valores entre 2 e 3; já valores acima de 3 indicariam bacias de drenagem com relevo montanhoso ou altamente dissecado.

O termo relação de bifurcação ( $R_b$ ) é utilizado para expressar a razão entre o número de fluxos de qualquer ordem dada para o número de canais de ordem imediatamente superior.

Strahler (1964) aponta que os menores valores da relação de bifurcação são características das bacias que sofreram menos distúrbios estruturais e o padrão de drenagem não foi distorcido por causa de distúrbios estruturais. A relação de bifurcação também pode ser um indicativo da forma de uma bacia hidrográfica, onde uma bacia alongada é relacionada a valores de  $R_b$  elevados, enquanto uma bacia com características circulares é relacionada a valores baixos.

Dentro da perspectiva de Strahler (1964) é possível afirmar que valores elevados de bifurcação estão relacionados com bacias alongadas e que possuem padrão de drenagem distorcido por distúrbios (controles) estruturais.

### Índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa

Uma vez determinada a linha de escarpa de um patamar principal, definida como o setor de transição entre a cimeira estrutural Pernambuco-Alagoas para a depressão Intraplanaltica do Ipanema, pode-se aplicar o Índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa (Sinuosity Mountain

Front –  $S_{mf}$ ), na tentativa de identificar se setores ao longo da escarpa estão sofrendo entalhamento erosivo ou se mantêm feições lineares, mais relacionadas à processos tectônicos e estruturais.

A aplicação deste índice foi proposta por Bull & McFadden (1977), na busca por uma quantificação do balanço entre as forças erosivas e tectônicas na elaboração da linha de escarpa, sendo calculado pela fórmula:

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s$$

Onde:

$S_{mf}$  é o índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa;

$L_{mf}$  é a linha da escarpa;

$L_s$  é o comprimento em linha reta da projeção da frente da escarpa.

Os resultados da aplicação destes índices podem ser interpretados da seguinte maneira: os valores próximos a 1 demonstram a influência tectônica, os valores maiores que 3 evidenciam maior atuação de processos erosivos na esculturação da escarpa, excluindo ou reduzindo significativamente a possibilidade de atuação ou controle tectônico; já aqueles próximos a 2 indicam um estado intermediário ou misto (BULL e MCFADDEN, 1977).

### Índice de Inclinação de Canal ( $K_{sn}$ )

O  $K_{sn}$ , ou índice de inclinação do canal normalizado, é uma das diversas métricas utilizadas para análise de processos de incisão fluvial, processos estes que são favorecidos por canais fluviais caracterizados por vazão e declividade, como também exposição de rochas de baixa resistência frente a processos denudacionais (PEIFER et al. 2020).

O presente índice é representado pela seguinte equação:

$$S = K_{sn} A^{-\theta_{ref}}$$

Onde:

$S$  representa a declividade local dos canais fluviais;

$A$  representa a área de drenagem;

$K_{sn}$  descreve o gradiente de canal normalizado e

$\theta_{ref}$  se refere a concavidade de referência fixa, com o valor de 0,45 que é frequentemente usado para facilitar a comparação de valores de  $K_{sn}$  entre diferentes paisagens (WOBUS et al., 2006; KIRBY e WHIPPLE, 2012).

O  $K_{sn}$  permite a comparação da declividade dos canais em diferentes áreas de drenagem. Além disso, os valores de  $K_{sn}$  exibem uma correlação significativa com as taxas de erosão médias da bacia, determinadas a partir do estudo de caso. Os estudos de Liu et al. (2020), revelaram que as variações relativas na taxa de erosão podem ser inferidas, combinando a inclinação média do canal normal da bacia e o ângulo da encosta da bacia.

