



ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO MUNDAÚ (PE/AL) A PARTIR DA APLICAÇÃO DE ÍNDICE DE HACK E ÍNDICE DE SINUOSIDADE DE FRENTE DE ESCARPA

Jonas Herisson Santos de Melo

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente – IGDema-Ufal, Alagoas, Brasil

jonas.melo@igdema.ufal.br

Kleython de Araújo Monteiro

Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente – IGDema-Ufal, Alagoas, Brasil

kleython.monteiro@igdema.ufal.br

RESUMO – A análise quantitativa das drenagens tem sido uma prática sistematizada há pelo menos meio século. A relação destas com o relevo, entretanto, vem sendo aplicada desde os primórdios dos estudos geográficos/naturalistas. No intuito de contribuir para análises do relevo, foi aplicado o Índice de Hack (SL) no canal principal da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú. Foram identificadas áreas anômalas de 1ª e 2ª ordem em seu perfil longitudinal, apresentando a existência de uma ruptura de patamar principal na cota de 250 metros. A partir desta definição, procedeu-se com a aplicação do Índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa (Smf), verificando a ocorrência de diferentes setores com maiores e menores graus de influência de atividades tectônicas recentes, a depender do nível de detalhamento que se aplica. Por fim verificou-se que este método é eficaz na identificação e quantificação de anomalias e nos estudos de evolução do relevo, contribuindo com a compreensão geomorfológica regional.

Palavras-chave: Análise morfométrica; geomorfologia; formas de relevo.

GEOMORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE MUNDAÚ RIVER WATERSHED (PE / AL) FROM THE APPLICATION OF HACK INDEX AND MOUNTAIN FRONT SINUOSITY INDEX

RESUMEN – Quantitative drainage analysis has been a systematic practice for, at least, half a century. Their relationship with relief, however, has been applied since the beginning of geographic / naturalist studies. In order to contribute to the analysis of the relief, the Hack Index (SL) was applied to the main channel of the Mundaú River Basin. Anomalous areas of 1st and 2nd order were identified in their longitudinal profile, showing the existence of a major rupture (knickpoint) in the level at the 250-meter elevation. From this definition, we proceeded with the application of the Mountain Front Sinuosity index (Smf), verifying the occurrence of different sectors with greater and lesser degrees of influence of recent tectonic activities, depending on the level of detail that applies. Finally, it was found that this method is effective in the identification and quantification of anomalies and in studies of the evolution of the relief, contributing to the regional geomorphological understanding.

Keywords: Morphometric analysis; geomorphology; relief forms.

INTRODUÇÃO

O relevo e os processos que nele ocorrem são os principais objetos de estudo da geomorfologia

(CHRISTOFOLETTI, 1980). A relação “forma x estrutura” é um dos principais caminhos na busca do entendimento da dinâmica do relevo e sua evolução.

Dentro de uma abordagem evolutiva, a morfologia do relevo reflete um comportamento dinâmico, por estar continuamente sujeita a ajustes em seu modelado, como resultado de suas relações com os processos que atuam sobre estas formas. Tais relações podem ser definidas como promotoras das condições de equilíbrio existentes ou a serem alcançadas, entre formas e processos, passíveis de ocorrer em diferentes escalas temporais e espaciais.

Ao destacar que as formas resultam de processos, tomá-los como critério de classificação tornou-se também uma opção importante, para individualizar estudos voltados para as diversas forças atuantes, como soerguimento e erosão.

Apenas o conhecimento sobre processos e as formas (morfologia) que tais processos produzem não é suficiente para explicar toda a geomorfologia de áreas que os congregam, bem como as diversas formas resultantes. Um maior conhecimento sobre estas interações (processos x formas), deve levar em conta suas relações com as forças interatuantes (do clima e da geologia, por exemplo), ou seja, com os condicionantes mais gerais da morfogênese de uma área. Neste sentido, Guerra (1994) expõe que os conjuntos de formas submetidos ao mesmo tipo de clima constituem sistemas morfoclimáticos, o mesmo ocorrendo com os sistemas morfoestruturais em relação à Geologia.

Os sistemas morfoestruturais, podem ser compreendidos como uma paisagem em elevado grau de evolução das formas, onde existe a combinação do elemento estável (estrutura geológica pré-existente) com o elemento dinâmico (agentes exógenos) que modelam a superfície, assim como postularam Gerasimov & Mescherikov (1968) acerca do termo morfoestrutura. Tal premissa, baseada nas proposições de Penck (1924), busca a compreensão dos fatos geomorfológicos, associando os processos internos e externos, tendo como produto desta relação as diversas formas de relevo.

Neste sentido, a presente proposta buscou analisar o contexto estrutural da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, leste alagoano, a partir da aplicação de índices morfométricos na área da bacia e ao longo do perfil longitudinal do seu canal principal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Contexto Geológico e Geomorfológico

