Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Morphometric Analysis of the watershed Marapanim River, Pará: study applied to environmental planning and landscape integrated analysis

Aline Soares de Lima¹. Marcia Aparecida da Silva Pimentel². Jones Remo Barbosa Vale³

¹ Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Pará, participante o Grupo de Estudos Paisagem e Planejamento Ambiental (GEPPAM). Professora EBTB do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Pará, Campus Belém, CEP 68371-441; Tel +55 (86) 995555995. Texto elaborado com base em parte da produção da dissertação com a temática Diagnóstico das Unidades de Paisagem da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará. E-mail: alinelimago@gmail.com (autor correspondente). ² Professora da Faculdade de Geografia e Cartografia (FGC) CEP 66075-110, tel +55 (11) 982082789, dos Programas de Pós-graduação em Geografia (PPGEO), Ciências Ambientais (PPGCA) e Gestão de Riscos e Desastres (PPGGRD-profissional). Doutora pela FFLCH-USP. Líder o Grupo de Estudos Paisagem e Planejamento Ambiental (GEPPAM). E-mail: mapimentel@ufpa.br. ³ Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Pará, participante o Grupo de Estudos Paisagem e Planejamento Ambiental (GEPPAM). Professor da Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP 66077-830, Tel +55 (91) 82264973. E-mail: jones.inpe@gmail.com.

Artigo recebido em 01/04/2020 e aceito em 29/06/2021

ABSTRACT

This research has as its central theme the analysis of the morphometric parameters of the hydrographic basin of the Marapanim River, Pará, as a way to subsidize the environmental planning of the area. Studies like these are justified by the regional importance of the economic activities carried out in the municipalities that make up this unit, such as oil palm in its high course and the predominance of family farming and livestock in several sections of the medium and low course. Researches with this purpose are of fundamental importance for the knowledge of the environmental dynamics in the Eastern Amazon. The methodology used was carried out from the literature review, calculation of parameters using Arc Gis and preparation of cartographic material, in addition to the treatment of information with the inference of its applications to environmental planning. The results obtained allowed us to understand that the Marapanim basin has low runoff and a higher infiltration rate, due to its physical characteristics, in addition to medium to low flooding tendencies, which also occur due to the ratio of altitudes that vary from 0 to 70 meters and they are considered of low impact, indicating the need to implement actions aimed at planning related to territorial planning and the use of natural resources. Keywords: Hydrographic basin. Morphometric Analysis. Environmental planning.

Análise Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará: estudo aplicado ao planejamento ambiental e análise integrada da paisagem

RESUMO

A presente pesquisa apresenta como temática central a análise dos parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará, como forma de subsidiar o planejamento ambiental da área. Estudos como estes se justificam pela importância regional das atividades econômicas realizadas nos municípios que compõem esta unidade como a dendecultura em seu alto curso e predominância de agricultura familiar e pecuária em diversos trechos do médio e baixo curso. Pesquisas com esta finalidade são de fundamental importância para o conhecimento da dinâmica ambiental na Amazônia Oriental. A metodologia utilizada foi efetivada a partir da revisão de literatura, cálculo dos parâmetros com o uso do Arc Gis e elaboração do material cartográfico, além do tratamento das informações com a inferência de suas aplicações ao planejamento ambiental. Os resultados obtidos permitiram entender que a bacia do Marapanim apresenta baixo escoamento e maior taxa de infiltração, em função das suas características físicas, além de média a baixa tendência a enchentes, que ocorrem também pela relação das altitudes que variam de 0 a 70 metros e são consideradas de baixo impacto, indicando necessidade de implementação de ações que visem um planejamento relacionado ao ordenamento territorial e de uso dos recursos naturais.

Palavras Chaves: Bacia hidrográfica. Análise Morfométrica. Planejamento Ambiental.

Introdução

As discussões ambientais ganham cada vez mais notoriedade dentro das conferências que tratam da temática do desenvolvimento econômico dos países, visto que a exploração dos recursos naturais se acentuou bastante nas últimas décadas do século XX e início do século XXI pela necessidade de continuar impulsionando o crescimento da produção industrial e se constituir mobilização perante os movimentos ecológicos que emergiam, no Brasil na década de 1970 manifestações desta natureza passam a surgir (PORTO GONÇALVES, 2018). Este cenário, exige adoção de medidas mitigadores dos organismos internacionais e chefes de estados quanto aos impactos causados ao equilíbrio ambiental e manutenção dos ecossistemas. Mudanças exacerbadas no ciclo hidrológico pelo aquecimento global tendem a acentuar os riscos existentes, tais como inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor e limitações de fornecimento de água potável (PBM, 2016).

Nesse sentido, o planejamento ambiental passa a ser reconhecido por ter um papel fundamental no gerenciamento, ordenamento do território e implantação de determinadas atividades econômicas. Assim como, a Geografia, que é a ciência que estuda, entre outras questões, a sociedade e as modificações que estes desenvolvem na paisagem, a partir da dinâmica antrópica de construção, reordenamento dos espaços físicos e atividades econômicas (TEXEIRA, SILVA, FARIAS, 2017).

A respeito desta questão, observa-se a urgência de elaboração de pesquisas que representem a dinâmica da paisagem em nível regional, para utilização das informações pelos órgãos ambientais, especialmente, as áreas que sofreram diversas transformações do processo de ocupação que margeiam os rios, igarapés ou furos ao longo do seu processo histórico de apropriação do espaço.

Nesse sentido, esta pesquisa elencou a bacia hidrográfica (BH) como unidade de estudos a partir da operacionalização de parâmetros morfométricos, visto que a relevância das BHs dentro da discussão referente ao planejamento, na Política Nacional dos Recursos Hídricos (9433/1997) e a lei nº 6.381 de 25 de julho de 2001, permitem entender os instrumentos de gestão ambiental aplicados para a área e realização dos planos de ação no manejo dos recursos.