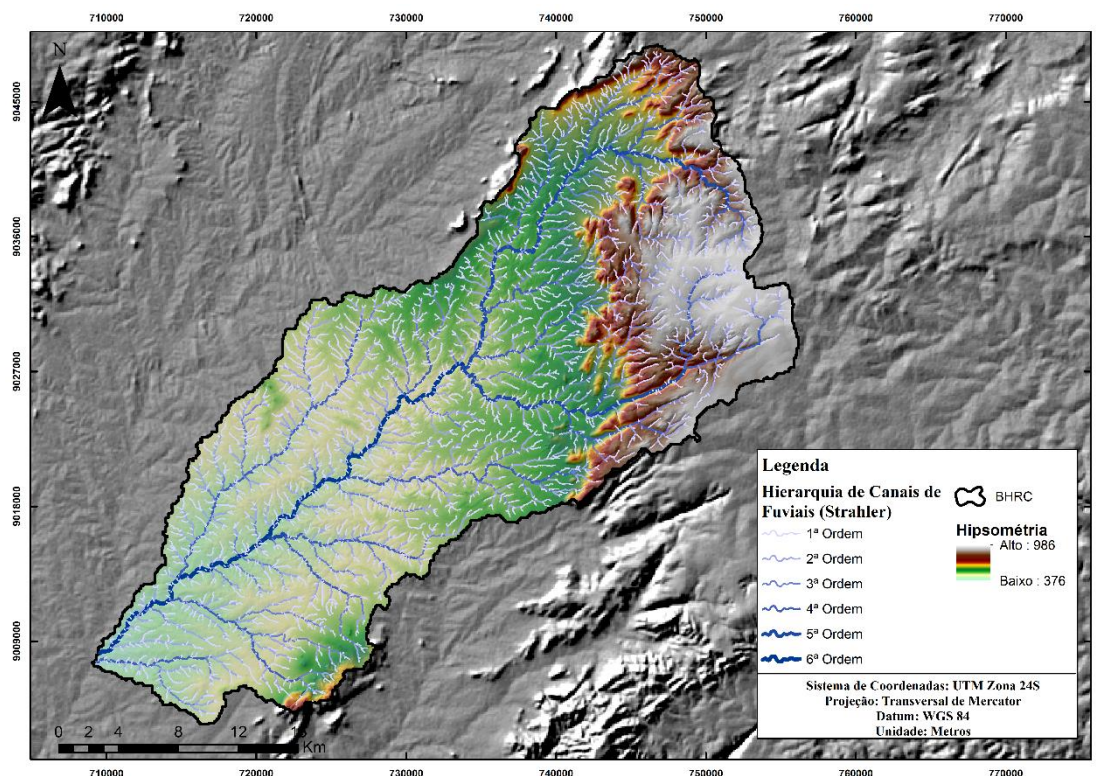
Dentro do presente estudo, o  $K_{sn}$  foi utilizado de maneira a identificar as maiores anomalias em seus valores, indicando assim as quebradas de patamar contidas no perfil longitudinal do rio Cordeiro.

## RESULTADOS

A partir da hierarquização de canais fluviais observou-se a presença de canais de até a 6ª ordem (Figura 3), os resultados alcançados com a hierarquização possibilitaram a quantificação de canais de cada ordem, permitindo a aplicação da relação de bifurcação.



**Figura 3.** Hierarquização de canais de fluviais



Fonte: Autores, 2023.

Em análise, de acordo com as concepções estabelecidas por Horton (1945), em seu contexto geral, a BHRI apresenta valor superior a 3, indicando um relevo dissecado ou montanhoso, associando a perspectiva de Horton (1945) e de Strahler (1952). Valores esses que podem ser observados nas ordens de canais maneira separada, como valores relacionados aos canais em todas as ordens observadas (Tabela 1), o valor elevado se reflete no valor da Relação de Bifurcação médio de 4,8 relacionado a toda a bacia.

