



PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

CONDICIONANTES ESTRUTURAIS E SUAS INFLUÊNCIAS NA PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA CHATA - PE

Wemerson Flávio da Silva¹ - <https://orcid.org/0000-0002-7439-9443>

Rhandysson Barbosa Gonçalves² - <https://orcid.org/0000-0002-5424-5930>

Carla Suelânia da Silva³ - <https://orcid.org/0000-0002-5920-867X>

Leandro Diomério João dos Santos⁴ - <https://orcid.org/0000-0003-1468-8822>

George Pereira de Oliveira⁵ - <https://orcid.org/0000-0002-1892-8945>

Osvaldo Girão⁶ - <https://orcid.org/0000-0002-5797-4450>

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil*

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil**

³ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, OS, Brasil***

⁴ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil****

⁵ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil*****

⁶ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil*****

Artigo recebido em 27/09/2021 e aceito em 27/01/2022

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio da Chata tem como principal característica um controle estrutural de sua drenagem que se reflete nas unidades geomorfológicas e na morfologia do canal principal. A drenagem segue a direção dos *trends* regionais SW-NE / NW-SE. Sendo assim, o rio da Chata sofre uma inflexura que muda abruptamente a direção do canal fluvial condicionado pela falha de empurrão e a Zona de Cisalhamento (ZC) dextral. Posteriormente, o canal principal da bacia se encaixa sobre uma ZC sinistral seguindo de forma retilínea até a sua foz sobre o vale estrutural. Ao longo do percurso o canal vai se adaptando as estruturas geológicas subjacentes onde, por vezes, é comandado pela erosão diferencial, ora pela ação direta das falhas e Zonas de Cisalhamento.

Palavras-chave: Estrutura Geológica; Índices Morfométricos; Unidades Geomorfológicas; Canal Fluvial.

* Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: wemerson.fsilva@gmail.com

** Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco. rhandysson@hotmail.com

*** Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: csuelania.geografia@gmail.com

**** Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: leandrodiomerio@hotmail.com

***** Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: georgegeotec15@gmail.com

***** Professor Associado 4 do Departamento de Ciências Geográficas na Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: osgirao@gmail.com

STRUCTURAL CONSTRAINTS AND THEIR INFLUENCES ON THE GEOMORPHOLOGICAL LANDSCAPE AND MAIN CHANNEL OF THE CHATA'S RIVER HIDROGRAPIC BASIN - PE

ABSTRACT

The Chata's river hydrographic basin has as main characteristic an structural control of its drainage that has impact on the geomorphological units and the main canal morphology. Drainage directions follow the regional trends NE-SW/NW-SE, just as the Chata river suffers an inflection that changes abruptly the direction of the fluvial canal affected by the thrust fault and the dextral Shearing Zone. Later, the basin's main canal fits itself over a sinistral Shearing Zone going in a straight way until its mouth over the structural valley. Along the canal's course it self-adapts to underlying geological structures where, sometimes, it's oriented by differential erosion, or by direct impact of faults and Shearing Zones.

Keywords: Geological Structure. Morphometric index. Geomorphological Units. River Channel.

CONDICIONES ESTRUCTURALES Y SUS INFLUENCIAS EN EL PAISAJE GEOMORFOLÓGICO Y EL CANAL PRINCIPAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO DA CHATA - PE

RESUMEN

La cuenca hidrográfica del río Chata tiene como característica principal un control estructural de su drenaje que incide en las unidades geomorfológicas y en la morfología del canal principal. Las direcciones de drenaje siguen las tendencias regionales NW-SW / NW-SE, al igual el río Chata sufre una inflexión que cambia abruptamente la dirección del canal fluvial afectado por la falla de empuje y la zona de cizallamiento diestra. Posteriormente, el canal principal de la cuenca se encaja sobre una zona de cizallamiento sinistral que va en línea recta hasta su desembocadura sobre el valle estructural. A lo largo del curso del canal se autoadapta a las estructuras geológicas subyacentes donde, a veces, se orienta por erosión diferencial o por impacto directo de fallas y zonas de cizallamiento.

Palabras clave: Estructura geológica. Índices morfométricos. Unidades Geomorfológicas. Canal del río.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio da Chata apresenta em seu contexto geomorfológico e de padrões de drenagem significativas evidências de condicionamento estrutural. Inserida dentro da bacia hidrográfica do rio Una, cujo arcabouço geológico regional configura-se como setor sul da Província Borborema composto por vários terrenos geológicos. Dentre estes, destaca-se o Terreno/Maçico Pernambuco-Alagoas. As estruturas que limitam o respectivo substrato geológico são a norte o Lineamento Pernambuco, uma zona de cisalhamento transcorrente dextral de direção E-W e a sul por zonas de cisalhamentos contracionais. O terreno/maçico Pernambuco-Alagoas tem 70.000 km² de extensão apresentando formato triangular e composto por granito-migmatito e

numerosos plútons do Brasileiro, com presença de batólitos e gnaisses-migmatito do Arqueano (BRITO NEVES et al. 2000; CPRM, 2014).

Para Brito Neves e Silva Filho (2019) a complexidade litoestrutural de evolução policíclica sugere uma história geotectônica mais rica dessa área, desse modo, as denominações terreno e/ou maciço não se adequam mais, isto posto, a alcunha de “Superterreno” foi proposta pelos autores. As áreas correspondentes as bacias hidrográficas do rio Sirinhaém e Una, localizadas ao sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco (ZCPE), são marcadas por Zonas de Cisalhamentos (ZC) de *trend* regional NE-SW (CPRM, 2004; 2014). Essas estruturas têm forte influência sobre a rede de drenagem desses sistemas fluviais no que tange ao padrão de vale, processo de dissecação, mudanças abruptas na direção dos canais, entre outras características.

A compreensão das reativações de estruturas pré-existentes e sua influência nas formas de relevo é importante no sentido de compreender a evolução da paisagem geomorfológica na conjuntura pós-rifte, ou seja, após a separação entre a América do Sul e a África (BEZERRA *et al.*, 2014). Portanto, as atuais formas observadas na paisagem foram condicionadas por estruturas geológicas pretéritas, bem como decorrentes das mudanças climáticas ocorridas durante o tempo geológico. No caso do setor da borda leste do Planalto da Borborema, a organização das formas de relevo começou a se estabelecer após a abertura final do Atlântico no Cretáceo Inferior. Salientando que o recuo da escarpa ocorre a partir de processos denudacionais pela ação dos canais fluviais das principais bacias hidrográficas desse setor (CORRÊA et al. 2010; GIRÃO et al. 2013; MONTEIRO e CORRÊA, 2020).

Sobre o contexto da bacia hidrográfica do rio da Chata, o canal principal sofre uma inflexura da qual conduz à uma mudança brusca em sua direção em trecho do médio curso por ação direta de uma falha de empurrão e uma Zona de Cisalhamento dextral. Posteriormente a isso, o respectivo canal se encaixa sobre uma ZC sinistral e segue até sua foz totalmente condicionado por essa estrutura. Inclusive com a presença no trecho onde o rio da Chata está sobre o Vale Estrutural de mudanças abruptas de 90° do canal formando cotovelos de drenagem, os quais destacam-se como pontos de retenção de sedimentos.