Deste modo, o recorte espacial está localizado na mesorregião do Nordeste Paraense, definida como região intermediária de Castanhal⁴. A região enfrenta problemas relacionados à retirada da cobertura vegetal para realização de atividades econômicas e intensa relação da atividade pesqueira tradicional em seu baixo curso, que suscita a necessidade de planos de manejo de uso dos recursos naturais da unidade em estudo.

A relevância do estudo justifica-se pelos problemas ambientais apresentados anteriormente, e pela relevância socioeconômica e histórica de ocupação desta região intermediária. Em relação aos aspectos ambientais, observa-se que existem duas unidades de conservação importantes: a RESEX (Reserva Extrativista) Marinha Cuinarana e a Mestre Lucindo em seu baixo curso com uma relação imbricada com a atividade pesqueira tradicional e os chamados currais de pesca. Assim, em relação aos aspectos econômicos os múltiplos usos dos recursos e da terra nesta área, causam um impacto ambiental com interferência direta na qualidade da água nos canais fluviais bem como nos processos de assoreamento dos mesmos.

O estudo apresenta como temática central a análise Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará, um estudo aplicado ao planejamento ambiental da área, como meio para levantamento de informações sobre alguns condicionantes ambientais e orientar o zoneamento do território localizado na área rural e urbana. Para atingir o objetivo acima, resolveu-se segmentar a

⁴ Em relação a essa regionalização, o IBGE em 2017 lançou uma atualização da divisão regional do Brasil em regiões Intermediárias e Regiões Imediatas. Esta sistematização para a delimitação das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias, objeto da presente proposta de regionalização, foi utilizada, em um primeiro momento, a Divisão Urbano-Regional, em suas escalas imediata e intermediária (Regiões Imediatas de Articulação Urbana e Regiões Intermediárias de Articulação Urbana). No caso do estado do Pará, tem-se três regiões intermediárias (Belém, Castanhal e Marabá), no caso área da BH em estudo, tem-se a região intermediária Castanhal e as imediatas de Castanhal e Bragança.

discussão detalhando os materiais e métodos utilizados e logo após discorrer sobre os principais resultados obtidos, tecendo prognóstico para a gestão ambiental. Autores como Farias et. al (2015); SINGH et al (2014), Oliveira et al (2010) e Siqueira et al (2018) trabalham com esta temática da morfometria em bacias drenagem.

Deste modo parte-se da hipótese que a partir dos estudos realizados na área de bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará, considerando os resultados dos parâmetros morfométricos e seus aspectos físicos, pode-se estabelecer ações para execução do planejamento ambiental adequado a realidade regional e realização de atividades econômicas na área.

Métodos

As definições de parâmetros morfométricos, visto que estes são fundamentais na pesquisa. Utilizou-se para obter a hierarquia fluvial o critério de Strahler (1952) em que se parte do princípio de que os menores canais, sem tributários, devem ser considerados de primeira ordem, os canais de segunda ordem surgem da confluência dos canais de primeira ordem e só podem receber afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente.

Nesse sentido para relacionar os aspectos de hierarquia realizou-se a análise de parâmetros morfométricos. Com esta finalidade a área da bacia hidrográfica (A) foi definida como toda área drenada pelo sistema pluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, sendo elemento básico para o cálculo de diversos índices morfométricos podendo ser expressos em km² ou ha (TONELLO, 2005). O perímetro (P) consiste no comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas expresso em km (TONELLO, 2005). Já o comprimento total dos cursos fluviais (Lt) refere-se à soma de todos os comprimentos em km dos rios que fazem parte da bacia hidrográfica.

A densidade de drenagem (Dd) é expressa pelo comprimento total (Lt) de todos os cursos d'água da bacia e a área contribuinte (A). Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia (GUARIZ, 2008). A densidade de drenagem é dada pela seguinte expressão (km/km²):

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Segundo França (1968), a densidade de drenagem classifica-se de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 : Valores e interpretação de densidade de drenagem

Dd	Tipo	Interpretação ambiental da bacia
< 1,5	Baixa	Baixo escoamento superficial e maior infiltração
1,5 – 2,5	Média	Tendência mediana de escoamento superficial
2,5 – 3,0	Alta	Alta tendência ao escoamento superficial e enxurradas
> 3,0	Muito alta	Alta tendência ao escoamento superficial, enxurradas e erosão

Fonte: FRANÇA (1968). Adaptado pelos autores.

O fator de forma (Kf) indica a relação da forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre área (A) e o comprimento do curso d'água principal da bacia (L). É um índice que exprime a maior ou menor tendência para enchentes. Uma bacia com um fator de forma baixo tem menos tendência para enchentes que uma bacia do mesmo tamanho, mas com um fator de forma superior (VILLELA; MATTOS, 1975). O fator de forma é dado pela seguinte equação:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

O índice de circularidade (Ic) corresponde simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade e à medida que o valor da bacia se diminui da unidade a forma torna-se alongada, segundo a equação (CARDOSO *et al.*, 2006). O índice de circularidade é dado pela seguinte expressão:

$$Ic = \frac{(12,57 * A)}{P^2}$$

O coeficiente de compacidade (Kc) constitui a relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (CARVALHO *et al.*, 2009). Um coeficiente mínimo igual a uma unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um (VILLELA; MATTOS, 1975). O coeficiente de compacidade é dado pela seguinte expressão:

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Para os parâmetros de forma, circularidade e compacidade os resultados encontrados podem ser interpretados de acordo com a tabela 2.