**Tabela 1.** Valores de relação de bifurcação

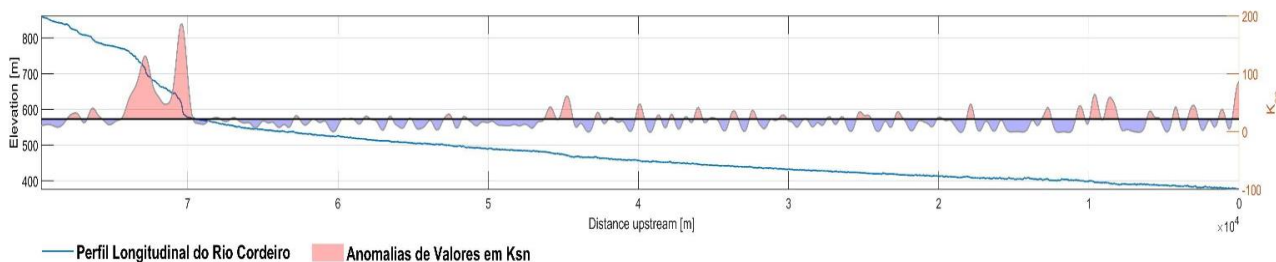
Bacias	Ordem	Nº de Canais	Bifurcação	Bifurcação Média
Rio Cordeiro	1	2322	5,0	4,8
	2	462	4,3	
	3	108	5,4	
	4	20	6,67	
	5	3	3	
	6	1		

Fonte: Autores, 2023.



Com a aplicação do índice de declividade normalizada (ksn) e a plotagem dos valores alcançados em plano cartesiano, foi possível observar as maiores quebras de patamar (*knickpoints*) presentes sobre o curso principal do rio Cordeiro. Dentre as quebras observadas, as de maior destaque são as contidas em seu alto curso, sobressaindo aquela sobre a isolinha de 650 metros, representando a zona de transição da Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas e a Depressão de Intra-planáltica do Ipanema. As demais quebras podem estar relacionadas com relevos residuais.

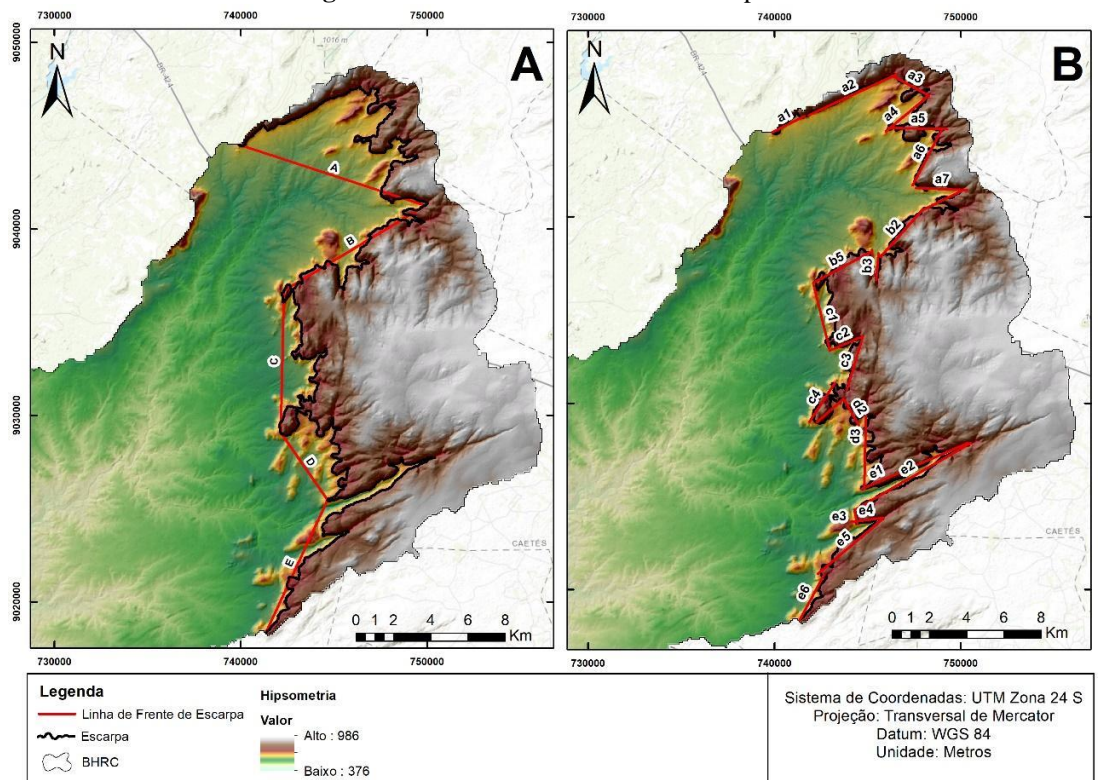
**Gráfico 1.** Perfil longitudinal do rio Cordeiro e valores de Ksn.