O objetivo do presente trabalho é compreender como o condicionamento estrutural conduziu as características específicas da bacia do rio da Chata, principalmente em seu canal principal, e como influenciou nas unidades geomorfológicas, inflexura do canal principal, padrão de dissecação e características morfológicas. O respectivo canal apresenta padrão meandrante em seu alto curso

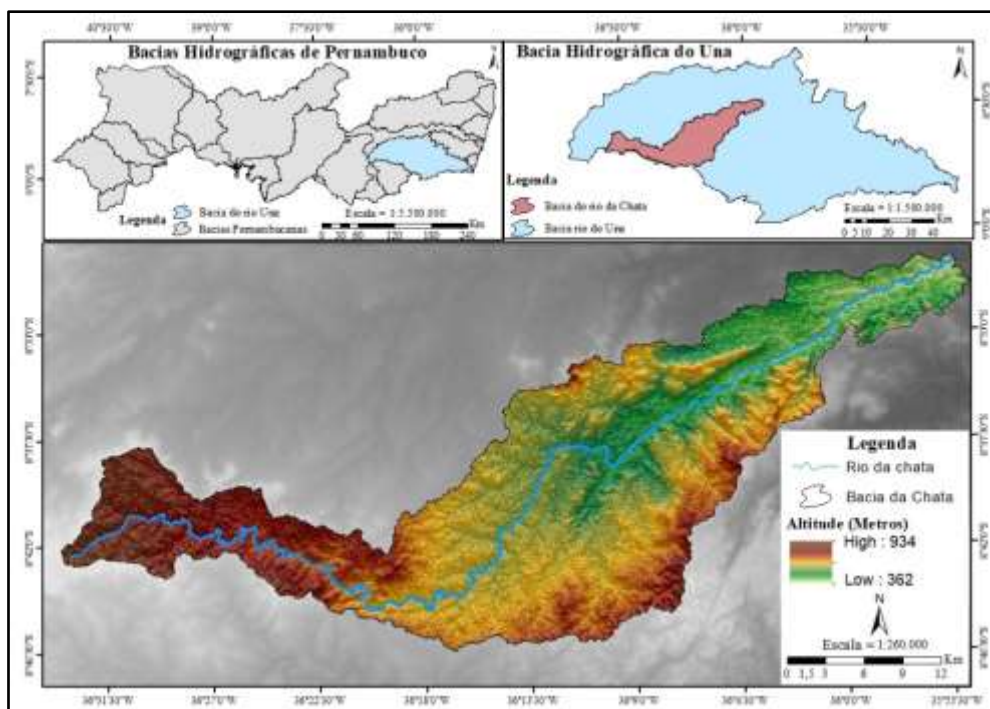
(devido a erosão diferencial) e retilíneo no baixo (em função do encaixe na ZC sinistral). Estas peculiaridades fazem do rio da Chata um canal fluvial significativamente influenciado pela estrutura atuante sobre a bacia hidrográfica.

METODOLOGIA

Caracterização da área

A bacia do rio da Chata encontra-se circunscrita na bacia hidrográfica do Una (FIGURA 01), a qual corresponde a Unidade de Planejamento Hídrico 5 (UP5), estando localizada no sul do Estado de Pernambuco (APAC, 2018). A bacia hidrográfica da Chata está assentada entre as coordenadas geográficas 08°30'00" e 08°46'30" de latitude sul, e 35°58'30" e 36°32'30" de longitude oeste no agreste pernambucano. Tendo sua delimitação ao norte, leste e oeste com o rio Una e ao sul com a bacia do rio Mundaú no Estado de Alagoas.

FIGURA 01: LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA CHATA, PERNAMBUCO.

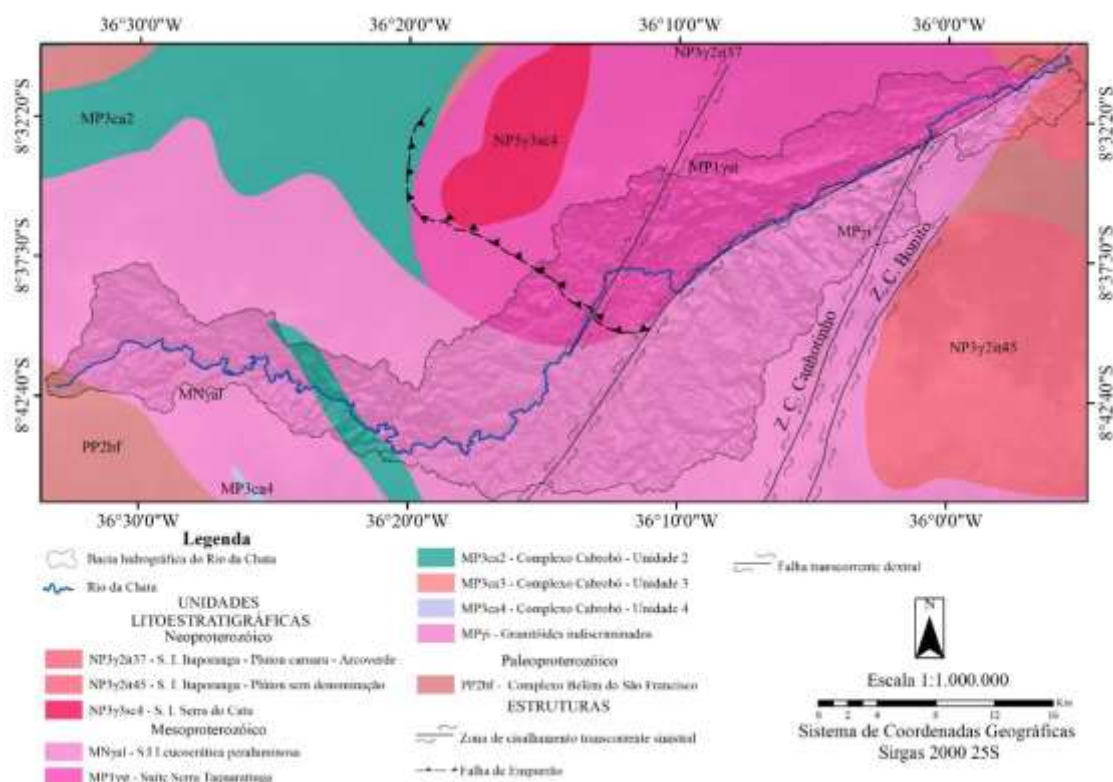


Fonte: ZAPE (2000), modificado pelos autores, 2021.

A composição geológica correspondente a bacia hidrográfica do rio da Chata apresenta três unidades litoestratigráficas, as quais são: Suíte Intrusiva Serra Taquaritinga atrelada ao domínio dos complexos gnaiss-migmatitos e granulíticos e apresentando metaxistos e ortognaisses, biotita sienogranito porfíritico; Suíte Intrusiva Leucocrática peroluminosa que compõe o domínio dos complexos granitoides deformados com presença de metagranitoides, leucogranitoides

granodioríticos a graníticos; Complexo Cabrobó 2 relacionado ao complexo das sequências vulcanossedimentares proterozoicas dobradas com litótipos como biotita e/ou muscovita xisto gnaiss, leucognaiss, metagrauva e migmatitos (CPRM, 2008; 2014). Percebe-se de maneira nítida que a Zona Cisalhamento do rio da Chata divide a Suíte Serra Taquaritinga da Suíte Intrusiva Leucocrática peroluminosa, por conseguinte, o canal fluvial vai se adaptando justamente sobre essa ZC sinistral (FIGURA 02).

FIGURA 02 – MAPA DAS UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS E ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA BACIA DO RIO DA CHATA



Fonte: Geobank, 2008

Registros sismológicos são encontrados ao longo da Zona de Cisalhamento Pernambuco, conforme apontado por Bezerra et al. (2011) e Lima Neto et al. (2014), apresentando a distribuição dos sismos uma tendência NE. A ocorrência de tremores e falhas sismogênicas foram observadas também no bloco ao sul da ZCPE destacados por mecanismos focais, planos de falha e tensões crustais na região de Serra Verde e Barra da Chata (LIMA NETO et al., 2014). Essas áreas de registro são em setores próximos a bacia hidrográfica do rio da Chata, não sendo responsáveis pela criação de relevo, mas podendo evidenciar onde se situam as estruturas que de maneira pretérita mais influenciaram na evolução tectonoestrutural da área.

Em relação a compartimentação geomorfológica, a bacia está inserida na morfoestrutura do planalto da Borborema, estando na unidade morfoestrutural da cimeira estrutural Pernambuco-Alagoas (CORREA et al. 2010). Os compartimentos morfoestruturais da bacia hidrográfica do rio Una como um todo são: Planalto da Borborema (porção meridional), Piemonte da Borborema, planalto sedimentar costeiro de Pernambuco e planície costeira (GIRÃO et al., 2013).