Tabela 2: Valores e a interpretação dos resultados quanto aos índices: fator de forma (Kf), índice de circularidade (Ic) e, coeficiente de compacidade (Kc)

Kf	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental da bacia
0,75 - 1,0	1,0 - 0,80	1,0 - 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,50 - 0,75	0,8 - 0,6	1,25 - 1,50	Mediana	Média tendência a enchentes
0,30 - 0,50	0,6 - 0,40	1,50 - 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
< 0,30	< 0,40	> 1,70	Comprida	Tendência a conservação

Fonte: VILLELA e MATTOS (1975). Adaptado pelos autores.

Além dos autores supracitados é relevante destacar que se utilizou também as referências Santiago et. Al (2015); Dijak et al (2015); Teixeira; Silva e Farias (2017) para os aspectos relacionados ao planejamento ambiental; Soares et.al (2015) Rodriguez; Silva (2016, 1984); Carvalho (2020). Como forma de subsidiar o entendimento dos aspectos fisiográficos.

Resultados

A delimitação da área e o reconhecimento do ambiente físico da bacia hidrográfica como visão estratégica do planejamento, traz à bacia hidrográfica a concepção de recorte territorial como célula de análise integrada, que permite a conexão entre a organização espacial dos grupos sociais e os aspectos do ambiente físico (CARVALHO, 2020). Desta forma, a partir do estudo do ambiente físico e da necessidade de fazer uma gestão dos recursos hídricos na Amazônia Oriental a partir de parâmetros morfométricos selecionou uma BH localizada em uma área de colonização antiga no estado do Pará.

A área objeto de estudo da pesquisa é a bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará, localizada entre as coordenadas de longitude 48°

Desta forma, como hipótese da pesquisa, definiu-se para fins de planejamento apresentar a importância da morfometria para a análise da paisagem geográfica, buscando subsidiar o planejamento ambiental, partindo desta categoria e do estudo da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará, Brasil como pressuposto teórico metodológico.

10' 00" e 47° 30' 00" oeste e entre 0° 40' 00" e 1° 20' 00" de latitude sul, inserida na antiga mesorregião do nordeste paraense com uma área de 83.316,02 km² é a mais antiga fronteira de colonização do estado do Pará em função disso a maior parte de sua vegetação original já ter sido devastada função dos usos e processo de ocupação da área (CORDEIRO; ARBAGE; SCHWARTZ, 2017). A mesma corresponde a 2 microrregiões importantes (Bragantina e Salgado), essa contextualização regional é relevante para elencar os aspectos de planejamento e gestão ambiental e como a morfometria está relacionada aos mesmos. Como pode-se observar na figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará.

Figura: 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará

Em relação a essa regionalização o IBGE em 2017 lançou uma atualização da divisão regional do Brasil: em regiões Intermediárias e Regiões Imediatas. Esta sistematização para a delimitação das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias, objeto da presente proposta de regionalização, foi utilizada, em um primeiro momento, a Divisão Urbano-Regional, em suas escalas imediata e intermediária (Regiões Imediatas de Articulação Urbana e Regiões Intermediárias de Articulação Urbana). No caso do estado do Pará tem-se três regiões intermediárias (Belém, Castanhal e Marabá) no caso área da BH em estudo tem-se a região intermediária Castanhal e as imediatas de Castanhal e Bragança. Um instrumento legal importante para intensificar a relevância regional do estudo deste locus foi do decreto nº 288, de 3 de setembro de 2019 que criou o primeiro comitê de bacia hidrográfica do estado do Pará e determinou a área de atuação do CBHRM no Estado do Pará que compreende os limites geográficos da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim, com abrangência em 12 (doze) Municípios da Microrregião do Salgado

(Castanhal, Curuçá, Igarapé-Açu, Magalhães Barata, Maracanã, Marapanim, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São Francisco do Pará, Terra Alta e Vigia de Nazaré), todos localizados na Unidade Hidrográfica da Costa Atlântica – Nordeste. Esta determinação dirimi dúvidas em relação aos limites de interflúvio desta unidade ambiental e garantir a discussão da gestão dos recursos hídricos no âmbito desta área de forma democrática e com a participação de diversos agentes da sociedade.

Após apresentação da espacialização da área em estudo é interessante destacar a principais características da mesma. Levando-se em conta o contexto regional é fundamental conhecer a sua classificação na divisão hidrográfica do estado do Pará, onde pode - se observar a inserção na Macrorregião Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste Ocidental, Sub-região Hidrográfica Costa Atlântica, cujas características encontram-se diretamente relacionadas à influência do Oceano Atlântico. (LIMA et al., 2010). Esta especificação explica um pouco das diferenciações da paisagem na BH do Marapanim, visto que ela exerce

influência na tipologia da vegetação que se apresenta e baixo curso, considerando a salinidade presente em alguns trechos.

Agora, em relação aos aspectos socioeconômicos destes 12 municípios que compõem a bacia hidrográfica do Marapanim, toma-

se relevante destacar as atividades econômicas realizadas, as formas de utilização da terra e o fator da pressão antrópica sobre o uso dos recursos naturais disponíveis. Primeiramente, deve-se observar a distribuição da população destes municípios, conforme a tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Síntese de informações dos municípios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim

Município	População (Estimativa de população 2019)	População		Área do município (Km²)	Área do município pertencente à bacia (Km²)	Restante do território municipal (Km²)	Percentual da participação do município na bacia
		Urbana	Rural				
Castanhal	200.793	153.378	19.771	1.032.423,759	451.165,012	581.258,746	20,59%
Curuçá	40.066	12.174	22.120	627.676,007	86.910,463	540.765,543	3,97%
Igarapé- Açu	38.807	21.207	14.680	781.409,519	201.114,221	580.295,297	9,18%
Magalhães Barata	8.458	3.795	4.320	333.769,755	231.421,907	102.347,848	10,56%
Maracanã	29.473	11.656	16.720	755.885,543	15.524,685	740.360,857	0,71%
Marapanim	28.336	11.704	14.901	760.998,517	555.074,294	205.924,222	25,33%
Santa Izabel do Pará	70.801	43.000	16.466	729.691,465	3.624,764	726.066,691	0,17%
Santo Antônio do Tauá	31.482	14.871	11.803	513.933,163	61.140,257	452.792,906	2,79%
S. Caetano de Odivelas	18.050	6.958	6.958	745.171,536	14.447,206	730.724,329	0,66%
S. Francisco do Pará	15.882	5.113	9.947	493.854,746	389.491,715	104.363,030	17,78%
Terra Alta	11.720	4.334	5.928	179.865,637	154.375,944	25.489,693	7,05%
Vigia de Nazaré	53.686	32.353	15.536	546.711,179	26.916,630	519.794,549	1,23%

Fonte: IBGE (2010); (2019 – Estimativas de população); (Organização: SANTOS, 2018; LIMA, 2019).