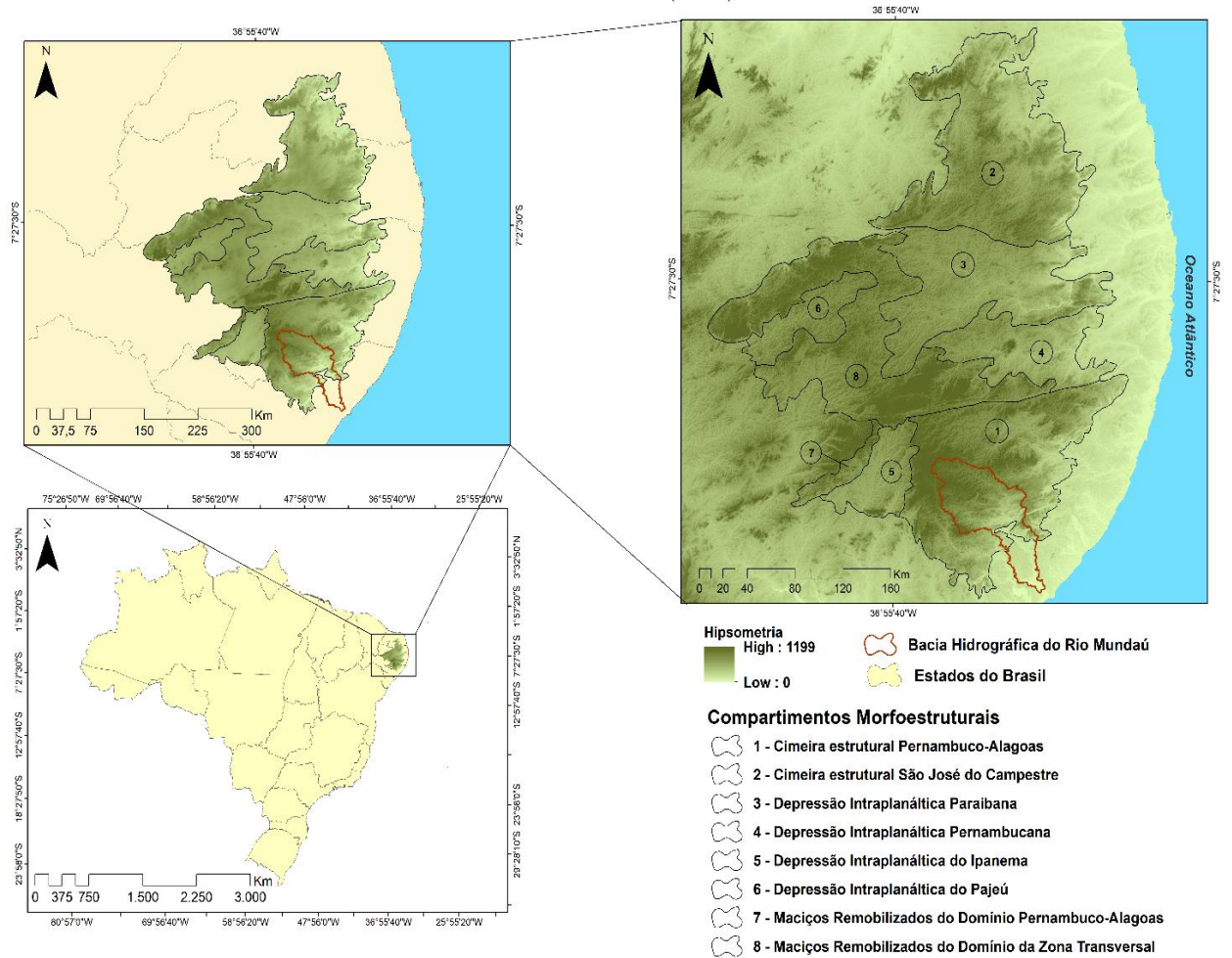
A Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM) está localizada nos Estados de Alagoas e Pernambuco, possuindo cerca de 2.010 Km² (45,10%) de área na porção alagoana e cerca de 2.247 Km² (54,90%) de área no estado pernambucano (Figura 1). No contexto megageomorfológico, a BHRM drena a Escarpa Oriental da Borborema e seu Piemonte, possuindo grande importância para a geomorfologia devido ao seu contexto geotectônico e climático, como apontam Monteiro e Correa (2016).

Encontra-se localizada na Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas, setor estabelecido por Correa et al (2010), que definem os compartimentos morfoestruturais para a Borborema.

A Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas possui limite norte na Zona de Cisalhamento Pernambuco, assumindo uma feição topográfica com maior homogeneidade em relação aos setores circunvizinhos, onde predominam as cristas e relevos residuais. No eixo central desta unidade predomina uma topografia marcada pelas cimeiras planas com espesso manto de argissolos e neossolos, cuja a elevação varia de 600 a 700 metros de altitude. A homogeneidade morfológica e dos mantos de intemperismo resulta da combinação de fatores como pouca variabilidade litológica do Maciço Pernambuco-Alagoas (Complexo Gnáissico-Migmatítico), seu afastamento do Domínio da Zona Transversal (um dos eixos principais do arqueamento regional) e, finalmente, sua própria posição interiorana, na cimeira do bloco, a montante das

áreas escarpadas sujeitas à intensa dissecação vertical (CORREA et al, 2010).

Figura 1. Posição da BHRM nos compartimentos morfoestruturais do Macrodomo da Borborema. Modificado de Corrêa et al (2010).



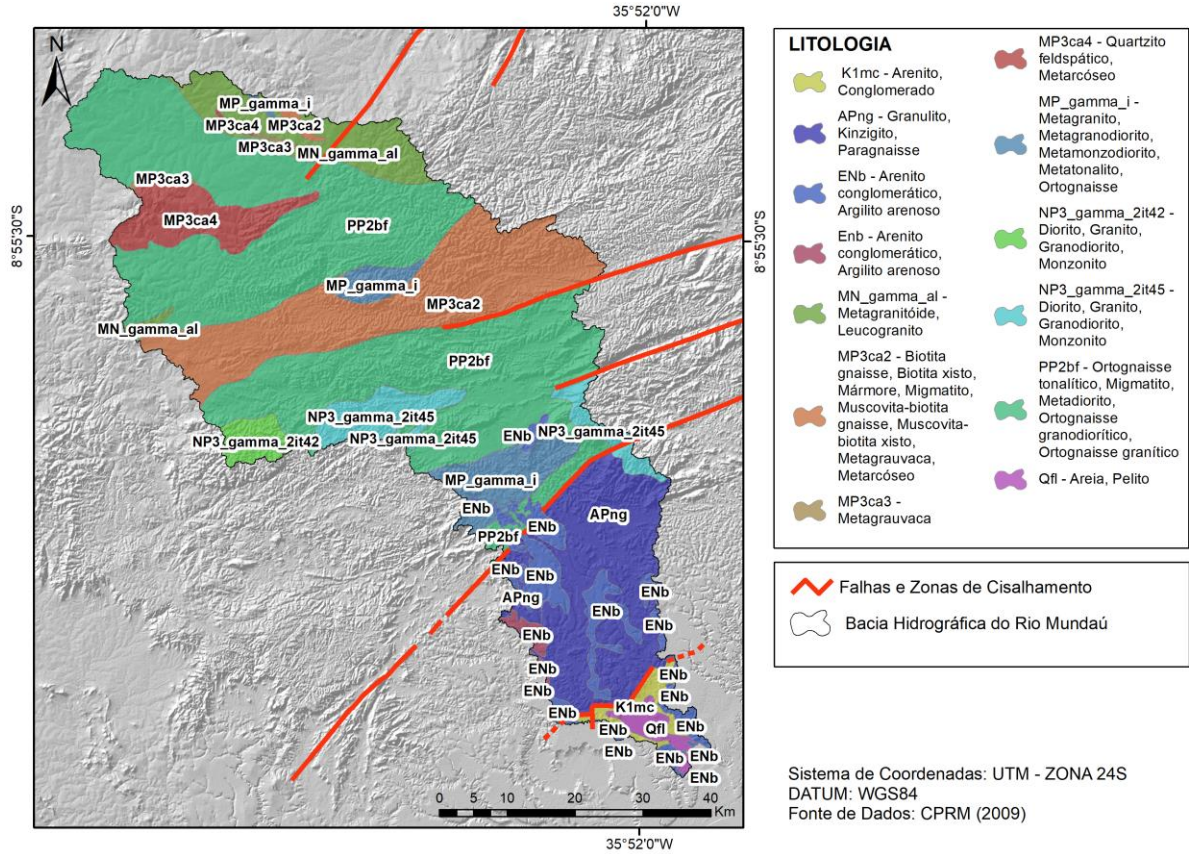
Org. Autores (2021)