É importante salientar que, de acordo com Monteiro e Corrêa (2020), ao sul da ZCPE o comportamento geotectônico dos blocos tem característica rúptil, por conseguinte, a drenagem das bacias hidrográficas dos rios Sirinhaém e Una se adequam a rupturas em três patamares bem definidos com presença de significativos *knickpoints*. Portanto, essa significativa característica estrutural condiciona a drenagem da bacia em vários aspectos, dentre eles, destacáveis quebras topográficas, inflexuras de canais fluviais e padrão de dissecação a partir do limite móvel dos *knickpoints*.

Quanto aos sistemas produtores de chuvas que podem atuar na bacia hidrográfica do Una, e, por conseguinte, da bacia hidrográfica da Chata, caracterizam-se por dinâmicas diferentes agindo no alto e médio/baixo curso. Sobre o alto curso pode haver a atuação da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT de escala regional, todavia, a condição para a descida desse sistema para a latitude da área depende das condições favoráveis do Oceano Atlântico, desse modo, menos frequente (GIRÃO et al., 2013).

Os sistemas de mesoescala que se destacam com mais frequência sobre a bacia hidrográfica da Chata são o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN e Distúrbios Ondulatórios de Leste – DOL. O primeiro tem predominância de atuação durante o verão do hemisfério sul com alcance sobre o alto curso da bacia, enquanto o segundo destaca-se durante o inverno e com abrangência espacial no médio e baixo curso da bacia de drenagem.

O VCAN corresponde a sistemas meteorológicos caracterizados por centros de pressão relativamente baixa com origem na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica. O VCAN tem forte conexão com a Alta da Bolívia (AB) associada ao aquecimento continental e ao escoamento nos baixos níveis, assim como, com a Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS (FERREIRA; RAMÍREZ; GAN, 2009).

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste, também conhecido, como Ondas de Leste, são perturbações atmosféricas que ocorrem nos trópicos sob a forma de conglomerados de nuvens convectivas. Estas se deslocam para oeste, por conta do efeito de Coriolis, acompanhando um

cavado barométrico a qual provoca um movimento ascendente na parte superior do cavado e divergência a sua frente, cujo resultado pode ser significativos processos de precipitação (VAREJÃO-SILVA, 2006). Os meses de maior atuação dos DOLs sobre o leste de Pernambuco são junho e julho quando os cavados barométricos são intensificados pela expansão do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) durante o período outono/inverno (GIRÃO et al., 2013).

Essa diferença de alcance dos sistemas atmosféricos produtores de chuva sobre a bacia hidrográfica do rio da Chata faz com que haja repostas distintas na paisagem, por conseguinte, o alto curso apresenta uma característica de ambiente semiárido com intermitência do fluxo hídrico, enquanto o médio e baixo curso exhibe um contexto de agreste e curso perene do canal principal, sobretudo no baixo curso quando em sua foz se encontra com o rio Una.

Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos utilizados correspondem a ferramentas de SIG para compreender parâmetros morfométricos e morfológicos da bacia do rio da Chata como lineamentos de relevo, relação declividade-extensão, mapeamento geomorfológico, configuração de vale, assim como, trabalho de campo para validação dos mapeamentos.

Lineamento do relevo

Para fins metodológicos, o conceito adotado é o proposto por Etchebehere et al. (2004), que definem lineamentos como "feições lineares topográficas ou traços observáveis nas imagens fotográficas, que podem representar descontinuidades estruturais". Estes traços foram anotados com a preocupação de se evitar interferências de extensões ou continuidades no terreno, limitando-se mais fielmente possível, ao aspecto factual observado nas imagens de sensores remotos, conforme recomendado por diversos autores (LIU, 1984; TAYLOR, 1988).

Para extração dos lineamentos foi gerado um Modelo Digital de Elevação – MDE a partir de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que posteriormente foram tratados por meio da ferramenta *Hillshade* do software ArqGis 10.3, de forma a se obter quatro iluminações de azimutes, em 360°, 315°, 90° e 45°. A partir destes sombreamentos os lineamentos foram traçados através da visualização de cristas alinhadas, fundos de vales e drenagens. Este método foi utilizado por Fonsêca e Corrêa (2011); Fonseca e Augustin (2014), baseados na proposta de Chiessi (2004), obtendo resultados satisfatórios.

A extração destes lineamentos visa a definição dos *trends* regionais, possibilitando um entendimento prévio das estruturas que ocorrem na região. Para o cálculo do direcionamento dos fotolineamentos foi utilizado o *software SPRING 5.2.7*, onde foi possível representar estes dados em diagramas de rosetas para cada azimuth de iluminação, o que resultou em um total de 4 diagramas.

Os lineamentos de drenagem foram obtidos através da extração da rede hidrográfica a partir dos dados SRTM no *software ArcGis 10.3*. Posteriormente foram realizadas demarcações dos canais que apresentam feições retilíneas. A partir de então, foi possível efetuar a relação entre a disposição geométrica da drenagem com a litologia, estruturas e geomorfologia.

Relação Declividade-Extensão

A identificação dos *knickpionts* se deu através da aplicação do Índice de Hack (IH) (HACK, 1973) ou Relação Declividade-Extensão - RDE (ETCHEBEHERE et al., 2004), o qual se relaciona a energia de um canal em um determinado trecho, sendo, portanto, sensível a alterações na declividade ao longo de um curso fluvial. Este se apresenta como uma importante ferramenta para a identificação de rupturas de patamar associadas a fatores de ordem litoestrutural ou tectônica.

A extração do IH foi feita a partir de uma rotina automatizada implementada no *software ArcGIS*, extensão *Knickpoint Finder* (QUEIROZ; SALAMUNI; NASCIMENTO, 2015). A mesma identifica as quebras de patamar ao longo do perfil longitudinal dos canais e as classifica em anomalias de 1º ordem (IH entre 2 e 10) e 2º ordem (IH superior a 10), conforme Seeber e Gornitz (1983).

Alguns trabalhos utilizaram essa técnica para compreensão do contexto morfoestrutural e seus reflexos na paisagem como Neto e Perez-Filho (2013); Barros; Corrêa; Tavares (2017); Monteiro e Corrêa (2020), portanto, exemplificam como essa metodologia pode ser útil na compreensão da influência da morfoestrutura e a resposta da paisagem a esses fatores.

Mapeamento Geomorfológico

Para o mapeamento geomorfológico foram utilizadas imagens de radar interferométrico resultantes da missão SRTM, disponibilizados no portal EarthExplorer, da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). O arquivo raster é planimétrico e altimétrico com resolução espacial de 30 metros/pixel e acurácia vertical de cerca de 15 metros. O Modelo digital de Elevação

foi gerado, assim como, o relevo sombreado (*Hillshade*) utilizando o programa ArcGis 10.3 para auxiliar na identificação das cotas topográficas.

A definição das unidades geomorfológicas se deu a partir da análise da base de dados geológicos e estruturais realizada pela CPRM (2008), cotas topográficas e morfologia das feições que pertencem a bacia do rio da Chata. O perfil longitudinal do canal principal juntamente com o arcabouço litológico também serviu para a definição das unidades geomorfológicas. O modelo 3D da figura 11 foi feito a partir da utilização dos dados SRTM no Global Mapper 19.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Contexto estrutural e geomorfológico que condicionam as características da bacia hidrográfica e do canal principal

A bacia do rio da Chata apresenta forte controle estrutural que foram destacados no mapa de fotolineamento e no mapa geomorfológico com a presença das estruturas. Sobre o canal principal ocorre uma mudança na direção, devido a ação de uma falha de empurrão e uma zona de cisalhamento secundária dextral não denominada pela CPRM (2008).

Por meio da análise dos fotolineamentos destacou-se que a Bacia do Rio da Chata apresenta feições com comprimento de centenas de metros até segmentos quilométricos. Estes provavelmente apontam para significativas descontinuidades do ângulo de mergulho das camadas litológicas que os sustentam, estando claramente subordinados às zonas de cisalhamento da área.