Ao analisar esta tabela 3, observa-se que o município de Santa Isabel apresenta o menor percentual da área da bacia do Marapanim, assim como os municípios de Marapanim e Castanhal possuem 25,33% e 20,59 % respectivamente, apresentando, portanto, uma maior concentração de atividades que utilizam os diferentes recursos naturais desta unidade ambiental, um destes no alto curso e outro no baixo curso, demonstrando os fluxos de entrada e saída de energia do sistema.

No alto curso verifica-se maior concentração populacional em Castanhal, onde temos o maior número de canais fluviais e pode ter relação direta com a poluição dos mananciais em um local com altitudes superiores em relação às adjacências, causando maior erodibilidade dos solos e uma maior vulnerabilidade, como destacada em alguns trabalhos. Outro aspecto relevante que aparece na tabela 5 é um tensionamento maior em relação à concentração demográfica no alto curso, que pode ser relacionado também dentro das análises dos resultados com a hipsometria destas áreas, os resultados poderão ser observados no baixo curso, especificamente no município de Marapanim que recebe todos os fluxos de energia da BH.

Em relação aos usos da terra e atividades econômicas realizadas nesta área, observam-se diferenciações ao longo do alto, médio e baixo curso, conforme a dinâmica socioeconômica dos

municípios que a compõem, apresentando no baixo curso a presença de mangues e uma elevada influência fluvio-marinha e, por consequência, da atividade pesqueira e, no trecho mais elevado, mais atividades que impactam a questão ambiental.

Na área pesquisada existem diversos estudos realizados nesta BH, anteriores à criação por decreto de lei do comitê de bacias hidrográficas, como: análise dos usos e cobertura do solo com base no Projeto TerraClass, entre 2008 e 2010, de Alves *et al.* (2018); modelagens de uso da terra, de Barros (2018); análise da cobertura vegetal a partir do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*); pesquisas sobre vulnerabilidade do solo, dentre outras temáticas. Evidenciando uma grande preocupação em subsidiar informações para as secretarias de meio ambiente.

Dentro desta discussão é necessário salientar que do espectro do planejamento ambiental, a geomorfologia fluvial ganha grande atenção por parte dos geógrafos desde a antiguidade, tendo em vista que, por razões históricas, muitas cidades cresceram e se urbanizaram próximos a grandes bacias hidrográficas, ocupando-as e provocando danos ambientais em suas áreas. Na atualidade a atenção dada a esta temática é ainda maior, visto que o uso e exploração exacerbada dos recursos naturais tem suscitado diversos debates e a necessidade de apontar soluções para gerenciamento do território.

Deste modo, os adeptos dos estudos geográficos foram instigados a estudar a dinâmica dos cursos de águas, pois, como afirma Christofletti (1980) a análise da rede hidrográfica pode levar a compreensão e a elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação do relevo.

A esse respeito Cunha (2006) comenta que a partir da década de 70, os estudos sobre geomorfologia fluvial foram intensificados, com ênfase nos processos e nos mecanismos observados no canal fluvial, adquirindo visão mais ampla, ao envolver outras áreas do conhecimento, como a hidrologia (superficial e subterrânea), a pedologia e a ecologia. Ainda, a partir do recorte temporal mencionado, as contribuições da geomorfologia fluvial têm adotado uma perspectiva temporal para as mudanças fluviais e se preocupado com as modificações decorrentes da maior atuação do homem sobre o ambiente fluvial, em função da ocupação de áreas de preservação permanente, as margens dos canais e que ocasionam assoreamento, maior carreamento de sedimentos ao longo do leito dos rios.

Conforme Gasparetto et al (2013) os estudos sobre dinâmica fluvial, classificação de canais e rede de drenagem vem sendo desenvolvidos desde a metade do século passado. Dentre estes estudos, destacam-se alguns como as obras de Sthraller (1952) e Leopold et al. (1964), Schumm (1977), Knighton (1998), que estabeleceram uma base hierarquizada para os canais de drenagem e modelos teóricos. Contudo, os estudos sobre os sistemas fluviais tropicais são bastante recentes, com poucos estudos que antecedem a década de 1990 (Phillip et al., 1989; Pickup e Warner, 1984). Nos últimos anos ocorreram várias aplicabilidades destas pesquisas possibilitando maior conhecimento dos aspectos regionais. Esta preocupação evidencia a necessidade de conhecer as características naturais e de seus usos para orientar o planejamento.

Colaborando com estas análises a hierarquia apresenta-se como um dos componentes importantes para a compreensão dos processos que envolvem a dinâmica fluvial, esta corresponde a um processo utilizado para se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou área drenada que lhe pertence) no conjunto da bacia hidrográfica a qual se encontram (CHRISTOFOLETTI, 1980). Esta taxonomia é realizada com intuito de dar uma maior

objetividade aos estudos morfométricos sobre bacias hidrográficas.