**Fonte:** Autores, 2023.

A partir da isolinha de 650 metros, foram realizados recortes para a aplicação do índice de sinuosidade de escarpa. A partir do primeiro recorte subdividiu-se a escarpa em 5 setores (Figura 4A), no segundo recorte a escarpa foi subdividida em 25 setores (Figura 4B). A partir das perspectivas de Bull e McFadden (1977), onde os valores próximos a 1 demonstram a influência tectônica, os valores maiores que 3 evidenciam maior atuação de processos erosivos na esculturação da escarpa, excluindo ou reduzindo significativamente a possibilidade de atuação ou controle tectônico; já aqueles próximos a 2 indicam um estado intermediário ou misto.

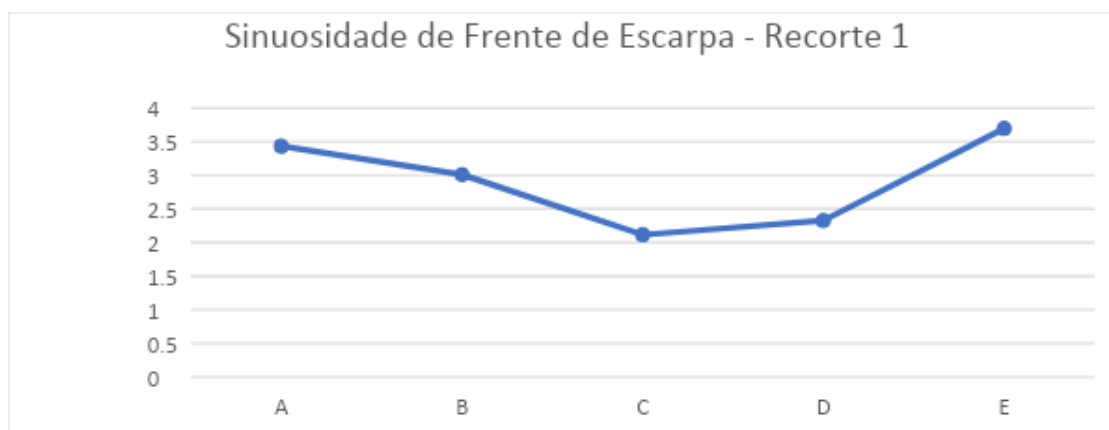
**Figura 4.** Sinuosidade de Frente de Escarpa.



**Fonte:** Autores, 2023.

Desta maneira os recortes apresentados apresentam dois contextos díspares, onde o contexto do primeiro recorte, tem-se valores que variam entre 2,11 e 3,69, indicando setores de escarpa com atuação de processos erosivos e estado intermediário ou misto (Gráfico 1).

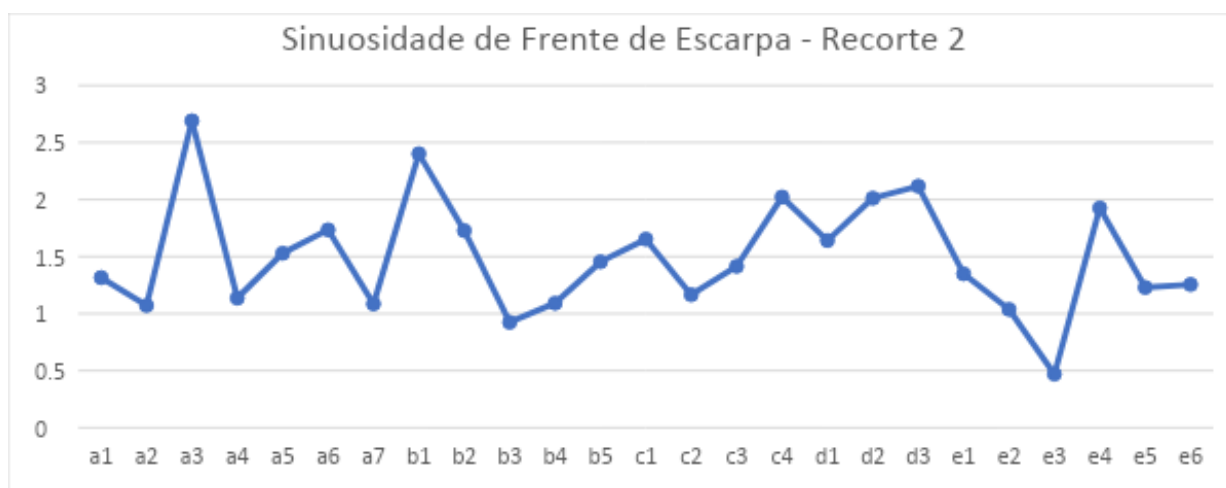
**Gráfico 2.** Sinuosidade de Frente de Escarpa – Recorte 1