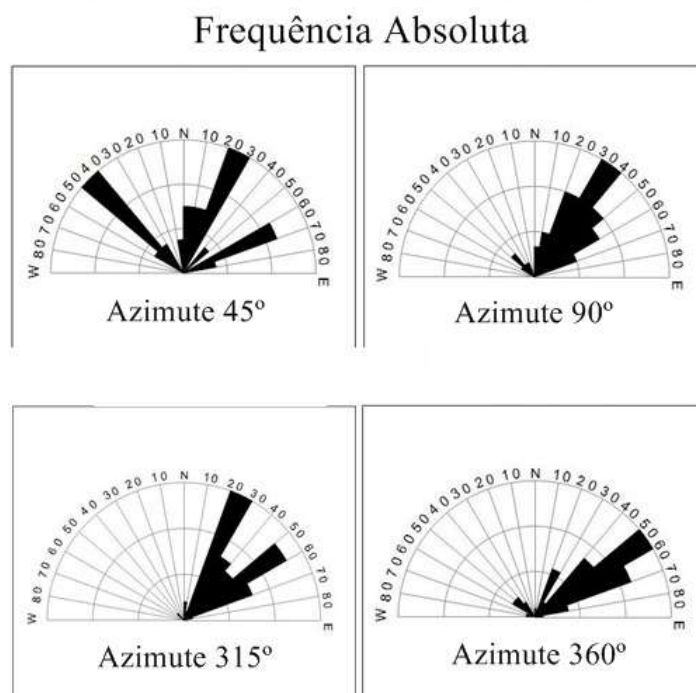
As estruturas da área estão, majoritariamente, subordinadas à Zona de Cisalhamento (ZC) Pernambuco (BRITO NEVES et.al, 2000, BEZERRA et al. 2011; BEZERRA et al. 2014), que por sua vez, orienta as ZCs secundárias Rio da Chata, Bonito e Canhotinho, nas direções SW-NE, todas de caráter transcorrente sinistral.

Para além, ainda ocorrem uma falha de empurrão de direcionamento NW-SE em associação com uma ZC de caráter transcorrente dextral com direcionamento SW-NE (CPRM, 2008). Tal contexto estrutural é responsável por ordenar a presença dos lineamentos na área da Bacia do Rio da Chata e em seus entornos. Na paisagem, tal configuração geotectônica reflete a existência de cristas e superfícies de cimeira, assim como ordena o padrão de escoamento da própria drenagem em conformidade com os *trends* regionais.

Os diagramas em roseta (FIGURA 03) apontam para a ocorrência de fotolineamentos nas direções supracitadas em todos os azimutes de iluminação. Entretanto, ao passo em que se analisa separadamente cada azimute de iluminação, notam-se peculiaridades em cada um deles, fortemente relacionadas às formas e a seus depósitos adjacentes.

O azimute de 45° de iluminação expôs predominantemente a frequência dos fotolineamentos que correspondem à subordinação estrutural atrelada às ZCs Canhotinho e Bonito, de direcionamento preferencial (SW-NE). Por conseguinte, este *trend* demarca a presença de um maciço estrutural associado a suíte metamórfica Serra Taquaratinga, delimitado pela ZC Rio da Chata. Neste azimute o direcionamento NW-SE também se apresenta de forma preponderante e demarca as encostas mais íngremes atreladas aos escalonamentos dissecados das cimeiras, a qual corresponde aos Granitóides indiscriminados; corpo metamórfico moderadamente falhado e intensamente dobrado. Este direcionamento condiciona inclusive os depósitos aluviais do Rio da Chata dispostos perpendicularmente a essas estruturas, sobretudo dentro do trecho onde o canal principal está sobre o vale estrutural.

FIGURA 03 - DIAGRAMAS EM ROSETA DE FREQUÊNCIA ABSOLUTA NOS AZIMUTES DE 45°, 90°, 315° E 360°, RESPECTIVAMENTE



Fonte: Autores, 2020.

Os fotolineamentos identificados nos azimutes de iluminação 90°, 315° e 360° exibiram concordância nos direcionamentos sujeitos às ZCs Rio da Chata e Canhotinho, parte desses fotolineamentos demarcam a inflexura do Rio da Chata de direção NNW-SSE para SW-NE, coincidindo com a área de transição entre a encosta dissecada e o vale estrutural. A partir desse ponto, a calha fluvial traça seu curso quase que exclusivamente sobre a ZC Rio da Chata. No mais, os fotolineamentos traçados correspondem a quebras de patamares sobre a unidade de cimeira conservada assentada sobre à suíte metamórfica Serra Taquaratinga.

Os dados oriundos da análise dos fotolineamentos denunciam o forte controle estrutural da Bacia do Rio da Chata, onde se observa os cursos dos rios encaixados em falhas em diversos trechos, assim como, refletindo em algumas inflexões de direcionamento SW-NE destacado na figura 04, corroborando com o que já foi apontado por MAIA & BEZERRA (2014) para o setor setentrional do Nordeste Brasileiro, esse processo também se reflete nos tributários e canal principal da bacia hidrográfica do rio da Chata.

FIGURA 04 – INFLEXÃO DO CANAL SUBORDINADA A ESTRUTURA ADJACENTE.



Fonte: Autores, 2020.

A definição das áreas prováveis de alocação dos depósitos sedimentares, a configuração da rede de drenagem e os basculamentos dos blocos que compõem a Bacia do Rio da Chata foram avaliados por meio das análises prévias de fotolineamento e posterior verificação em campo, associadas ao emprego dos índices morfométricos propostos por Hack e que serão abordados a seguir.

É importante destacar que estudo feito por Correia Filho et al. (2019) na bacia hidrográfica do rio Una, a partir de dados geofísicos e estudos de modelo digital do terreno sugerem, a ocorrência de estruturas rúpteis, com direção NW-SE, que acometeram a trama dúctil criadas pelas

zonas de cisalhamento neoproterozoicas, por conseguinte, essas falhas são possivelmente relacionadas aos processos tectônicos decorridos da abertura do Atlântico Sul.

As estruturas que compõe a bacia de drenagem analisada influenciam nos padrões de vale e características morfológicas do canal principal. Salienta-se que sobre a bacia do rio da Chata, segundo Correia Filho et al. (2019), passam transversalmente falhas e fraturas as quais podem corroborar com o controle das inflexuras que apresentam o canal principal.

Relação declividade-extensão e contexto geológico-geomorfológico

É importante salientar que os patamares de cimeira foram definidos por quebras topográficas indicando *knickpoints*, este corroborado pelo RDE, do qual foi levado em consideração apenas a projeção vertical, onde as diferenças altimétricas foram demonstradas pelas anomalias de primeira e segunda ordem. Portanto, assim como identificado por Zimmerman et al. (2008) o uso da Relação Declividade-Extensão torna-se uma ferramenta importante para indicar pontos de rupturas de gradientes as quais possibilitam a observação de patamares de relevo (FIGURA 05).