Assim, a área em estudo, possui 2390,15 km², apresentando-se em formato de pera. Essa forma da bacia é considerada, calculando-se o índice de circularidade. Este índice é utilizado para que seja eliminada a subjetividade do pesquisador. Miller (1953) definiu que este índice corresponderia à relação existente entre a área da bacia e área de círculo de mesmo perímetro. O valor máximo do índice de circularidade a ser obtido é igual a 1, e quanto maior o valor, mais próximo da forma circular estará a bacia de drenagem. A fórmula utilizada é $I_c = A / A_c$, onde I_c é o índice de circularidade, A é a área e A_c é a área do círculo de mesmo perímetro.

A respeito do índice de circularidade Machado & Torres (2012) destaca que as bacias circulares possuem um maior risco de provocarem enchentes súbitas no canal principal quando precipitações intensas afetam toda a extensão da bacia, uma vez que o aporte de água tende a se concentrar em um curto espaço de tempo. O formato das bacias também colabora para a maneira como o escoamento pluvial ocorrerá.

Um aspecto que cabe salientar na forma das bacias hidrográficas é que os grandes rios apresentam o formato de pera ou de um leque, mas as pequenas bacias variam muito de formato, dependendo de muitos fatores, especialmente a estrutura geológica do terreno (MACHADO; TORRES, 2012).

No caso da Bh do rio Marapanim que possui grande extensão e localiza-se na Amazônia Oriental, são apresentados os dados abaixo na tabela 4 com os parâmetros analisados, para indicar o detalhamento dos aspectos fisiográficos encontrados e suas implicações neste território. Desta forma, analisou-se área, perímetro, densidade de drenagem, fator forma, coeficiente de compactidade e índice de circularidade. Para identificar as condições de conservação do ambiente e dos recursos hídricos.

Tabela 4: Parâmetros morfométricos calculados para a Bacia do Rio Marapanim

PARÂMETRO	RESULTADOS
Características	
Área	2390,15 km ²
Perímetro	223,02 km
Densidade de Drenagem	0,45 km/km ²
Fator forma	0,12
Coeficiente de compactidade	1,28
Índice de circularidade	0,60

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ordem	Número de Canais	Área (km)
1	103	654,37
2	36	179,91
3	6	112,42
4	2	121,31
5	1	2,32

Strahler (1952) que inovou ao eliminar o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração de cada confluência. Este modelo considera que os menores canais, sem tributários, são definidos como primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de primeira e segunda ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordem inferior (CHRISTOFOLETTI, 1980) (Figura 2).

Então, a partir desta classificação pode-se afirmar que a hierarquia BH do Marapanim apresenta 103 canais de 1º ordem com área de 654,37 km, os de segunda ordem com 36 canais, os de terceira com 6 canais, os de quarta ordem com dois canais e o de quinta ordem correspondendo a 1 canais (Figura 2 – Mapa de Hierarquia Fluvial). Assim, Machado; Torres (2012) define que a medida que as ordens dos canais aumentam em direção a jusante ou exutório da BH há uma tendência de redução das declividades, caracterizando áreas de menor fluxo como acontece com o rio Marapanim, além de poder observar que área mais drenada por canais é justamente a do alto cursos como o maior número de canais de primeira ordem. Na tabela 5 de

hierarquia fluvial pode-se observar a extensão dos canais com as suas respectivas ordens.

Tabela 5 - Hierarquia Fluvial

Fonte: Sthraler (1952)

Em relação a espacialização destes dados de hierarquia observa-se que os canais de primeira ordem estão bem distribuídos nas margens esquerda e direita do rio principal, drenando porções do alto, médio e baixo curso. Um número pequeno de canais de segunda ordem e no alto curso uma maior concentração de número de canais de terceira ordem. De quarta ordem os canais localizam-se no médio e baixo curso e nas proximidades da foz a classificação dos canais de quinta ordem.

A discussão sobre os aspectos de distribuição dos canais na bacia hidrográfica é fundamental para relacionar como estas porções do território tem sido utilizadas e como tem sido feito planos de manejo dos recursos hídricos desta unidade. No locus do estudo foram evidenciados na pesquisa de campo uma série de problemas ambientais resultados do alocamento dos lixões desrespeitando a legislação que regulamenta a criação de aterros sanitários nos municípios brasileiros.

Torna-se relevante destacar ainda a importância da hierarquia fluvial para o entendimento da dinâmica fluvial que, além de possibilitar o ordenamento dos canais, pode auxiliar no trabalho de planejamento ambiental. Isto porque, conforme (Machado; Torres, 2012) “[...] há uma tendência a serem mais bem drenadas aquelas bacias que têm ordem maior”. Esta é uma variável fundamental para a elaboração de planejamentos ambientais e quantificação do número de rios da presente. Neste sentido logo abaixo apresenta-se a figura 2 – Mapa de Hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará.

Figura 2 – Mapa de Hierarquia Fluvial da bacia hidrográfica do rio Marapanim

Na figura 2 (Mapa de Hierarquia Fluvial da bacia hidrográfica do rio Marapanim) apresenta-se o mapa de Hipsometria da BH em estudo e verifica-se as cotas altimétricas de 1 a 70 metros de altitude com os trechos mais elevados na porção do alto curso, na mesma localização dos tabuleiros paraenses e com maiores altimetrias na margem esquerda nos trechos de planície fluvial e próximos aos terraços observa-se as menores altitudes caracterizando o médio e alto curso. Para entendimento das nomenclaturas planície e terraços, Florenzano (2008, p.13) define que a primeira como terrenos baixos e planos, formados pela acumulação de material, que ordem ser de origem aluvial ou fluvial, marinha ou lacustre. A segunda como patamares em forma de degrau, localizados nas encostas dos vales.

Esses valores são importantes para entender que a altitude maior em áreas com maior concentração demográfica pode acabar tendo relação com mais eventos extremos na área, como chuvas com maior intensidade, dentre outros e que por esta característica necessitam de atenção

do estado para que a tomada de decisões ajude no gerenciamento da área.