A Cimeira Estrutural Pernambuco-Alagoas possui limite norte na Zona de Cisalhamento Pernambuco, assumindo uma feição topográfica com maior homogeneidade em relação aos setores circunvizinhos, onde predominam as cristas e relevos residuais. No eixo central desta unidade predomina uma topografia marcada pelas cimeiras planas com espesso manto de argissolos e neossolos, cuja a elevação varia de 600 a 700 metros de altitude. A homogeneidade morfológica e dos mantos de intemperismo resulta da combinação de fatores como pouca variabilidade litológica do Maciço Pernambuco-Alagoas (Complexo Gnáissico-Migmatítico), seu afastamento do Domínio da Zona Transversal (um dos eixos principais do arqueamento regional) e, finalmente, sua própria posição interiorana, na cimeira do bloco, a montante das áreas escarpadas sujeitas à intensa dissecação vertical (CORREA et al, 2010).

O contexto geológico da BHRM é dotado de litologia que data do cenozoico ao Eoarqueano, possuindo áreas de maior abrangência de rochas metamórficas datadas do proterozóico (Figura 2). Em particular a Biotita gnaisse, Biotita xisto, Mármore, Migmatito, Muscovita-biotita gnaisse, Muscovita-biotita xisto, Metagrauvaca, Metarcóseo, Ortognaisse tonalítico, Migmatito, Metadiorito, Ortognaisse granodiorítico e Ortognaisse granítico, ocupam grandes áreas do alto e

médio curso da BHRM (Corrêa et al 2010).

Figura 2. Mapa Geológico da BHRM.



Fonte: CPRM (2009)

Corrêa e Monteiro (2021) se baseando em dados geofísicos (OLIVEIRA E MEDEIROS, 2012) postulam para a região a manutenção das terras altas devido à atuação de um underplating magmático, produzindo uma configuração arqueada no setor central do Planalto da Borborema, a chamada Zona Transversal, mas promovendo um escalonamento em patamares bem definidos na porção ao sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco, onde se encontra a BHRM. Este contexto escalonado apresenta diferentes níveis de rupturas de patamar (knickpoints) que podem ser identificados e mensurados a partir de análises morfológicas e morfométricas.

Base de Dados

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados dados do projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com 3 segundos de arco, possuindo resolução espacial de 90m x 90m, disponível no portal da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Estes dados foram escolhidos por já possuem correção cartográfica e de inconformidades existentes nos dados brutos oriundos da NASA. Esta resolução se mostrou adequada para a escala da bacia, não sendo necessária a melhoria espacial do dado, visto que o ganho seria pequeno em relação ao processamento necessário. Os arquivos utilizados para recobrir toda a bacia foram: sc-24-x-b, sc-24-x-d, sc-25-v-a e sc-25-v-c.

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE's) foram tratados em softwares de ambiente GIS, produzindo um modelo relevo sombreado do tipo "shaded relief". Através do MDE foi realizada extração automatizada da rede de drenagem, elemento central da análise da proposta. Posteriormente o canal principal da rede de drenagem foi identificado e individualizado para, assim, ser dividido a partir do cruzamento com as isolinhas de altimetria intervaladas a cada 25m.

Perfil Longitudinal

De acordo com Martinez (2005), o perfil longitudinal de um rio é compreendido como a curva obtida através de dados plotados em gráfico de coordenadas cartesianas, onde as coordenadas correspondem à altitude (H) em relação à distância da jusante (L) sendo expressa pela equação:

$$H=f(L)$$

da qual a tangente resultante expressa o gradiente do canal no trecho analisado.

Mckeown et al (1988) destacam que a forma do perfil longitudinal de um rio deve ser entendida como em equilíbrio (graded) ao estar configurada em uma forma côncava. Hack (1957) afirma que o perfil vai refletir o estado de equilíbrio da drenagem e qualquer alteração levaria o rio a buscar um novo equilíbrio através da erosão de seu próprio leito ou gerando agradação. Compreende-se através desta ideia que os trechos da drenagem que não estejam na curva de equilíbrio indicam que a drenagem está em desequilíbrio, podendo-se interpretar as anomalias de drenagem com indicativos de atividades tectônica recente, como afirmam Etchebehere et al., (2004). Estas anomalias também podem ser compreendidas como diferença estrutural ou litológica sobre a morfologia do sistema como aponta Monteiro (2010, 2015).

Índice de Hack

O Índice de Hack (Stream Length-Gradient Index), denominado por Etchebehere et al. (2004) como "Relação Declividade-Extensão", foi concebido e apresentado por John T. Hack em 1973. A aplicação do índice de Hack permite identificar, ao longo do perfil longitudinal do rio, alterações em seu perfil "ideal", pois relaciona a declividade do canal fluvial com a extensão do trecho observado, fornecendo um índice comparativo entre os trechos de um curso d'água de diferentes magnitudes.