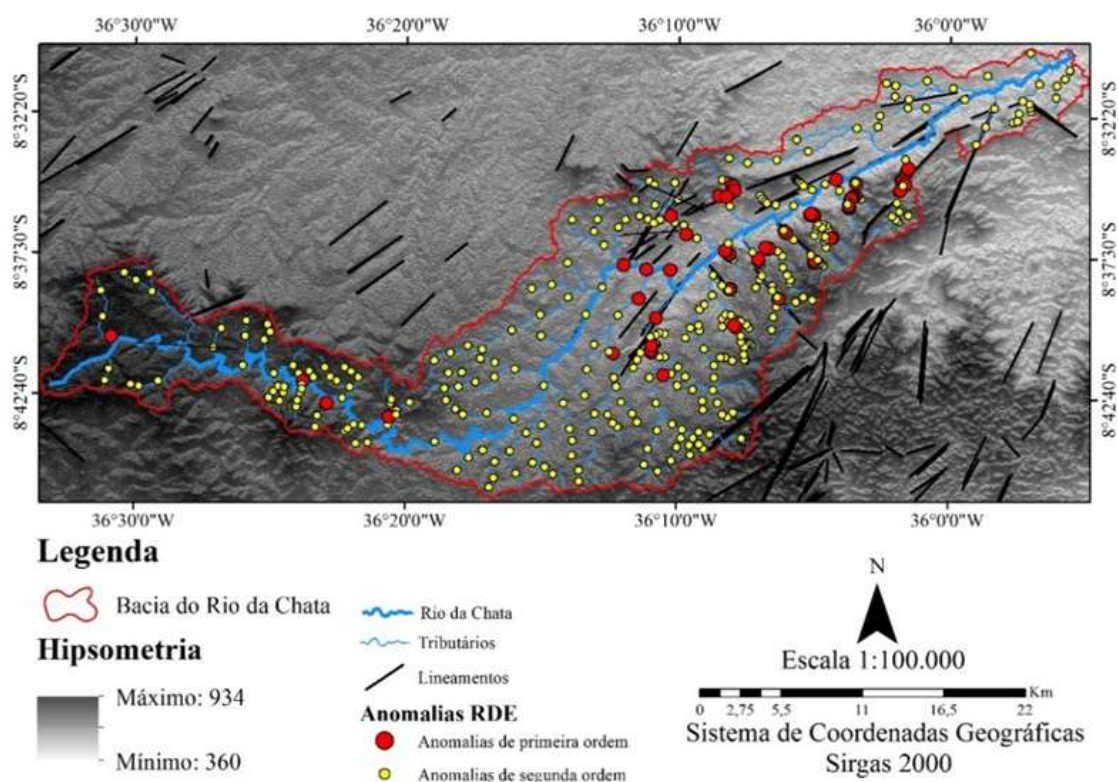
Esses *knickpoints* demarcam locais onde ocorreram mudanças no nível de base e, por conseguinte, na dinâmica do relevo (MONTEIRO, 2015; MONTEIRO e CORRÊA, 2020). Entre os patamares ocorre a presença de degraus atuando na diferença topográfica das unidades de cimeira. Essas rupturas de declive sobre a rede de drenagem demarcam o limite móvel da paisagem, por exemplo, elas separam os setores do relevo já adaptados as novas condições daqueles que ainda preservam a forma do período de pré-perturbação (CROSBY e WHIPPLE, 2006).

As anomalias de primeira ordem de acordo com Hack (1973) e conforme apontado em diversos estudos (MISSURA, 2005; ETCHEBEHERE et al., 2006; MONTEIRO, 2010, 2015; TAVARES, 2010; FONSECA e CORRÊA, 2013; GONÇALVES, 2018, CORREIA FILHO et al., 2019; MONTEIRO e CORRÊA, 2020, entre outros), parte desses em áreas do nordeste brasileiro, indicam que estas são encontradas em trechos onde a declividade apresenta-se elevada, por conseguinte, demonstram trechos onde o rio não teve tempo ou competência para suavizar a curva do perfil longitudinal do rio. Todavia, as de segunda ordem correspondem aquelas que estão com declividade acima da curva normal para o padrão da drenagem.

Os trechos com anomalias de primeira ordem da bacia do rio da Chata indicam as áreas de maior potencial hidráulico dos canais fluviais que pertencem a bacia. Sobre o canal principal

destaca-se a presença de três anomalias de primeira ordem localizadas no ponto onde o canal principal do rio apresenta uma significativa inflexura.

FIGURA 05 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS ANOMALIAS DE RDE E DE LINEAMENTOS NA BACIA DO RIO DA CHATA.



Fonte: Autores, 2021

Como apontado na análise acima ocorre uma associação entre a falha de empurrão com a ZC de caráter dextral e, portanto, como a rede de drenagem de acordo com Hack (1975) se estabelece de forma quase instantânea ao desenvolvimento do relevo, o canal principal indica uma mudança brusca em sua direção provocada pela relação entre a falha de empurrão e a ZC dextral. Esta alteração gerou um *knickpoint* mais acentuado sobre este trecho como assinalado pelas anomalias de primeira ordem (FIGURA 06). Observa-se na figura destacada abaixo o intenso fraturamento das rochas sobre o *knickpoint* nas proximidades da ZC dextral indicando os esforços tectônicos pretéritos atrelado ao processo atual de intemperismo físico.

FIGURA 06 – KNICKPOINT NAS PROXIMIDADES DA ZC DEXTRAL



Fonte: Autores, 2021.

Há de salientar que a bacia do rio da Chata apresenta trechos onde os pontos de ruptura são atrelados ao processo de erosão diferencial e outros cuja origem está diretamente ligada à estrutura geológica. Os pontos de anomalias de primeira ordem, em sua maioria, coincidem com áreas da bacia com influência das ZC e a falha de empurrão, assim como, apresentam-se perto dos lineamentos secundários mapeados pela CPRM (2008). Outras também de primeira ordem, estão atrelados a trechos da bacia onde ocorre contato com mudança litológica, ou seja, resistências diferentes das rochas ao processo denudacional. Já as de segunda ordem mostram pontos com pequenos declives assinalando rupturas desenvolvidas preferencialmente por processos de erosão diferencial.

Correlacionando o mapa geológico com a representação cartográfica da distribuição espacial das anomalias de drenagem, observamos exemplos de três anomalias de primeira ordem concentradas no alto curso da bacia hidrográfica do rio da Chata cuja origem é dada por erosão diferencial. O contato entre a Suíte Intrusiva Leucocrática peroluminosa e Complexo Cabrobó – Unidade 2 produziu essa sequência de *knickpoints* ocasionados por diferença litológica das unidades geológicas.

A segunda concentração de *knickpoints* relacionados as anomalias de primeira ordem está estritamente relacionada as ações das estruturas geológicas, principalmente os esforços gerados a partir da ação da ZC Rio da Chata, a qual nitidamente separa as unidades geológicas Suíte Serra

Taquaritinga e Suíte Intrusiva Leucocrática peroluminosa. Destaca-se também a presença da falha de empurrão e ZC dextral com forte herança estrutural na paisagem geomorfológica presente na bacia hidrográfica. A geodinâmica das Zonas de Cisalhamento ocasionou tributários retilíneos totalmente condicionados a estrutura das quais depositam seus sedimentos sobre o vale estrutural com características de *floodout*. Portanto, sobre a bacia hidrográfica do rio da Chata a concentração maior de anomalias de primeira ordem se deu sobre a área de forte controle estrutural condicionado pelas respectivas Zonas de Cisalhamento.

Morfoestrutura e mapeamento das unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio da Chata

O mapeamento das unidades geomorfológicas da bacia do rio da Chata levou em consideração seu contexto estrutural e como as morfologias se adaptaram nesta paisagem. Como observado acima, as zonas de cisalhamentos condicionam grande parte das morfologias, inclusive a dinâmica fluvial do rio principal.

Em uma análise regional do contexto Morfoestrutural do Planalto da Borborema, Corrêa et al. (2010) propôs uma compartimentação do referido planalto do qual o mesmo é subdividido em 8 compartimentos megageomorfológicos, por conseguinte, a bacia do rio da Chata encontra-se localizada na área classificada como Cimeira Pernambuco-Alagoas.

Lima e Corrêa (2016) em um estudo sobre mapeamento geomorfológico do município de Garanhuns classificam o compartimento entre 900 e 800 metros de Cimeira Somital na superfície PE/AL, onde a topografia retém a umidade de E-SE favorecendo o desenvolvimento de solos úmidos, formação de depósitos sedimentares de colúvio e leques aluviais nos sopés de encostas e fundos de vale. Todavia, a bacia do rio da Chata está localizada ao norte de Garanhuns, portanto, sob uma área de sombra pluvial em relação as dinâmicas climáticas que atuam sobre a cimeira.

