

Diagnóstico ambiental e caracterização morfométrica das Microbacias Hidrográficas de Pedro do Rosário, Amazônia Maranhense (Brasil)*

Paulo Roberto Mendes Pereira¹, Taíssa Carolina Silva Rodrigues²,
Josué Carvalho Viegas³

¹Mestrando em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP). Presidente Prudente-SP.

²Doutoranda em Geografia. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP). Presidente Prudente-SP.

³Departamento de Ciências Humanas. Universidade Federal do Maranhão. *Campus* Grajaú. E-mail: josueviegasgeo@hotmail.com.

Resumo. Este estudo visou a identificar as características morfométricas de quatro microbacias hidrográficas situadas no município de Pedro do Rosário estado do Maranhão. Para tanto, utilizou-se como procedimento processamento digital de imagem para diagnosticar a morfometria da área de estudo, uma vez que estes fatores de análise são essenciais para se entender a dinâmica hídrica e servem como suporte para a gestão ambiental local. Como resultados, destaca-se que as microbacias estudadas apresentaram baixa densidade de drenagem, e rios com baixa energia. Além disso, apresenta em seu percurso canais em sua maioria retificados, outro fator identificado neste estudo se refere à fraca capacidade de geração de novos canais e grande número de canais de primeira ordem.

Palavras-chaves: Características morfométricas; Bacia hidrográfica; Pedro do Rosário; Região Amazônica.

Abstract. *Environmental diagnosis and morphometric characterization of Watersheds Pedro Rosário, Amazon Region, State of Maranhão (Brazil).* This study aimed to identify the morphometric characteristics of four watersheds located in the Municipality of Pedro Rosário, State of Maranhão, Brazil. Therefore, if used as digital processing procedure image to diagnose the morphometry of the study area, since these analyzes factors are essential to understanding the fluid dynamics and serve as support for local environmental management. As a result, it is emphasized that the studied catchments showed low drainage density, and rivers with low energy. Also present in its channel route mostly rectified, another factor identified in this study refers to the weak capacity to generate new channels and large number of 1st order channels.

Keywords: Morphometry; Hydrographic basin; Pedro Rosário; Amazon Region.

Recebido:
29/07/2016

Aceito:
02/09/2016

Publicado:
30/09/2016



Acesso Aberto
Artigo completo



ORCID

0000-0002-8749-6699
Paulo Roberto Mendes
Pereira
 0000-0002-7320-2717
Taíssa Carolina Silva
Rodrigues
 0000-0002-3932-1480
Josué Carvalho Viegas

*Apresentado no V Congresso Brasileiro de Educação Ambiental Aplicada e Gestão Territorial, Fortaleza/CE, 8 a 11/06/2016.

Introdução

Este trabalho se propôs a identificar as características morfométricas de um conjunto de Microbacias hidrográficas localizadas no município de Pedro do Rosário, a noroeste do Estado do Maranhão e político-administrativamente inserido na mesorregião norte do Estado, o mesmo compõe juntamente com outros 20 municípios, a Microrregião da Baixada Maranhense.

A Baixada Maranhense integra uma região natural que tem sua dinâmica ambiental regida por características topográficas em associação com a sazonalidade climática, ela forma um sistema hidrográfico integrado por um conjunto de rios, lagos e planícies fluviais inundáveis e possui uma extensão territorial de 1.775.035,9 ha. O que acabara lhe conferindo a caracterização de maior bacia lacustre da Região Nordeste (Maranhão, 2002).

Tendo em vista estas características, o Estado do Maranhão, através do Decreto nº 11.900/1991, criou a Área de Proteção Ambiental (APA) da Baixada Maranhense, integrando três sub-bacias hidrográficas, Baixo Pindaré, Baixo Mearim-Grajaú e Estuário do Mearim, Pindaré - Baía de São Marcos, incluindo a Ilha dos Caranguejos. Porém, a APA não abrangeu toda extensão da Baixada Maranhense e acabou excluindo setores fundamentais, como por exemplo, importantes pontos de recarga hídrica, onde a ocupação e exploração sem o devido planejamento podem afetar o equilíbrio ambiental.