$$SL_{\text{trecho}} = (\Delta h / \Delta l) * L$$

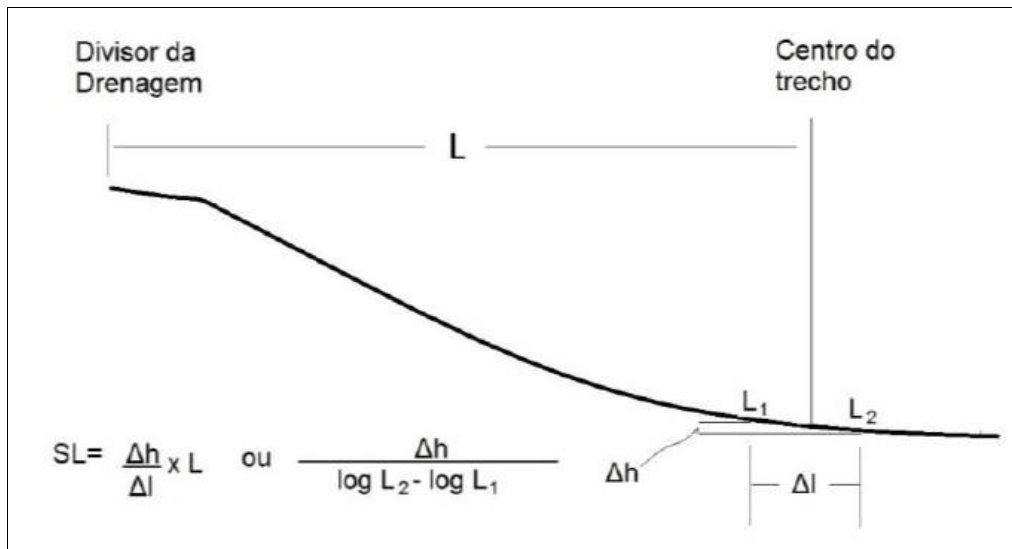
Onde:

Δh é a diferença altimétrica entre dois pontos selecionados no curso de água;

Δl é o comprimento do trecho analisado;

L corresponde à extensão total do canal da nascente até o ponto final do trecho para onde o índice SL está sendo calculado (MARTINEZ, 2005).

O índice de Hack por trecho, calculado a partir desta fórmula, ilustra-se a partir do esquema demonstrado na Figura 3.

Figura 3. Esquema modificado de Hack (1973) utilizado para cálculo do índice.

Fonte: Hack (1973)

Hack (1973) também apresentou uma segunda forma de calcular o índice de maneira que não se precise obter a projeção horizontal (Δl), apenas a projeção vertical (Δh) e a distância do trecho em análise até sua cabeceira (L). Nesta segunda forma de cálculo, mais indicada para aplicação em todo o canal (SEEBER e GORNITZ, 1893), o SL_{total} é calculado através da seguinte fórmula:

$$SL_{total} = (\Delta H / \ln L)$$

Onde:

ΔH é a diferença altimétrica entre a cota localizada a cabeceira do rio e a localizada na foz do mesmo;

$\ln L$ é o logaritmo natural da extensão total do curso de água.

Os valores das cotas da nascente, foz e trechos do rio foram dados a partir do modelo digital de elevação do terreno, obtidos a partir da vetorização da carta topográfica. Como proposto por Seeber e Gornitz (1983), a partir da divisão do índice de SL_{trecho} pelo SL_{total} , é possível além de identificar anomalias de drenagem no perfil longitudinal de um rio, classificá-las em setores não anômalos (< 2); estas subdividem-se em anomalias de 1ª ordem (valores ≥ 10); e anomalias de 2ª ordem (valores > 2 e < 10). Os valores traduzem-se no terreno em “anomalias de primeira ordem encontradas em locais muito íngremes, as anomalias de 2ª ordem encontradas em locais íngremes e quando o índice calculado é menor que 2 (dois) os trechos são pouco íngremes, configurados como gradiente ideal” (BARROS, CORRÊA e TAVARES, 2017, p. 13). Assim, a partir da análise do perfil longitudinal de um rio e da aplicação de índices morfométricos, pode-se alcançar um esboço das características de uma drenagem, que pode estar relacionado com as feições estruturais e tectônicas desenvolvidas.

Com a aplicação do índice de Hack (SL), ao longo do perfil longitudinal do canal principal do Rio Mundaú, pretende-se determinar o trecho entre isoípsas em que se estabelece a principal quebra de patamar de relevo da BHRM, permitindo assim identificar o setor altimétrico a ser

considerado como a linha de escharpa do Planalto da Borborema no setor da bacia.

Índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa

Uma vez determinada a linha de escharpa de um patamar principal, definida como o setor de transição entre o Planalto da Borborema e seu Piemonte, pode-se aplicar o Índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa (Sinuosity Mountain Front – Smf), na tentativa de identificar se setores ao longo da escharpa 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 escharpa, sendo calculado pela fórmula:

$$Smf=Lmf/Ls$$

Onde:

Smf é o índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa;

Lmf é a linha da escharpa;

Ls é o comprimento em linha reta da projeção da frente da escharpa.

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 escharpa, 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, 1997).

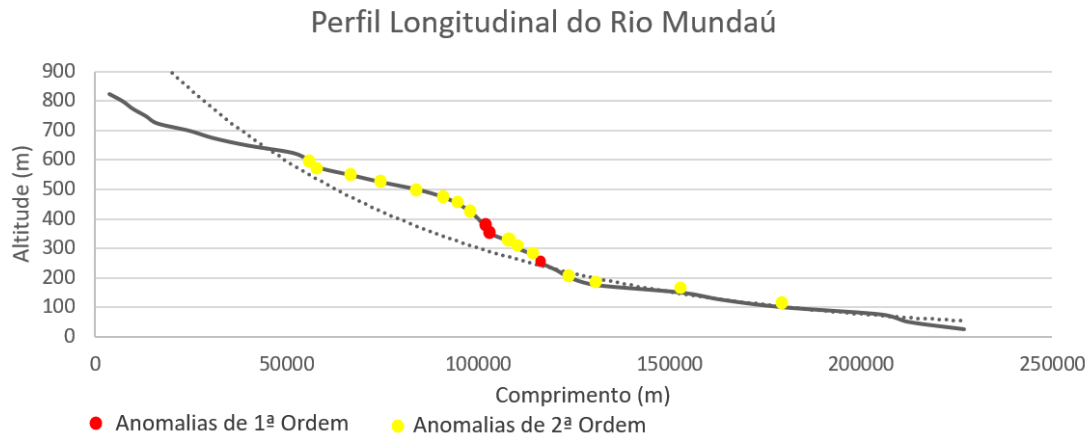
Após a aplicação dos índices, procedeu-se com as correlações entre os setores destacados pelos mesmos e as análises morfoestruturais

RESULTADOS

A análise do perfil longitudinal (Figura 4) do canal principal do rio Mundaú aponta um rio em desequilíbrio geomorfológico, apresentando setores anômalos. Em consonância com Guedes et al. (2006) podem ser classificados dentro deste perfil setores positivos e negativos. No caso do rio Mundaú é possível destacar um setor positivo, um setor negativo e outros setores que se encaixam na linha de melhor ajuste; o setor negativo estende-se da isoípsa de 850 metros até a isoípsa de 650 metros. Já o setor positivo encontra-se inteiramente em uma área que em sua maioria apresenta anomalias de primeira ordem, partindo da isoípsa de 625 metros até a isoípsa de 250 metros. A partir deste trecho o perfil longitudinal segue tangente à linha de tendência, indicando melhor ajuste do perfil.