Fonte: Autores, 2023.

Em seu segundo recorte tem-se valores que variam entre 1,0 e 2,7, indicando setores de escarpa que se caracterizam com influência tectônica ou uma possível influência estrutural e setores em estado intermediário ou misto (Gráfico 2).

**Gráfico 3.** Sinuosidade de Frente de Escarpa – Recorte 2



Fonte: Autores, 2023.

## DISCUSSÕES

Através da aplicação do conjunto de técnicas propostas no presente estudo, apresentaram resultados que indicam controle estrutural sobre a rede de drenagem da BHRC, os dados que apresentam tais indícios também indicam um relevo de características montanhosa ou dissecado. Características essas que podem ser observadas quando se destacam as diferenças no relevo da bacia, composta por dois compartimentos do planalto da Borborema, os

supracitados: Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas e a Depressão Intraplanáltica do Ipanema.

Ainda sobre o controle estrutural, tal característica pode ser realçada como uma possível consequência do evento datado do Brasiliano que, segundo a tese mais aceita atualmente, teria soerguido o núcleo cristalino dando origem ao Planalto da Borborema. Além disso, o controle estrutural também pode ser relacionado com o arcabouço litológico, possuindo disparidades advindas de processos diferenciados, como é o caso da dissecação epigênica ocorrida no alto curso do Rio Ipanema, que caracteriza a depressão intraplanáltica como destacado por Corrêa et al. (2010).

Tais características também podem ser relacionadas com as quebras de maior destaque observadas a partir da aplicação do índice de declividade de canal normalizado ( $K_{sn}$ ), levando em consideração que a quebra contida na isolinha de 650 metros. Esta pode ser considerada uma zona de transição entre os dois compartimentos, bem como a transição de um relevo que possui característica “montanhosa”, com maior dissecação, para um relevo com características de dissecação mais amena.

Com relação à análise da linha de frente de escarpa, se destaca sobretudo o segundo recorte, onde em um maior nível de detalhamento foi possível observar que, em sua grande maioria, os trechos analisados tem como característica estarem sobre influência tectônica ou estrutural, de acordo com a proposta de Bull e McFadden (1997).

O controle estrutural apresentado a partir da aplicação dos índices morfométricos utilizados no presente estudo, tem como principal característica os próprios condicionantes do arcabouço litológico, como a resistência das rochas que compõem os grupos geológicos inseridos na área da BHRC.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa maneira, conclui-se, que aplicação dos Índices morfométricos na BHRC, foi uma forma de conhecer um pouco mais não só a bacia de estudo, quanto toda região em relação aos processos e parâmetros definidores nas questões geomorfológicas, geológicas e climáticas.

No entanto, com os Índices, mostrou-se a identificação de influências na rede de drenagem. Os resultados da hierarquização corroboraram com a aplicação da Relação de Bifurcação. Assim, como as quebras de patamares ( $K_{sn}$ ) se relacionam com a Sinuosidade de Linha de Escarpa.

Então, na BHRC foi percebido um controle estrutural na sua rede drenagem, associando-se estes condicionantes a todo arcabouço geológico e litológico presentes na análise das formas.

Por fim, a bacia em apreço se caracteriza pelos grandes eventos geológicos e tectônicos acometidos no passado, que agora podem ser melhor entendidos a partir da aplicação de diversos índices morfométricos, indicando como se estruturam e se comportam os processos desenvolvidos na área da bacia.