Como uma dessas áreas, pode-se destacar o Município de Pedro do Rosário, que apresenta um importante papel dentro do contexto regional da Baixada Maranhense devido a sua relevância ecológica e em função de seus atributos fisiográficos (características topográficas variando de 2 a 122 m e declividade com até 43%) que lhe atribui em seus limites alguns dos principais divisores de água que mantém os mananciais da APA, com destaque para o Rio Pericumã e Lago Formoso, mas apresenta apenas 0,5%

inserido na APA, justificado pela sua emancipação em 1996 do Município de Pinheiro.

Cabe destacar, que o município de Pedro do Rosário teve seu processo de ocupação associado ao avanço da fronteira agrícola com destaque para a década de 70 onde foram observadas tentativas de implantação de projetos de ocupação da Amazônia Maranhense com financiamento governamental, porém as consequências de um acentuado processo de desmatamento da área têm sido observadas até nos dias atuais.

Análises morfométrica de bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica caracteriza-se como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, ela é formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, com dinâmica associada a elementos (pedológicos, hidrológicos, geomorfológicos, climáticos, fauna, flora e ocupação antrópica).

Lima e Zakia (2000) acrescentam ao conceito geomorfológico da bacia hidrográfica, uma abordagem sistêmica, considerando como sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, se encontram em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico (Teodoro et al., 2007 p. 138).

Barbosa Júnior (2004) ratifica que o sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é constituído pelo curso d'água principal e por seus tributários e inclui todos os cursos d'água - perenes, intermitentes ou efêmeros, sendo o padrão

de drenagem associado ao tipo de solo e de rocha e à estrutura geológica da área estudada.

Trajano et al. (2008) afirma que:

[...] os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos de água e podem ser influenciados na sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas (controle estrutural), pela resistência litológica variável (controle litológico), pelas diferenças de declive e pela evolução geomorfológica da região. e podem estar englobadas na caracterização de determinado padrão. São exemplos de padrões de drenagem: dendrítica, anelar, radial e paralela [...].

Nesse modo, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, trata dos princípios e diretrizes para a gestão de recursos e torna a água como um bem de domínio público, agregado de valor econômico cujos usos prioritários são voltados ao abastecimento humanos e a animais. A gestão deve tomar como unidade territorial a *bacia hidrográfica*, sendo importante a formulação de estudos para a manutenção e impactos das atividades humanas.

Porto e Porto (2008) destaca que os sistemas de gestão dependem de ferramentas que possam ser aplicados de forma a atender as necessidades das comunidades, considerando a capacidade de uso ou de preservação ambiental requerida para a garantia da sustentabilidade, a médio e no longo prazo. A Lei nº 9.433/1997 define apenas as responsabilidades dos Comitês de Bacia Hidrográfica e destacam as obrigações de articulação entre os diversos agentes, a atuação em primeira instância em caso de conflito, a aprovação do plano de recursos hídricos, a aprovação da implantação da cobrança e da proposta de preço.

Para Villela e Mattos (1975) ao se caracterizar morfometricamente uma bacia hidrográfica podem ser estabelecidas relações e comparações entre as características do ambiente e dados hidrológicos, servindo de suporte para

ações de planejamento futuro. Teodoro et al. (2007) afirma que a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões, assim permitir a análise morfométrica de bacias hidrográficas.

Segundo Faria et al. (2009), a caracterização morfométrica, pode ser definida ainda como a “análise quantitativa das interações entre a fisiografia e a sua dinâmica hidrológica” que permite um conhecimento da dinâmica fluvial, bem como das relações existentes entre ela e os diversos componentes do meio físico e biótico de uma bacia hidrográfica. Com a evolução dos sistemas de informações geográficas e desenvolvimento de novas tecnologias, passou-se a ter informações diversificadas onde se destaca a análise e modelagem de sistemas geomorfológicos em ambiente computacional que fortaleceram a obtenção e análise de dados e informação que antes demandavam dispendiosos e longos levantamentos de campo e gabinete, como é o caso da análise 3D morfométrica de bacias hidrográficas (Teodoro et al., 2007).

Os usos destes dados incrementaram de maneira significativa as análises geomorfológicas e apresentam como objetivo a quantificação de atributos do relevo para classificação e comparação de modelados e a evolução em áreas de contexto climático (exógeno) e estrutural (endógeno). Em alguns casos, como ocorre em Pedro do Rosário, onde não há muitas informações em virtude da ausência de banco de dados sistematizados, sua utilização contribui de maneira significativa para as o monitoramento e gestão ambiental, principalmente pela importância regional que este apresenta para o estado do Maranhão.