A divisão do índice de Hack trecho pelo índice de Hack total permitiu isolar um conjunto de 3 anomalias de 1ª ordem significantes no médio curso do Rio Mundaú. A Tabela 1 contém os valores das anomalias de maior valor encontradas com a aplicação do índice. Foram identificadas um total de 3 anomalias de 1ª ordem e 15 anomalias de 2ª ordem, e 15 setores não anômalos, onde 9 desses setores estão localizados no alto curso do rio Mundaú. As anomalias de primeira ordem se agrupam em duas seções, a primeira entre as isoípsas de 375m e 350m, já a segunda na isoípsa de 250m. Este fato indica a ocorrência de duas principais quebras de patamares de relevo, produzindo 2 grandes ressaltos no conjunto de terras altas da Borborema meridional.

Figura 4. Perfil Longitudinal do Rio Mundau



Org. Autores (2021)

Tabela 1. Valores do SLtrecho/SLtotal das anomalias de 1ª ordem na bacia do BHRM conforme Seeber e Gornitz.

Isoípsa	Δh	Δl	L	$SL = (\Delta h/\Delta l).L$	Anomalia
375	25	1198	1714	11,50885	1ª Ordem
350	25	1156	1427	12,1126	1ª Ordem
250	25	1261	1636	12,54397	1ª Ordem

A partir da obtenção destes valores determinou-se a principal linha de ruptura de patamares ao longo da bacia como sendo a isoípsa de 250 metros (Figura 5a), possibilitando o estabelecimento deste setor como sendo a transição encosta-piemonte. Através do referido estabelecimento, a escarpa foi dividida em setores para a aplicação do índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa; os setores criados foram denominados Ta; Tb; Tc; Td; Te; Tf, Tg, Th, Ti, Tj, Tk e Tl (Fig 5a).

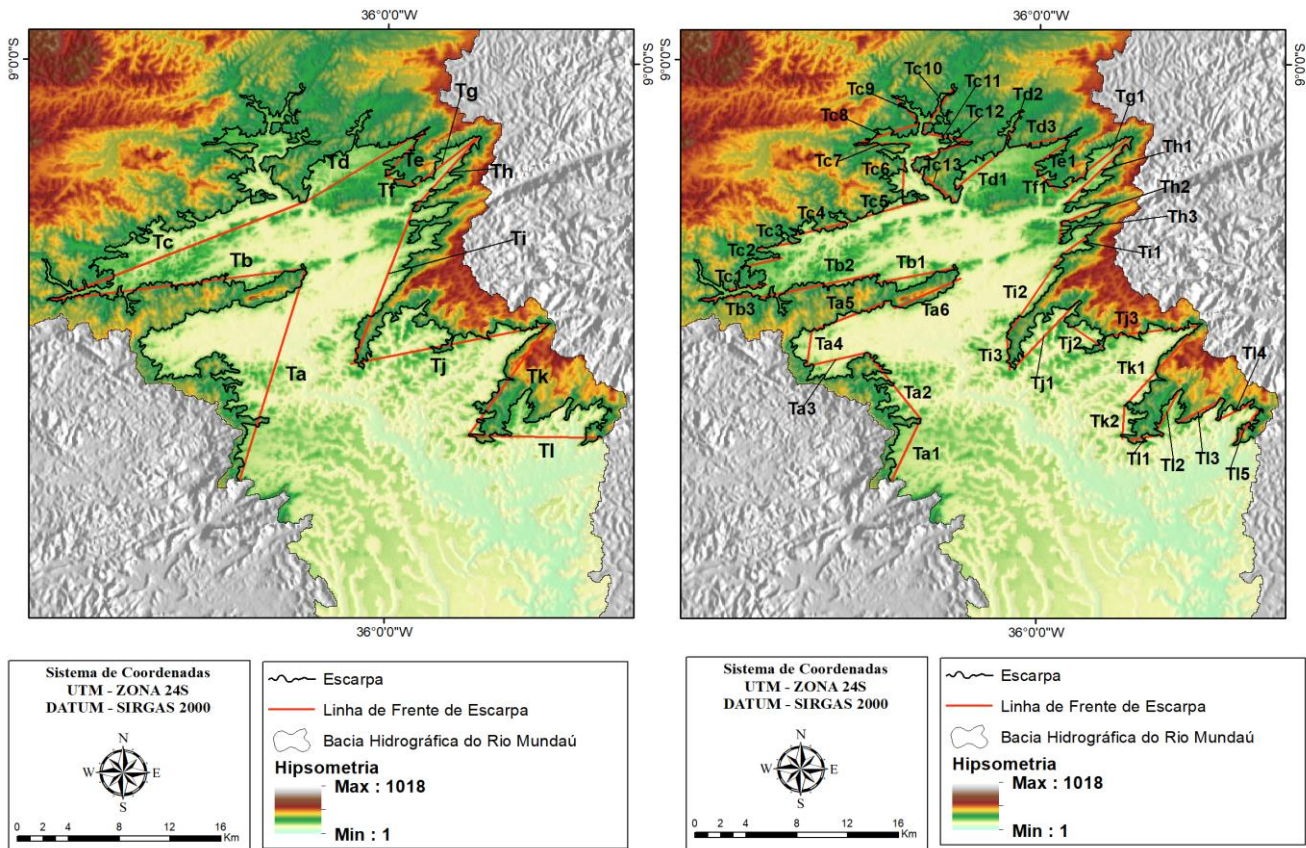
Dentro deste primeiro recorte foi possível observar que em todos os trechos predominam uma maior atuação de processos erosivos, possuindo valores próximos ou superior a três (3), como podemos verificar em sete trechos (Ta, Tc, Td, Tf, Ti, Tj e Tl), outros cinco trechos restantes (Tb, Te, Tg, Th e Tk) encontram-se com valor próximos a dois indicando um estado intermediário.