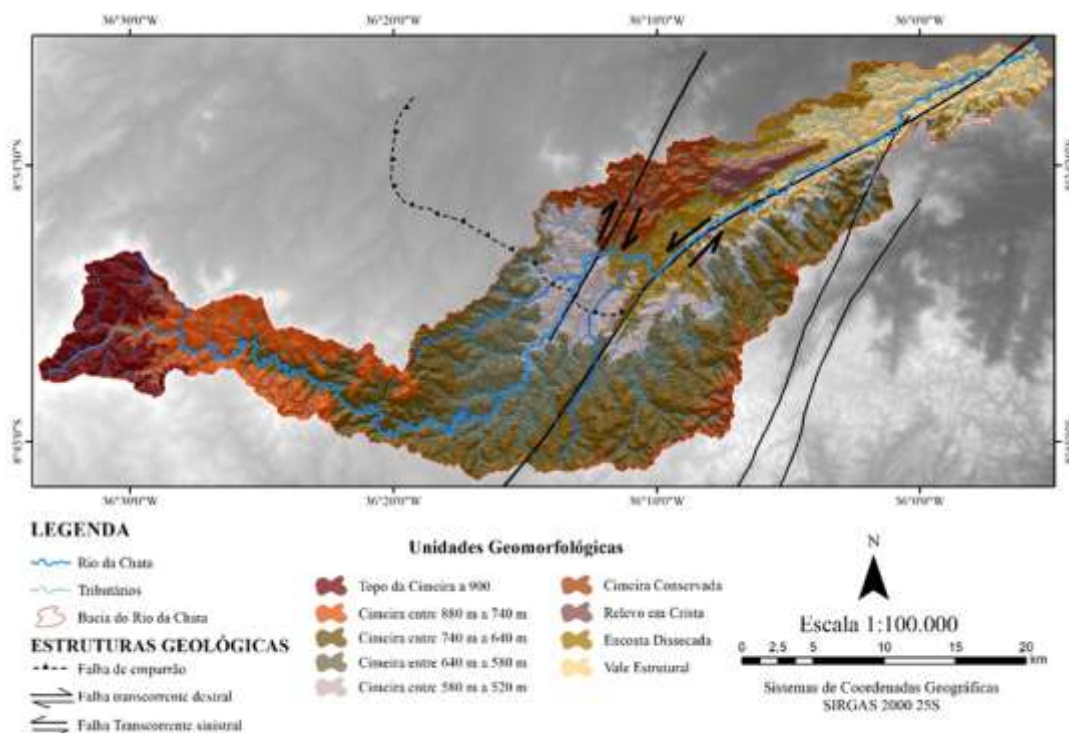
As unidades geomorfológicas da bacia do rio da Chata (FIGURA 08) foram classificadas em função da diversidade litoestratigráfica e padrões de formas aplicados na individualização das unidades geomorfológicas, assim como em quebras de patamares topográficos. Essas unidades geomorfológicas da bacia do rio da Chata apresentam em seu alto até o médio curso um padrão de erosão remontante a partir da ação do rio principal.

As quebras topográficas estão ligadas a *knickpoints* e o padrão de dissecação relacionado ao canal principal é deslocado por conta da inflexura, ou seja, mudança de direção do rio da Chata,

onde foram identificadas três anomalias de primeira ordem sobre a encosta dissecada, a qual está o *knickpoint* mais acentuado, indicando o limite móvel do declive topográfico mais significativo da bacia hidrográfica do rio da Chata.

Em vista disso, ocorre um deslocamento da “linha” de erosão remontante que passa ser dissecada por canais de ordem inferior, principalmente sobre a área por onde passa a ZC do rio da Chata, por conseguinte, após a inflexura o canal principal se encaixa na ZC sinistral de mesmo nome do rio. Observa-se que a falha de empurrão teve substancial contribuição na mudança de direção do canal principal deslocando o bloco rochoso ao qual o canal principal foi “encaixando” junto com o deslocamento da estrutura.

FIGURA 08 – MAPA DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA BACIA DO RIO DA CHATA JUNTO COM AS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS



Fonte: Os autores, 2021/estrutura da CPRM, 2008

Em relação as unidades geomorfológicas de maneira específica, as **cimeiras entre 900 até 580 metros** (FIGURA 09) estão distribuídas pelo complexo Belém São Francisco, passando pela Suíte Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, granitoides indiscriminados e Complexo Cabrobó com padrões de dissecação se deram por erosão diferencial sobre zonas de fraqueza entre as litologias, destacando-se o canal principal como principal vetor erosivo. No alto curso do rio ocorre um padrão

meandrante indicando que a incisão fluvial se aproveitou das litologias mais tenras, portanto, é notório a influência da estrutura sobre a morfologia.

Como apontado por Correia Filho et al. (2019) em seu trabalho na bacia do rio Una, a área correspondente a bacia do rio da Chata fica inteiramente sobre rochas do mesoproterozóico, embora com litologias diferenciadas, o alto curso do respectivo rio apresenta algumas fraturas que podem ter influenciado na erosão diferencial, e, por conseguinte, nas quebras e morfologia meandrante do canal principal.

FIGURA 09 – TOPO DE CIMEIRA A 900 M (A) E CIMEIRA ENTRE 740 A 640 M (B).



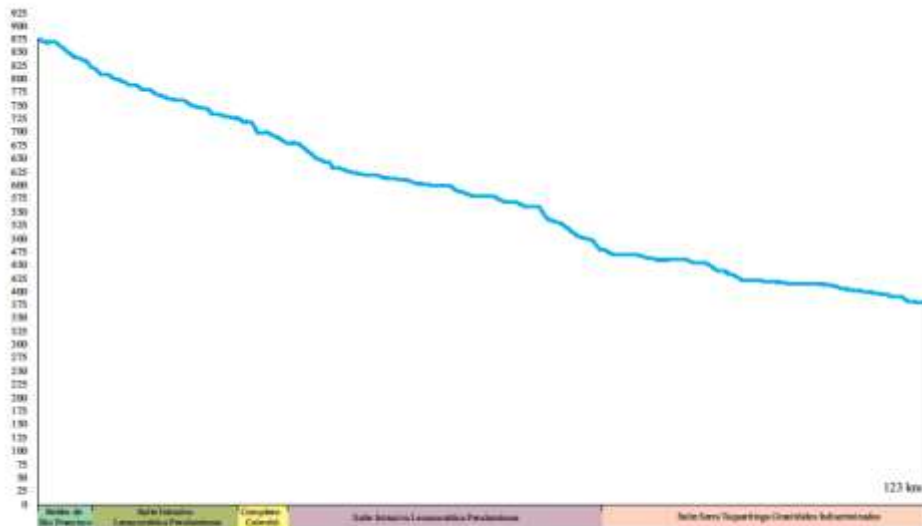
Fonte: Os autores, 2021

No perfil longitudinal (FIGURA 10) do canal principal da referida bacia observa-se que as principais quebras topográficas estão relacionadas a mudança de litologia das quais destacam-se Complexo Belém São Francisco, Suíte Intrusiva Leucocrática Peraluminosa, Complexo Cabrobó e Suíte Serra Taquaritinga (CPRM, 2008). Essa configuração litológica atrelada as estruturas anteriormente apresentadas condicionam as características morfológicas do canal principal da bacia do rio da Chata.

Todavia, é importante descartar o papel das estruturas, principalmente a relação da falha de empurrão e a ZC dextral, juntamente com a ZC sinistral do rio da Chata, na configuração da ruptura de declive principal, ou seja, no trecho entre a cimeira e a encosta dissecada. Essa quebra de patamar topográfico no médio curso da bacia hidrográfica configura-se como ponto de limite móvel do canal fluvial com origem relacionada aos esforços tectônicos pretéritos, como também, da erosão

diferencial entre os tipos de rocha das unidades geológicas Suíte Leucocrática peraluminosa e Suíte Serra Taquaritinga.

FIGURA 10 – PERFIL LONGITUDINAL DO RIO DA CHATA COM AS RESPECTIVAS QUEBRAS E A RELAÇÃO COM AS LITOLOGIAS



Fonte: Os autores, 2021

A **Cimeira entre 580 a 520 metros** que está sobre a Suíte Serra Taquaritinga se configura, juntamente as **cimeiras entre 900 até 580 metros**, como o único setor da bacia onde as estruturas geológicas não condicionam a dissecação de maneira mais incisiva, havendo uma epigenia mais atenuada em relação ao restante do sistema fluvial. Os vales aqui são resultado da capacidade que as drenagens tem de erodir o seu leito. Após esta, o rio da Chata muda de direção (inflexura) devido a ação de duas estruturas locais mapeadas pela CPRM (2008): uma falha de empurrão e uma ZC dextral. Portanto, a inflexura que ocorre no canal principal é resultado da relação entre a falha de empurrão e a ZC dextral, por conseguinte, o rio da Chata se encaixa em um vale estrutural e é totalmente condicionado até sua foz pela ZC sinistral rio da Chata.