Em relação a espacialização destes dados de hierarquia e a sobreposição dos aspectos relacionados a hipsometria, percebe-se que a drenagem das áreas é significativa nos trechos do alto e médio curso da BH. Já quando se analisa as altitudes do relevo, observa-se as regiões próximas aos interflúvios do alto curso, as formas de relevo com altitude de 51 a 72 metros, concentrados na margem direita a montante da bacia hidrográfica. Em direção a jusante as altitudes são menores, por conta das características das planícies e terraços fluviais existentes na área, a margem esquerda na porção do médio curso são entre 31 e 72 metros. E no baixo curso perto da foz de 1 a 30 metros. Como pode ser observado na figura 3 – Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Marapanim, Pará.

A partir destas características pode-se inferir que os processos de dissecação das formas de relevo existentes na BH do Marapanim são

diferenciados a montante e a jusante, considerando as características geológicas e geomorfológicas, entende-se que as compartimentações regionais implicam diretamente em morfoesculturas como as planícies e terraços no baixo curso e na erosão dos tabuleiros paraenses que modificaram a paisagem.

Figura 3 – Mapa de Hipsométrico da bacia hidrográfica do rio Marapanim

Antes da explicação das características fisiográficas, torna-se relevante apontar que foi realizada a divisão da área da bacia hidrográfica em alto, médio e baixo cursos a partir de definições geomorfológicas. Estas diferenciações foram feitas a partir de inflexões que modificam a direção de escoamento fluvial em direção à jusante do curso de água principal. A definição de qual seria o curso de água principal ocorreu em função dele apresentar o maior comprimento e por causa de sua direção em relação à foz. Para definição da hierarquia, irá se discorrer adiante, usando a classificação de Strahler e sua caracterização.

Na figura 4 apresenta-se o mapa de Geologia da BH do Marapanim, que tem como unidades geológicas: o Grupo Barreiras, que se

concentra na porção sudeste da BH, a cobertura Dentrítica laterítica, em sua margem direita, Neo pleistocênica na parte sudoeste e norte desta

unidade de estudo, os depósitos aluvionares holocênicos nos trechos do baixo curso nas áreas de planície, os depósitos coluviais holocênicos no trechos de cotas altimétricas mais baixas e inundáveis, e depósitos de pântanos e mangues próximo à foz, por conta da grande influência marinha oriunda do oceano Atlântico, além da cobertura sedimentar do Baixo Tocantins que corresponde à área do município de Santo Antônio do Tauá e onde, a partir de pesquisas, se constatou a exploração mineral (extração de areia) nesta

unidade localizada no alto curso, na margem esquerda.

Cabe salientar que há uma relação direta entre a caracterização geológica e a altitude do relevo na área da BH do rio Marapanim, que contribui para a dinâmica paisagística do local ativada por processos relacionados à influência fluviomarinha. As formas de relevo também são importantes pois a localização de algumas atividades econômicas dependem do condicionante altitude e das relações que o mesmo apresenta com

distância dos rios, visto que isso pode interferir no aumento da erosão de vários tipos e destruição dos solos por conta do uso de fertilizantes de diversas naturezas químicas.

A história geológica de suas províncias permite inferir as interferências e alterações na paisagem que ocorreram na área, assim como está representado na figura 4.

Figura 4- Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Marapanim, Pará

O Grupo Barreiras segundo Rosseti (2006) afirma que foi um período geologicamente ativo, tendo testemunhado eventos como expansão de geleiras na Antártida, fechamento do Mar Mediterrâneo e soerguimentos importantes em vários cinturões orogênicos, de grande repercussão global. Nesta unidade encontra-se, em sua maior parte, na porção mais ao sul da bacia, e fragmentos na margem direita do Rio Marapanim: os Coluviões e Aluviões Holocenos e a Cobertura Detrito-Laterítica Pleistocênica do Período Quaternário e Época Pleistoceno, predomina na porção do baixo da bacia e parte da porção do médio e baixo curso.

As informações das características litológicas destacadas acima são importantes para entender as características da gênese da paisagem da área. Corroborando com a discussão feita de delimitação das unidades e sua relevância para o

planejamento ambiental, precisa-se considerar que as bacias hidrográficas são unidades importantes, conforme a própria PNRH (9433/1997), assim o planejamento ambiental do território (ou de uma bacia hidrográfica) converte-se em um elemento tanto básico como complementar para a elaboração dos programas de desenvolvimento econômico e social e para a otimização do plano de uso, manejo

e gestão de qualquer unidade territorial (RODRIGUEZ et al, 2004).

Segundo Santos (2004) e Rodriguez (2008) o planejamento ambiental é: um instrumento da Política Ambiental em consonância com o modelo e estilo de desenvolvimento adotado; um suporte articulado ao processo de tomada de decisões; um exercício técnico-intelectual dirigido a estabelecer as pautas para programar o uso do território, dos espaços e das paisagens e a Gestão Ambiental; um objetivo para adequar as ações e intervenções dos governos e dos agentes econômicos e os atores sociais, aos sistemas naturais.

No caso da BH do Marapanim, estudos específicos têm sido realizados para analisar as características das espécies que compõem o mangue para relacionar os aspectos relacionados ao equilíbrio climático e os impactos causados pela atividade pesqueira e turística na área. Em relação à pesca, algumas atividades, como a pesca de curral, apresentam-se como traços marcantes da cultura das pessoas que vivem a partir da extração deste recurso. Em Marudá, distrito do município de Marapanim, observou-se a instalação de vários currais de pesca, conforme apresentado na figura 5 – Currais de Pesca em Marudá, Marapanim.