Tabela 2. Valores do Smf Recorte 1.

Trechos	Smf	Trechos	Smf
Ta	3,8747	Tg	1,7541
Tb	1,9835	Th	1,8199
Tc	7,0230	Ti	2,9009
Td	2,6475	Tj	2,7358
Te	1,8201	Tk	1,9898
Tf	2,2902	Tl	3,8778

Após a aplicação do índice no recorte de menor escala, foi estruturada uma nova divisão em maior escala, onde cada setor traçado anteriormente ganhou novas divisões (Figura 5b).

Figura 5 (a e b). Escarpa dividida em setores para aplicação do índice SMF, recortes 1 e 2.



Org. Autores (2021).

Com a nova aplicação Smf na divisão em maior escala foi possível alcançar um maior nível de detalhe acerca dos setores com maior sinuosidade, desta forma os resultados com valores mais próximos de 1 foram distribuídos na tabela (Tabela 4).

Com relação aos valores ligados a processos erosivos e estado intermediário é possível observar que em sua maioria os setores encontram-se sobre influência de processos erosivos (Tabela 3).

Tabela 3. Principais Valores de Índice próximos de 2 com a aplicação SMF, recorte 2.

Trechos	Smf	Trechos	Smf
Ta3	2,09021	Tg1	1,915464
Tb1	1,713279	Th1	1,977763
Tb2	2,068077	Ti1	2,128827
Tb3	2,09502	Tj1	2,144684
Tc4	1,717343	Tj3	2,109153
Tc7	1,937569	Tl1	1,829268

Foi possível observar um grande número de setores próximos ao valor de 1 indicando influência tectônica. Os trechos de recorte que mais se destacaram nesse quesito foram Ta5; Tb3; Tc2; Tc7; Th2; Ti2 e Ti3.

Tabela 4. Principais Valores de Índice próximos de 1 com a aplicação SMF, recorte 2.

Trechos	Smf
Ta5	1,325564
Ta6	1,329764
Tb3	1,387937
Tc2	1,274237
Tc7	1,040901
Th2	1,320896
Ti2	1,373136
Ti3	1,364352

DISCUSSÃO

No perfil longitudinal de um rio estão contidas pistas para compreender de forma mais detalhada o padrão de trabalho de um rio e quais tendências irão suavizar o perfil, alcançando desta forma a linha de melhor ajuste, em suma, quais áreas precisam ser erodidas, quais serão colmatadas e se existem setores equilibrados. Em síntese, quanto mais próximo de atingir o perfil ideal não haverá erosão do talvegue ou acúmulo de sedimentos e o trabalho será reduzido ao transporte de carga de sedimentos.

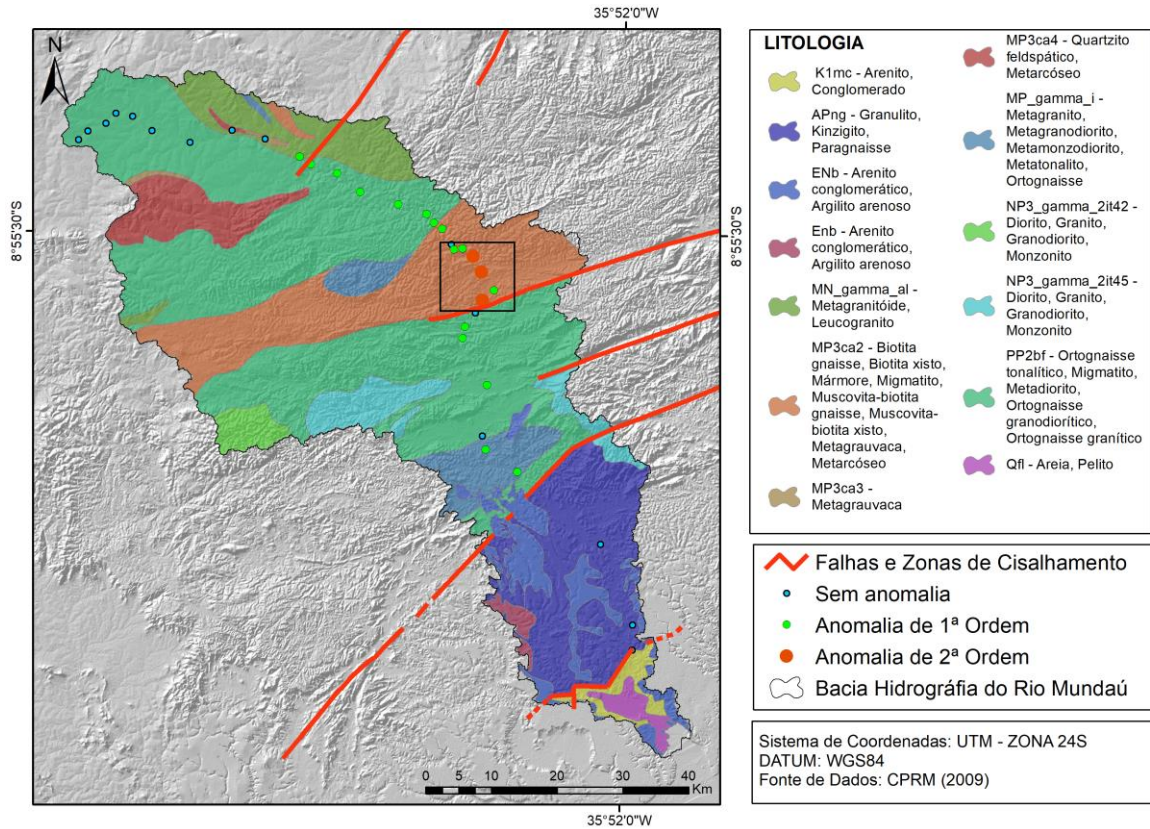
Desta forma, os setores negativos funcionam como espaços de acomodação para os materiais erodidos e carregados dos setores de cabeceira da BHRM e do setor positivo. Neste sentido é possível observar de forma mais clara, que os setores de maior destaque evidenciam a dinâmica e o trabalho da drenagem. O material erodido por erosão remontante do setor positivo será depositado no trecho em sequência, no entanto não ocorrerá suavização do perfil, pois o setor em sequência encontra-se próximo ao "equilíbrio", formaria um novo setor positivo afastando o setor atualmente próximo ao "equilíbrio", desse mesmo "equilíbrio". Se tratando da configuração verificada, pode-se levantar a hipótese de que o rio não teve tempo ou competência necessária para rebaixar o setor positivo e preencher os setores negativos subsequentes.