A inflexura provoca uma dissecação acentuada que conduz a formação da encosta dissecada, e como já dito anteriormente, os *knickpoints* mais significativo da bacia. Essa unidade geomorfológica passa a ser erodida por canais de ordem inferior, todavia, condicionados a ZC sinistral do rio da Chata, ou seja, mesmo sendo canais de hierarquia menor, os mesmos se aproveitam da referida zona de cisalhamento para aprofundar o processo denudacional.

Em relação a **Encosta dissecada**, a mesma está sobre o contato entre a Suíte Serra Taquaritinga e Suíte Intrusiva Leucocrática peraluminosa que são divididos pela ZC sinistral rio da Chata. Representam os pontos de maior declividade e compreendem as encostas da cimeira entre

580 a 520 metros, da cimeira conservada e do relevo em crista (FIGURA 11). Esta unidade geomorfológica marca o contato entre as topografias mais altas e o vale estrutural. Observa-se que essa feição e as que se seguem posteriormente estão condicionadas as ações das ZC dextral e sinistral, além da falha de empurrão, que possibilitou a separação das litologias em lados opostos e criando zonas de fraqueza que possibilitam o processo de dissecação.

FIGURA 11 – CONTATO ENTRE O RELEVO EM CRISTA E O VALE ESTRUTURAL



Fonte: Os autores, 2021

A erosão diferencial atuou principalmente sobre as zonas de fraquezas geradas pela ZC sinistral rio da Chata, a qual potencializa a capacidade de erodibilidade dos canais de ordem inferior. Além disso, marcam o contato com duas unidades litológicas diferentes corroborando ainda mais com a erosão diferencial. Os sedimentos são transportados para o vale estrutural onde por vezes são estocados por falta de capacidade de escoamento do canal principal, ou por barramentos devido a alternâncias abruptas no direcionamento do curso do rio, condicionados pela ZC sinistral rio da Chata.

O **Vale estrutural** se apresenta, possivelmente, como resultado dos esforços ocorridos entre a falha de empurrão, a ZC dextral e a ZC sinistral rio da Chata. Essa relação pode ter provocado o afastamento dos blocos entre a cimeira conservada e o relevo em crista para um lado e a cimeira entre 640 a 580 metros e a cimeira de 580 a 520 metros para o outro, gerando um espaço de acomodação para deposição de sedimentos. Nota-se que os blocos de cimeira separados apresentam cotas altimétricas diferentes, portanto, pode ser um indicio de basculamento, o qual não necessariamente é pós-rifte.

A erosão diferencial provavelmente atuou sobre as áreas de fraturas ocasionadas pelos esforços durante a reativação do Cenozoico evidenciando a forma do vale. O próprio canal principal da bacia, condicionado pela ZC sinistral rio da Chata, segue sobre o vale estrutural com indícios na morfologia do canal da influência da ZC sinistral.

O canal fluvial apresenta mudanças abruptas de 90° formando cotovelos de drenagem com presença de estoque de sedimentos nesses trechos. O vale estrutural corresponde ao nível de base local para os sedimentos que são transportados pelo processo erosivo do canal principal, como também, dos canais de ordem inferior, tornando esta unidade geomorfológica um espaço de acomodação de sedimentos que só são remobilizados em episódios anômalos de precipitação.

O **Relevo em crista** se apresenta na paisagem com direção condicionada a ZC sinistral rio da Chata e falhas secundárias identificadas pela CPRM (2008). Composta pela Suíte Serra Taquaritinga o relevo em crista se mantém destacado na bacia hidrográfica possivelmente pela ação direta de quatro falhas presumidas pela CPRM (2008) que sustentam esta unidade a uma altitude de 650 metros. A declividade é mais acentuada na face onde a crista faz contato com o vale estrutural e torna-se mais suave na ligação com a encosta dissecada (FIGURA 12).

Portanto, o caráter estrutural é o principal determinante para a composição geomorfológica e, sobretudo, na dinâmica fluvial do canal principal da bacia do rio da Chata. A morfologia da paisagem e os processos fluviais são resultado de suas adaptações ao longo do tempo ao arcabouço geológico subjacente.

FIGURA 12 – RELEVO EM CRISTA



Fonte: Os autores, 2021

Influência da morfoestrutura sobre o canal principal

A bacia hidrográfica do rio da Chata apresenta padrão de drenagem dendrítico com os canais fluviais expondo trechos retilíneos (FIGURA 13) alternados por inflexões (FIGURA 13 A e B). Ressalta-se neste caso o canal do rio principal, decorrente da subordinação da drenagem aos comandos estruturais regionais, principalmente das ZC dextral e falha de empurrão que promoveram a mudança de direção do rio principal. A partir disso, a ZC sinistral do rio da Chata determina seu seguimento mais retilíneo até a foz, quando o mesmo se encontra com o rio Una se adaptando as estruturas herdadas.

FIGURA 13 – INFLEXÕES (A E B) E CANAL RETILÍNEO (C), SETAS INDICAM O DIRECIONAMENTO DE FLUXO



Fonte: Os autores, 2021

Corrêa et al. (2010) discute em seu trabalho que a estrutura é o arcabouço ao qual os sistemas morfogenéticos se sobrepõem hierarquicamente, portanto, os processos de dissecação, em diferentes climas, estão influenciados pela natureza e disposição das rochas e pela evolução tectônica geral da região. Por conseguinte, a erosão está subordinada ao relevo criado primordialmente pela estrutura.

No caso da bacia do rio da Chata, os condicionantes estruturais são evidentes neste sistema fluvial como um todo, assim como, se refletem no canal principal. Este contexto corrobora com Tricart (1974) quando o mesmo afirma que o papel das estruturas herdadas exerce, em geral, um controle muito maior sobre a morfogênese comparados a áreas de eventos tectônicos ativos.

Nesse contexto, observa-se o sistema fluvial como organização espacial morfológica que se adapta rapidamente aos eventos tectônicos, isto independe da magnitude destes respectivos episódios ocorridos sobre a crosta terrestre (ETCHEBHERE, 2004, MONTEIRO et al. 2010, CORREIA FILHO et al., 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou compreender a relação entre o contexto estrutural, a paisagem geomorfológica e a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do rio da Chata. As drenagens, seguem os *trends* regionais, o canal fluvial principal sofre uma inflexura (ação da falha de empurrão e ZC dextral) e, posteriormente, fica encaixado em Zona de Cisalhamento sinistral onde toda sua morfodinâmica passa a ser comandada por esse condicionante estrutural. Além disso, áreas após as anomalias de drenagem de primeira ordem e sobre as mudanças de 90° no curso principal da bacia hidrográfica se mostraram significativos *locis* deposicionais.

A bacia hidrográfica do rio da Chata, portanto, é um exemplo de como o arcabouço geológico subjacente pode refletir sobre a superfície geomorfológica e como a drenagem vai se adaptando a essas estruturas. O seguimento dos estudos, tanto morfoestrutural, quanto fluvial se fazem necessário para melhor compreensão da evolução dessa bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE.