Procedimentos metodológicos

Para a elaboração deste trabalho seguiram-se os procedimentos propostos por Villela e Matos (1975) em associação com procedimentos elaborados por Florenzano

(2008), no que tange o processamento e correção de dados orbitais para a caracterização da rede de drenagem, extração e delimitação das microbacias e caracterização paramétrica, areal e de drenagem da área, sendo realizadas as seguintes etapas:

✓ Consulta de materiais bibliográficos em teses, dissertações e artigos científicos que abordassem as temáticas: Bacias hidrográficas, análises morfométricas, sensoriamento remoto e geoprocessamento.

✓ Para a caracterização do relevo se utilizou a declividade (velocidade de escoamento superficial), altitude e amplitude altimétrica, a partir do Modelo Digital de Elevação (DEM) gerado através do SRTM (*Shuttle RADAR Topography Mission*), de 1 arco de segundo que representa 30 m de resolução espacial referente aos pontos altimétricos das bacia hidrográfica (Nasa, 2013).

✓ Correção de valores nulos (vazios) e de topos inexistentes contidos na imagem bruta, associados ao processo de aquisição e processamento da imagem SRTM, esta etapa foi realizada no software *Saga Gis*[®], a partir da ferramenta *grid analis fill-skin*.

✓ Extração das curvas de nível com intervalos de 10 m a partir das imagens *SRTM* corrigidas realizadas no software QGIS, a partir da ferramenta do *Grass Coutorn*. Reamostragem da imagem SRTM de 30 m para 15 m de resolução espacial a partir do mapa de curvas de nível foi corrigida para geração de um modelo digital de elevação, esta etapa foi realizada no software SAGA GIS a partir da ferramenta *Grid Interpolation, Grid Line Interpolation*.

✓ Extração da rede de drenagem, a delimitação da bacia hidrográfica, a análise e caracterização paramétrica realizada automaticamente com o uso da extensão *Terrahidro*[®] do software livre *TerraView*.

✓ Cálculo das características morfométricas a partir das equações proposta por Horton (1945), e apresentada na literatura por Villela e Mattos (1975); Christofletti (1980), calculados no software Libre Office a partir da planilha Calc.

✓ A realização de atividade de campo para validação dos dados, correção da base cartográfica e coletas de pontos GNSS, e identificação e validação do mapa de rede de drenagem, foram realizadas em Janeiro de 2016.

Para o cálculo da morfometria foi utilizado os parâmetros de Villela e Matos (1975) e Cristofletti (1996) seguindo as seguintes equações (Tabela 1).

Tabela 1. Equações utilizadas para o cálculo das morfometrias das microbacias. Fonte: Santos e Moraes (2012).

ITEM	EQUAÇÃO	DEFINIÇÃO
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = C/A$	C - comprimento total dos canais A - área total da bacia
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = n/A$	n - número de canais A - área total da bacia
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = (1/ Dd) \times 1000$	Dd - densidade de drenagem
Relação de relevo (Rr)	$Rr = \Delta a/L$	a - amplitude altimétrica L - comprimento do canal principal
Gradiente de canais (Gc)	$Gc = a \max/L(\%)$	a Max - altitude máxima L - comprimento do canal principal
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = Pc/P$	Pc - circunferência (ou perímetro) do círculo de mesma área que a da bacia P - perímetro da bacia
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = L/dv$	L - comprimento do canal principal dv - distância vetorial entre os

Localização e caracterização do Município de Pedro do Rosário

O Município de Pedro do Rosário (Figura 1) está localizado no Estado do Maranhão, e apresenta uma extensão territorial de 1.750 km², faz parte da Mesorregião Norte Maranhense e Microrregião da Baixada Maranhense. Limita-se ao norte com o Município de

Presidente Sarney e Pinheiro; a oeste com Santa Helena, Nova Olinda do Maranhão, Araguaã e Zé Doca; ao sul com Penalva e Zé Doca, e a leste com Viana, São Bento e Penalva. Possuindo os seguintes pontos extremos: norte 02° 44' 15" e -45° 24' 08"; oeste 45° 38' 15" e -02° 54' 08"; sul -03° 14' 19" e -45° 34' 44" e leste -45° 11' 00" e -02° 55' 27" (IMESC, 2013).