Figura 5 - Currais de Pesca em Marudá, Marapanim

O município de Marapanim, localizado no baixo curso da BH de mesmo nome, tem como atividade importante o uso dos currais de pesca, conforme apresentado na figura 8. Estas armadilhas são fixas para peixes e podem ser feitas de cercas, redes, telas etc; e são usadas especialmente nas áreas de marés. As cercas podem ser construídas como espirais (forma de caracol) em seu final, que não impedem completamente o escape dos peixes, apenas dificultam sua saída. Arranjos de cercas com passagens intrincadas e sinuosas, considerados como labirintos, têm sido usados em muitas pescarias em várias partes do mundo (VON BRANDT, 1984).

Assim, para entender a unidade planície e terraços fluviais é preciso procurar a genética destas

morfoesculturas, uma vez que estes ocorrem na área da bacia hidrográfica por acumulação fluvial, lacustre ou fluviomarinha. No caso dos terraços, eles foram observados no campo realizado em outubro de 2019, no município de Marapanim, distrito de Marudá (Figura 6 – Terraços Fluvio-Marinho no trecho do baixo curso do rio Marapanim), com a ocorrência de formas relacionadas à acumulação fluviomarinha de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao canal fluvial e à planície, entalhada em consequência da variação do nível marinho, por processos erosivos ou, ainda, por neotectônica. Ocorre nas baixadas litorâneas pleistocênicas e holocênicas, em níveis diferentes do atual nível médio do mar (IBGE, 2009).

A seta na figura 6 aponta os degraus e declividade do terraço fluvial

Figura 6 - Terraços Fluvio-Marinho no trecho do baixo curso do rio Marapanim

A formação de terraços fluviais apresenta íntima relação com seus aspectos fisiográficos, sejam eles a formação dos solos, sua geologia, geomorfologia, ou ao clima pretérito e seu dinamismo atual. Indicando que os mesmos nas áreas próximas aos leitos dos canais não devem ser ocupados para construção de residências ou atividades agrícolas, já que ocasionam danos ambientais

Conforme o manual técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), a bacia do Marapanim apresenta três unidades geomorfológicas: a que corresponde ao maior percentual da bacia hidrográfica em estudo é a dos tabuleiros paraenses, presente no alto, médio e baixo curso, as planícies e terraços fluviais acompanham o leito no alto e médio curso e o litoral de mangues e rias no baixo curso nos pontos em que ocorre a confluência com as águas dos oceanos, esta característica revela íntima ligação da estrutura apresentada com a vegetação (Figura 7 – Mapa de Unidades Geomorfológicas da BH do rio Marapanim).

No caso dos Tabuleiros Paraenses, estes são formados por camadas sedimentares designadas litoestratigraficamente, na geologia estadual, de formações Pirabas e Barreiras, acham-se bem expostas no nordeste do Pará e litoral do Maranhão, onde são representadas por uma variedade de fácies carbonáticas a siliciclásticas, sendo sugestiva a sua formação em sistemas de paleovales estuarinos com preenchimentos compostos. Esses estratos rochosos ocorrem em afloramentos descontínuos, expostos ao longo de falésias costeiras e em cortes de estradas (JORGE; TEIXEIRA; FONSECA, 2013).

Figura 7 - Mapa das Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Marapanim.

Assim, a última unidade geomorfológica a ser contextualizada para o entendimento da sua relevância é de litoral, mangues e rias, conforme o manual técnico de Geomorfologia (2009), até se confundindo com a caracterização da cobertura vegetal da área, no entanto, elas estão interrelacionadas.

O total da área dos mangues demonstrou que os estados que têm maior área ocupada por mangues são: Maranhão (505 mil ha), Pará (aproximadamente 390 mil ha) e Amapá (226 mil ha). Os demais estados não ultrapassam 90 mil ha cada. Tal dado consolida a importância da costa norte para a conservação dos manguezais, em especial o cordão de Reservas Extrativistas do Salgado Paraense (12 Unidades de Conservação), o Arquipélago da Ilha do Marajó (Resex de Soure), as Reentrâncias Maranhenses (Resex de Cururupu), além de outras unidades em processo de criação nessa região (BRASIL, 2018).

Esta subunidade do litoral de mangues e rias já sofreu sucessivas mudanças paisagísticas

por conta das alterações do nível do mar, da própria influência marinha que se apresenta como constante e interfere diretamente na formação de mangues provocando alterações nas formas de relevo. É fundamental para o entendimento das mesmas para o equilíbrio deste ecossistema e também ambiental de toda bacia hidrográfica.

Conclusão

1 Como apontamentos para a efetivação do planejamento ambiental é relevante considerar todos os aspectos naturais e sociais em uma escala regional, visto que a unidade em estudo apresenta características de um sistema aberto e onde as alterações no alto curso e realização de atividades econômicas podem causar impactos ambientais.

2 A análise ambiental é fundamental para subsidiar os planos de ação e orientar as ações que serão efetivadas dentro de uma determinada área, no entanto, para que ela ocorra é necessário um estudo detalhado das características naturais e antrópicas da área.

3 Os resultados obtidos permitiram entender que a bacia do Marapanim apresenta baixo escoamento e maior taxa de infiltração, em função das suas características físicas, além de média a baixa tendência a enchentes, que ocorrem também pela relação das altitudes que variam de 0 a 70 metros e são consideradas de baixo impacto, indicando necessidade de implementação de ações que visem um planejamento relacionado ao ordenamento territorial e de uso dos recursos naturais.

4 Para efeito de planejamento, o uso das técnicas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento são essenciais para integrar a análise de diversos aspectos da paisagem. Logo, observando esta relevância, utilizou-se destes procedimentos para obter os resultados de pesquisa referentes à área do Marapanim e os cálculos dos parâmetros analisados, em função principalmente da extensão da mesma.