REFERÊNCIAS

- APAC. **Agência Pernambucana de Águas e Clima. Bacia do rio Una.** Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=23. Acessado em: 03/10/2018.
- BARROS, A. C. M.; CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C. Controles Estruturais sobre a Sedimentação de Fundo de Vale na Bacia do Riacho Grande/PB. **Clio Arqueológica**, Recife, v. 32, n. 3, p. 1-36, 2017.
- BEZERRA, F. H. R.; AMARO, V. E.; VITAFINZI, C.; SAADI, A. Pliocene-Quaternary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. v. 14, p. 61-75, 2001.
- BEZERRA, F. H. R.; NASCIMENTO, A. F.; FERREIRA, J. M.; NOGUEIRA, F. C.; FUCK, R. A.; BRITO NEVES, B. B.; SOUSA, M. O. L. Review of active faults in the Borborema Province, Intraplate South America — Integration of seismological and paleoseismological data. **Tectonophysics**, v. 510, p. 269-290, 2011.
- BEZERRA, F. H. R.; ROSSETI, D. F., OLIVEIRA, R. G.; MEDEIROS, W. E.; BRITO NEVES, B. B.; BALSAMO, F.; NOGUEIRA, F. C. C.; DANTAS, E. L.; ANDRADES FILHO, C.; GÓES, A. M. Neotectonic reactivation of shear zones and implications for faulting style and geometry in the continental margin of NE Brazil. **Tectonophysics** (Amsterdam), v. 614, p. 78-90, 2014.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic History of the Borborema Province, Northeast Brazil. In: Cordani, U. G., Thomaz Filho, A., Campos, D. A. (eds.) **Tectonic Evolution of South America**. Rio de Janeiro, 31ST IGC, p.151-182, 2000.

BRITO NEVES, B. B.; SILVA FILHO, A. F. Superterreno Pernambuco-Alagoas na Província Borborema: ensaio de regionalização tectônica. **Revista do Instituto de Geociências – USP**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 3-28, 2019.

CHIESSI, C. M. Tectônica Cenozóica do Maciço Alcalino do Passa Quatro (SP-MG-RJ). 117f. Dissertação (**Mestrado em Geologia Sedimentar**) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CORRÊA, 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, 31 (1/2), p.35-52, 2010.

CORREIA FILHO, O. J.; BARBOSA, J. A.; TAVARES, B.; SILVA, H. A.; MONTEIRO, K. A.; FABIN, C. E. G.; OLIVEIRA, J. T. C.; SANTANA, F. R.; SILVA, S. M. Reativação Tectônica Quaternária no Domínio Sul da Província Borborema, NE do Brasil: Integração de Dados Morfométricos, Geológicos e Geofísicos da Bacia do Rio Una. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, V. 42 – 4, p. 219-237, 2019.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA EM RECURSOS MINERAIS – CPRM. Dados, informações e produtos do Serviço Geológico do Brasil – **GEOSGB**, 2004. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 25 maio 2020.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geologia da folha Garanhuns SC.24-X-B-VI**. GUIMARÃES, Ignez de Pinho (Coord.); SILVA FILHO, Adejardo Francisco da; GOMES, Hermanilton de Azevedo; OSAKO, Liliana Sayuri; GUIMARÃES, Ignez de Pinho; BRASIL, Ely de Arruda; LIMA, Dayse Rosa; COCENTINO, Lorena; VILLAVERDE, Vanessa Gomes Rolim; VASCONCELOS, Cleidiane de Lemos. Serviço Geológico do Brasil. Pernambuco/Alagoas: UFPE /CPRM, 2008.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Organização: TORRES, Fernanda Soares de Miranda; PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos. Serviço Geológico do Brasil. Recife, Brasil, 2014.

CROSBY, B.T.; WHIPPLE, K.X. Knickpoint initiation and distribution within fluvial networks: 236 waterfalls in the Waipaoa River, North Island, New Zealand. **Geomorphology**, v.82, p.16–38, 2006.

ETCHEBEHERE, M. L.; SAAD, A. R.; FULFARO, V. J.; PERINOTTO, J. A. J. Aplicação do Índice “Relação Declividade-Extensão – RDE” na Bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações Neotectônicas. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, v. 4, N. 2, p. 43-56, outubro de 2004.

ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; SANTONI, G.; CASADO, F. C.; FULFARO, V. J. Detecção de prováveis deformações neotectônicas no vale do rio do Peixe, região ocidental paulista, mediante aplicação de índices RDE (Relação Declividade-Extensão) em segmentos de drenagem. **Geociências**, São Paulo, 25:271–287. 2006.

FERREIRA, N. J.; RAMIREZ, M.V.; GAN, M.A. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, NELSON J.; DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA; SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

FONSECA, D. N.; CORRÊA, A. C. B. Uso de MDE na extração de lineamentos para detecção de reativações neotectônicas na bacia do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional, MG. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR. 2011.

FONSECA, B.M.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Análise Morfométrica de Bacias de Drenagem e sua Relação com a Estrutura Geológica, Serra do Espinhaço Meridional-MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.15, n.2, p.153-172, 2014.

GIRÃO, O; CORRÊA, A. C. B.; NÓBREGA, R. S. e DUARTE, C. C. O Papel do Clima nos Estudos de Prevenção e Diagnóstico de Riscos Geomorfológicos em Bacias Hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. J. T. & OLIVEIRA JORGE, M. C. (org), **Erosão e Movimentos de Massa: Recuperação de Áreas Degradadas e Prevenção de Acidentes**, 2013.

GONÇALVES, R. B. **Significado Geomorfológico dos Sedimentos Cenozoicos do Baixo Curso do Rio Capibaribe – PE**. 2018. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

HACK, J. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the United States Geological Survey**, v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HACK, J. T. Dynamic equilibrium and landscape evolution. In: MELHORN, W.; FLEMAI, R. (eds.). **Theories of Landform Development (chapter 5): Publications in Geomorphology**. 1975.

LIMA NETO, H. C.; FERREIRA, J. M.; BEZERRA, F. H. R.; ASSUNÇÃO, M. S.; NASCIMENTO, A. F.; SOUSA, M. O. L.; MENEZES, E. A. S. Earthquake sequences in the southern block of the Pernambuco Lineament, NE Brazil: Stress field and seismotectonic implications. **Tectonophysics**, v. 633, p. 211-220, 2014.

LIMA, E. M.; CORRÊA, A. C. B. Mapeamento Geomorfológico como Ferramenta de Caracterização Ambiental do Município de Garanhuns-PE. **Geosul**, Florianópolis, v. 31, n. 62, p 317-336, 2016.

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

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. **Revista Mercator (UFC)**, v. 13, p. 127-141, 2014.

MISSURA, R. **Análise morfoestratigráfica da bacia do Ribeirão dos Poncianos-MG**. (Dissertação de Mestrado), Rio Claro, UNESP, 2005.

MONTEIRO, K. A. **Superfícies de Aplainamento e Morfogênese da Bacia do Rio Tracunhaén – PE**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2010.

MONTEIRO, K. A.; MISSURA, R.; CORREA, A. C. B. Application of the Hack Index - or Stream Length-Gradient Index (SL Index) - to the Tracunhaém river Watershed, Pernambuco, Brazil. **Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 533-539, 2010.

MONTEIRO, K. A. **Análise Geomorfológica da Escarpa oriental da Borborema a partir da Aplicação de Métodos Morfométricos e Análises Estruturais**. 2015. 222 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

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. 1-28, 2020.

NETO, R. M.; PEREZ FILHO, A. Análise Morfoestrutural e Morfotectônica da Bacia do rio Capivari, Sul de Minas Gerais: A Neotectônica e as Superfícies Geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 271-277, 2013.

SEEBER, L.; GORNITZ, V. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. **Tectonophysics**, v. 92, p. 335-467, 1983.

QUEIROZ, G. L.; SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R. Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis. **Computers & Geosciences**, v. 76, p. 80-87, 2015.

TAVARES, B. A. C. **A Participação da Morfoestrutura na Gênese da Compartimentação Geomorfológica do Gráben do Cariatá, Paraíba**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

TAYLOR, G. R. Image analysis techniques for the interpretation of airphoto lineaments, petroleum exploration, Eromanga Basin, Australia. **Geocarto Int.**, v.3, p.53-60, 1988.

TRICART, J.F.L. Structural Geomorphology. **Longman**, London, 305p, 1974.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2. Recife 2006.

ZAPE, Zoneamento Agroecológico de Pernambuco. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000.

ZIMMERMAN, A. E., CHURCH, M., HASSAN, M. A. Identification of Steps and Pools from Stream Longitudinal Profile Data: **Geomorphology**, v. 102, p. 395-405. 2008.