## REFERÊNCIAS

BERTOLINI, William Zanete; DEODORO, Sandra Cristina; ZAMBOT, Nadialine. Morphometric analysis of Chapecó river basin: Searching for vestigial trace of neotectonic on a basaltic landscape at southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 124, p. 104271, 2023.



BRITO NEVES, B.B. América do Sul: quatro fusões, quatro fissões e o processo acrecionário andino. Bahia. VII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Anais SBG. 11-13. 1999.

BULL. W.; MCFADDEN, L. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Proceedings Vol. of 8th Annual Geomorph. Symp. (Edited by Doering, D.O.) State University of New York at Binghamton, Binghamton, NY. 1977, 116-138. 1977.

CHRISTOFOLETTI, A. - Geomorfologia. São Paulo: Editora Edgar Blücher. 2ª edição, 188p. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP. 1974.

CORREA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C. MONTEIRO, K. A. CAVALCANTI, L. C. S. LIRA, D. R. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, São Paulo. 2010.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Brasília: CPRM, 2009.

GILBERT, G. K. Report on the geology of the Henry Mountains. Washington: Government Printing Office, 1877.

HACK, J. T. Stream profile analysis and stream gradient index. Journal Research of U. S. Geological Survey, v. 1, 421-429, (1973).

HORTON, R. E., Erosional Development Of Streams And Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach To Quantitative Morphology. Geological Society of America Bulletin, (1945).

LIU, C. C. Análise estrutural de lineamentos em imagens de Sensoriamento Remoto: aplicação do Estado do Rio de Janeiro. 1984. 175f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

LIU, F., YAO, X., LI, L. Applicability of Geomorphic Index for the Potential Slope Instability in the Three River Region, Eastern Tibetan Plateau. Sensors (Basel). 2021 Sep 29;21(19):6505. doi: 10.3390/s21196505. PMID: 34640823; PMCID: PMC8512713.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. Mercator, Fortaleza, 2014.

MICCADEI, Enrico; CARABELLA, Cristiano; PAGLIA, Giorgio. Morphoneotectonics of the Abruzzo Periadriatic area (central Italy): Morphometric analysis and morphological evidence of tectonics features. **Geosciences**, v. 11, n. 9, p. 397, 2021.

NAEMITABAR, Mahnaz; ASADI, Mohammadali Zanganeh; KARAMI, Mokhtar. Morphometric analysis for the assessment of relative tectonic activity using GIS-based multi-

criteria analysis (case study: Torbat Heydariyeh Kalshur Basins, Iran). **Arabian Journal of Geosciences**, v. 15, n. 11, p. 1037, 2022.

NAG, S. K., Morphometric Analysis Using Remote Sensing Techniques in the Chaka Sub-basin, Purulia District, West Bengal. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 26, No. 1&2, 1998.

PEIFER, D., CREMON, E. H., & Alves, F. C. (2020). FERRAMENTAS MODERNAS PARA A EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS DE GRADIENTES FLUVIAIS A PARTIR DE MDES: UMA REVISÃO. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 21(1).

<https://doi.org/10.20502/rbg.v21i1.1732>

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. Stepped surfaces and Paleolandforms in the Northern Brazilian

<Nordeste>: Constraints on models of morfotectonic evolution. *Geomorphology*, v. 3: 89-122, 2003.

RAI, Praveen Kumar et al. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India. **Applied Water Science**, v. 7, p. 217-232, 2017.

SILVA, Carla Suelania; GIRÃO, Osvaldo. Análise morfométrica e caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Jaboatão (BHRJ)–Pernambuco. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 441-460, 2020.

SIMOES, Martine et al. Topographic disequilibrium, landscape dynamics and active tectonics: an example from the Bhutan Himalaya. **Earth Surface Dynamics**, v. 9, n. 4, p. 895-921, 2021.

SINHA, Joyita et al. A Review on Remote Sensing and GIS Technique-Based Morphometric Analysis. **Flexible Electronics for Electric Vehicles: Select Proceedings of FlexEV—2021**, p. 333-342, 2022

STRAHLER, A. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: Chow, V., Ed., *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw Hill, New York, 439-476, 1964.