Como os rios são sistemas ativos e que se adequam de forma rápida às modificações do relevo, cada perturbação no canal introduz um estado de reajuste. Todas as variações do sistema geram reações em busca de normalizar as trocas de matéria e energia, e assim, as formas erodem e/ou acumulam sedimentos.

Com relação às anomalias de drenagem identificadas, analisa-se que não são produtos de um único controle. A compreensão dos controles estruturais das anomalias de drenagem seguirá este entendimento acerca do tempo necessário para o rebaixamento de uma anomalia (knickpoint), que se apresenta em termos de tempo geológico e que está sujeito aos condicionantes climáticos, tectônicos e de resistência do material.

Ainda analisando os dados obtidos, foi possível construir uma segunda hipótese acerca da influência da estrutura em um maior grau, dentro da elaboração dos setores anômalos. A distribuição das anomalias cotejadas com informações estruturais é um forte indicativo para a afirmação desta hipótese, onde é possível observar que as anomalias de 1º ordem estão inseridas em áreas onde encontram-se zonas de cisalhamento, falhas e feições lineares de relevo (CPRM, 2009), como observado no mapa geológico anteriormente apresentado.

Figura 6. Mapa Geológico com anomalias de drenagem plotadas.

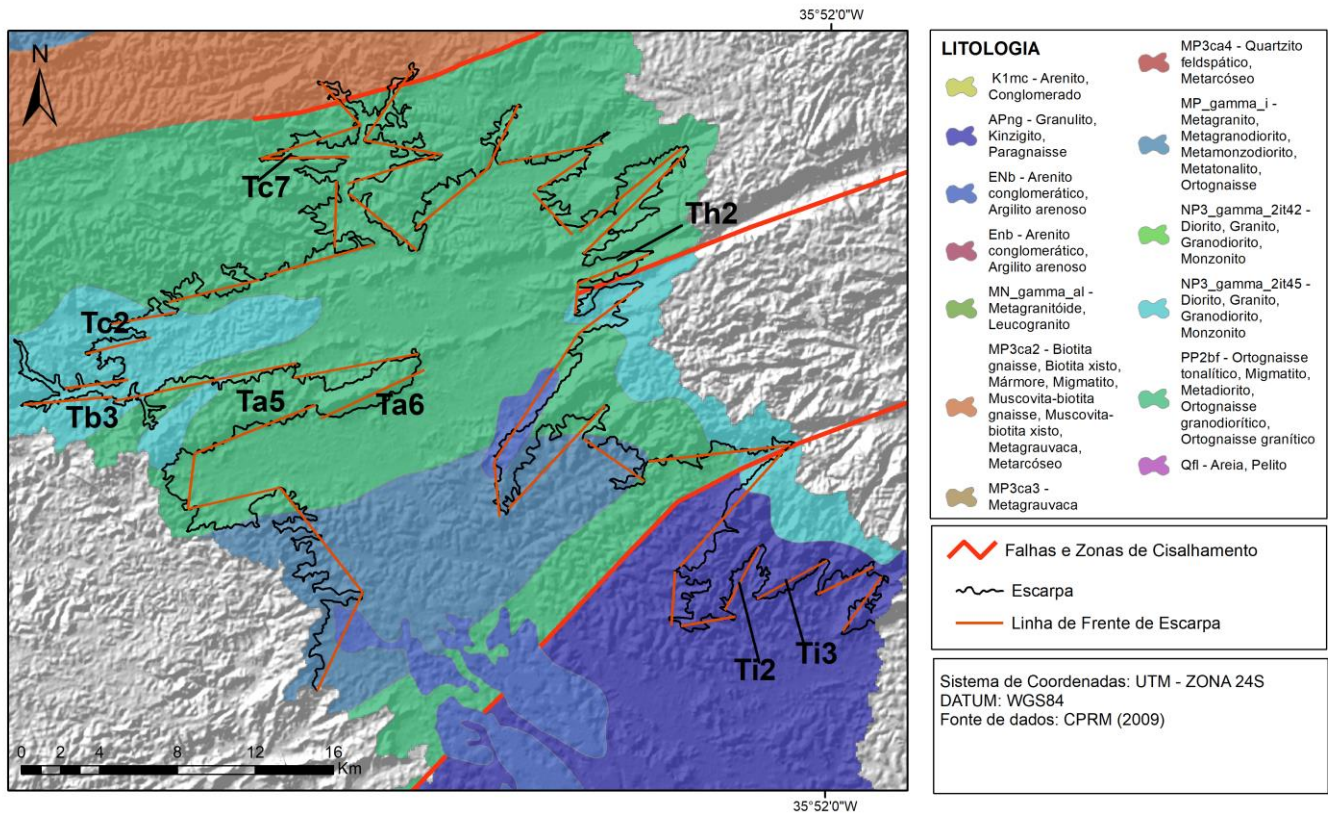


Org. Autores (2021)

Ao analisar o referido setor, também foi possível observar que a grande quantidade de rochas metamórficas de alto grau, devido a sua resistência e uma falta de competência do rio em questão, apresenta maior dificuldade em rebaixamento do ressalto identificado, gerando o setor em maior desajuste entre a estrutura e capacidade erosiva. Desta forma essas rupturas de patamares são responsáveis pela presença de elementos típicos como cachoeiras, saltos e corredeiras.

Estas estruturas, como falhas e zonas de cisalhamento, assim como o condicionante litológico regional, podem estar contribuindo também com a morfologia mais retilínea em diversos setores identificados a partir da aplicação do índice Smf, (Figura 7) dificultando o trabalho erosivo de esculturação da escarpa devido à maior resistência das rochas cristalinas de alto grau e também ao possível intervalo de tempo mínimo para esta escultura (pós evento tectônico mais recente) ainda não ter sido atingido.

Figura 7. Mapa geológico destacando setores da escarpa com morfologia retilínea.



Org. Autores (2021).