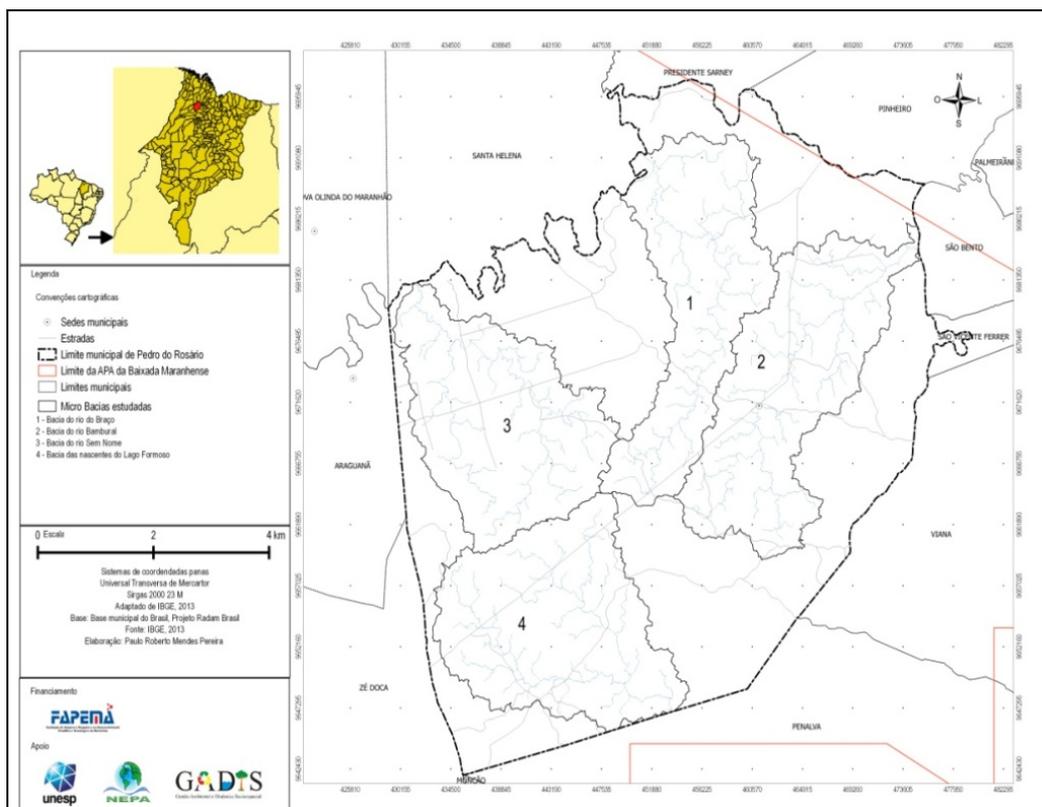


Figura 1. Localização das Microbacias em Pedro do Rosário-MA. Fonte: Adaptado de IBGE (2013).

O limite municipal é composto por cinco microbacias hidrográficas, no qual seus rios e afluentes apresentam caráter totalmente intermitente, associados a sazonalidade da região, sendo estas as a do Rio do Braço, maior rio do município; Rio Bambural o Rio Capinima e mais dois rios na qual não apresentaram identificação.

Características do meio físico do Município de Pedro do Rosário

Inserido na Bacia Sedimentar do Grajaú, o município apresenta 88% de seu

embasamento geológico (Figura 2), caracterizado pela Formação Itapecuru, de idade cretácea esta formação tem a litoestatigrafia composta de sedimentos arenosos ou areno argilosos de coloração vermelho amarelada, ou cinzenta, com estratificação variante, inconsolidados e tipicamente frágeis. Os outros 12% correspondem a formações holocênicas e pleistocênicas, com destaque para os depósitos aluviais e de talus, compostos por materiais inconsolidados, areias quartzosas, silte e argila (IBGE, 2006).