5 Em relação ao alto curso, percebeu-se uma grande concentração de mosaico de pastagens, que são caracterizadas por pastagens da pecuária extensiva, da agricultura familiar e produção de dendê, que alertam para a necessidade de pensar um sistema de ordenamento e ações específicas conforme os usos da terra. Neste recorte os recursos encontram-se sob constante pressão das atividades antrópicas.

6 Lembrando que para fins de planejamento em BH é necessário ir além das delimitações municipais e considerar os canais fluviais e suas características para entender, em nível de detalhes, os potenciais para enchentes ou predisposição a elas, quais as áreas com maior risco de poluição dos canais, dos lençóis freáticos, no caso da poluição dos solos com uso de agrotóxicos, lixões instalados nos municípios em área irregular, enfim, a partir das unidades obtém-se um diagnóstico ambiental, podendo identificar problemas ambientais, discutir o gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito do comitê de BH e outras formas de gerenciamento de forma democrática, ou seja, com a participação dos agentes que utilizam a água da unidade em questão.

7 Para a análise da paisagem e gerenciamento dos recursos hídricos de forma integrada deve-se considerar os aspectos da geologia, geomorfologia, hipsometria e hierarquia fluvial, correlacionando-os. Na Bacia do Marapanim, observou-se que os parâmetros morfométricos indicaram juntamente com os aspectos fisiográficos que a mesma se

encontra em bom estado de conservação, mas que é necessário ações do poder público para redirecionar os usos dos recursos e ocupação de regiões próximas aos igarapés/ furos para manutenção da qualidade do recurso água.

Agradecimentos

Agradeço à Capes, Universidade Federal do Pará e ao Programa de Pós - Graduação em Geografia por todo apoio concedido durante a pesquisa.

Referências

- BRASIL. Lei nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 e março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, 9 jan. 1997, p. 470.
- BRASIL, Atlas dos Manguezais do Brasil. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.
- Cardoso, c. A.; dias, h. C. T.; soares, c. P. B.; martins, s. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. Revista Árvore, 30, 241-248, 2006.
- Carvalho, a. T. F. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, 140-161, 2020.
- Cordeiro, i. M. C; arbage, m. J. C; schwartz, g. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários In: Cordeiro, I. M. C; Schwartz, G; Oliveira, F. A; Vasconcelos, L. G. T. R (Orgs). Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: EDUFRA, 2017.
- Christofolletti, a. Geomorfologia. São Paulo: Blucher, 1980.
- Cunha, s. B. Da; guerra, a. J. T. (orgs.). Geomorfologia do Brasil. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- Dipak, r. S.; shirish, g. S.; nagarajan, r. GIS based drainage morphometry and its influence on hydrology in parts of Western

- Ghats region, Maharashtra, India. Geocarto International, 755-778, 2015.
- Florenzano, t.g. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 128p.
- Farias, r. N.; pedrozo, c. S.; machado, n. A. F.; rodriguez, m. R. Análise morfométrica e de usos do solo da bacia hidrográfica do Arroio Candiota, RS, Brasil. Pesquisas em Geociências, 42, 159-172, 2015. Disponível em: doi: 10183/104798/000930767.
- França, g. V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 1968. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP.
- Gaspardo, n.v.l. santos, m.l.; kuerten, s. 2010.. Variação longitudinal da hidrodinâmica, morfologia do canal e carga sedimentar do baixo curso do rio Ivaí - Paraná, Brasil. In: V Congresso Nacional de Geomorfologia, Porto. Volume de actas / proceedings do V Congresso Nacional de Geomorfologia. Porto: Associação Portuguesa de Geomorfologia, 1, 151-156,
- Guariz, h. R. Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre/ES, 2008.
- Hellden, u.; stern, m. 1980 Evaluation of Landsat Imagery and Digital Data for Monitoring Desertification Indicators in Tunisia. Proc. 14th. Int. Symposium on Remote Sensing of Environment, p. 1601-1611,.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017 / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017.
- IBGE. Manual técnico de Geomorfologia. 2ª. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009 (Manuais técnicos em geociências, n. 5).
- Oliveira, p. T. S.; sobrinho, t. A.; steffen, j. L.; rodrigues, d. B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 14, 819-825, 2010.
- PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.
- PORTO GONCALVES, C. V 2018.. Os (des) caminhos do meio ambiente. 15. Ed. São Paulo: Contexto,
- Rodriguez, j. M. M.; silva, e. V. 2016. Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 370 p.
- Silva, e. V.; rodriguez, j. M 2014.. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas: a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. Caderno Prudentino de Geografia, p. 04-17.
- Santos, c. S. 2018 .Dinâmicas da paisagem do alto curso da bacia hidrográfica do Igarapé-Açu-PA: subsídios ao planejamento ambiental. Brasil. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém.
- Strahler, a. N 1952. Dynamic basis of geomorphology. Bulletin of the Geological Society of America, 63, 923-938.
- Singh, p.; grupta, a.; singh, m. 2014.. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote and GIS techniques. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sensing, 17, p.111-121, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrs.2014.09.003>>. doi: 10.1016/j.ejrs.2014.09.003.
- Siqueira, A, Da S.; La Torre, J. J. S. De; Parreira, C. F.; Vendruscolo, J.; Rosa, D. M. & Cavalheiro, W. C. S. 2018. Caracterização morfométrica na microbacia do rio Conceição, Rondônia. Revista Brasileira de Ciências da Amazônia, Edição Especial, 7, 59-67,
- Teixeira, n. F. F.; silva, e. V. Da.; farias, j. F. 2017. Geoecologia das paisagens e Planejamento Ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental. Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas, Macapá, 147-158,. Disponível em: <https://goo.gl/NS1J6W>. Acesso em: 05 set.2019
- Tonello, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães. 2005. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- Torres, f. T. P.; machado, p. J. De O. 2012. Introdução a hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning.
- Trombeta, l. R; leal, a. C. Revista Formação (ONLINE) 3. mai-ago/2016. 187-216.