CONCLUSÕES

Com a pesquisa realizada foi possível, através da aplicação do índice de Hack, uma maior compreensão do relacionamento dos rios com as morfoestruturas, apresentando conhecimentos relevantes ligados aos seus comportamentos, comprometendo a erosão e impedindo o mesmo de alcançar seu perfil ideal, isto pode ocorrer devido à resistência da rocha ou por atividades neotectônicas. Como visto em resultados da aplicação do Índice de Sinuosidade de Frente de Escarpa posteriormente ao índice de Hack, as influências tectônicas mostram-se presentes. No entanto, é importante ressaltar que os setores onde o rio principal corta a escarpa, possuem sinuosidades mais elevadas, como esperado, tendo em vista que possui maior capacidade erosiva que seus afluentes.

No que diz respeito aos setores de menor sinuosidade pode-se correlacionar à baixa competência erosiva dos canais de drenagem que entram em contato com tais setores. Além da questão relativa à competência erosiva dos canais de drenagem, há também a atuação de condicionantes geológicos presentes em determinados setores. Podem ser destacados, de acordo com essa configuração, que setores da escarpa com menor sinuosidade estão contidos em uma área que possui presença de falhas transcorrentes, desta forma possuindo influência tectônica.

Por fim, os resultados das aplicações das técnicas utilizadas mostram-se de grande importância, na medida em que podem trazer contribuições para a identificação da atuação de processos tectônicos recentes como condicionantes do relevo regional. No que se refere à resistência geológica, pôde-se constatar que no grande setor positivo encontrado na zona central da BHRM, as rochas presentes possuem grande resistência tendo em vista que em sua condição atual o rio não conseguiu rebaixar este setor.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. C. M.; CÔRREA, 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.
- BIGARELLA, 2003; BIGARELLA, J.J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: Ed. Universitario da UFSC. P. 877-1436. 2003.
- 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, 1980 CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Editora Edgar Blücher. 2º edição. 188 pg. 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia geomorfológica*, n. 18, p. 35-64, 1969.
- CORRÊA, A. C. B. O estado da arte da Geografia Física no Nordeste e Norte do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, v. 33, p. 157-170, 2017.
- 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.
- CORRÊA, A. C. B.; MONTEIRO, K. A. REVISITANDO AS SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO: NOVOS ENFOQUES E IMPLICAÇÕES PARA A GEOMORFOLOGIA GEOGRÁFICA. *Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, e57370, 2021
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Brasília: CPRM, 2009.
- 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*, v. 4, N. 2, p. 43-56, outubro de 2004.
- ETCHEBEHERE, M. L. C.; SAAD, A. R.; PERINOTTO, J.A.J.; FULFARO, V.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 da USP - Série Científica*, v.4, n.2, p. 43-56, 2004.
- GERAMISOV, I. P.; MESCHEIROV, J. A. Morphostructure. In: FAIRBRIDGE, R. W. (Ed.). *The Encyclopedia of Geomorphology – Encyclopedia of Earth Sciences*. Pennsylvania - Dowden: Hutchinson e Koss Inc., 731-732. 1968.
- GILBERT, G. K. Report on the geology of the Henry Mountains. Washington: Government Printing Office, 1877.
- GUEDES, C. G. et al. Análise de perfis longitudinais de drenagem da bacia do rio Santo Anastácio (SP) para detecção de possíveis deformações neotectônicas. *Revista UnGb-Geociências*, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.
- GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (Org.). *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*; Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- HACK, J. T. Dynamic equilibrium and landscape evolution. In: MELHORN, W. N.; FLEMAL, R. C. (Ed.). *Theories of landform development*. London: Allen &Unwin, 1975. p. 87-102.
- HACK, J. T. Interpretation of erosional topography in humi temperate regions. *American Journal of Science*, Bradley, v. 258, p. 80-97, 1960.
- HACK, J. Dinamic Equilibrium and Landscape Evolution. In Melhorn. Ed. *Theories of landform Development*. Boston: Allen and Unwin. p. 87-102, 1965.
- MARTINEZ, M. Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: O Perfil Longitudinal. 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado) - Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Universidade Estadual de Maringá - Paraná, 2005.

- MONTEIRO, K. A.; CORRÊA, A. C. B. Análise dos perfis longitudinais dos rios Sirinhaem, una e Mundaú (PE/AL) a partir da aplicação do índice de Hack. Revista contexto geográfico Maceió-AL v. 1. N.1, p. 85 – 93, 2016.
- MONTEIRO, K.A. Superfícies de Aplainamento e Morfogênese da Bacia do Rio Tracunhaém – PE. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Dissertação de Mestrado (Geografia), 120p. 2010.
- MONTEIRO, K.A. Análise Geomorfológica Da Escarpa Oriental Da Borborema A Partir Da Aplicação De Métodos Morfométricos E Análises Estruturais. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Tese de Doutorado (Geografia), 222p. 2015.
- MCKEOWN, F.A., Jones-Cecil, M., Askew, B.L. and McGrath, M.B., 1988. Analysis of stream-profile data and inferred tectonic activity, Eastern Ozark Mountains region. U.S.Geological Survey, Bulletin 1807, 39p. Denver.
- OLIVEIRA, R.G; MEDEIROS, W.E. Evidences of buried loads in the base of the crust of Borborema Plateau (NE Brazil) from Bouguer admittance estimates. Journal of South American Earth Sciences. v. 37, p. 60-76. ago. 2012.
- OLIVEIRA, M.A; NASCIMENTO, J.P.H. Análise Estrutural Da Bacia Hidrográfica Do Rio Mundaú, Nordeste Do Brasil, A Partir Da Extração De Lineamentos De Drenagem E Relevos. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia. 2018.
- PENCK W. 1924. Die morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie. A. Penck's Geogr. Abhandl., 2 Reihe, H.2, J. Engelhorn's Nachf., Stuttgart, 283 p., 21 fig., 12 pl. photogr., portrait de l'auteur (ouvrage traduit en anglais par H. Czech et K.C. Boswell 1953).
- PENCK, W. Die morphologische analyse. Ein kapitel der physikalischen geologie. J. Engelhorn's Nachf. Stuttgart, 283p. 1924.
- SEEBER, L., GORNITZ, V.M., River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics: Tectonophysics, v. 92, p. 335-367, 1983.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. Geological Society of America Bulletin, v. 63, p. 1117-1142, 1952.