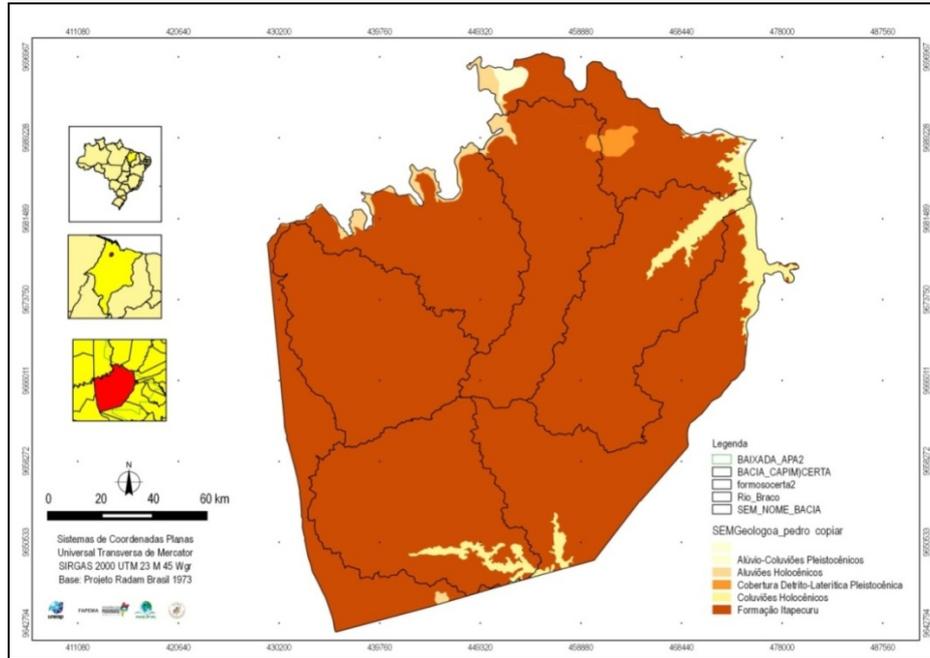


Figura 2. Embasamento geológico de Pedro do Rosário e suas microbacias. Fonte: Adaptado de IBGE (2014).

A geomorfologia (Figura 3) da área é representada em 78% pela superfície sublitorânea de Bacabal, que no local se caracteriza por uma variação topográfica

entre 2 e 122 m de altitude (Figura 4) e um padrão de relevo variando entre o plano e o forte ondulado de 3 a 43% (Figura 5).

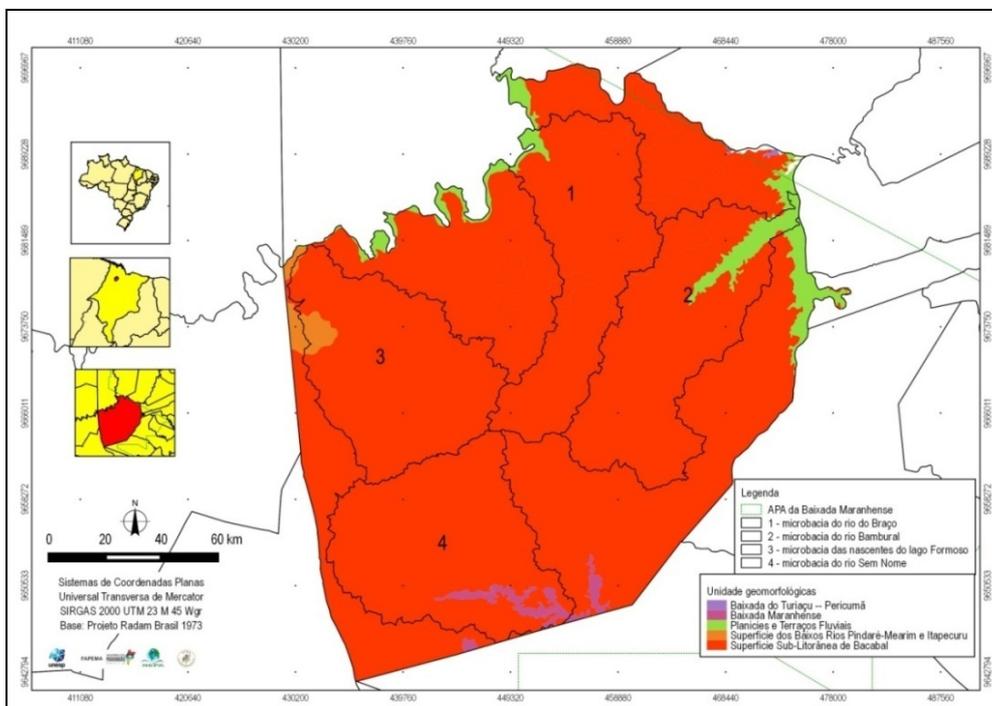


Figura 3. Geomorfologia das microbacias hidrográficas. Fonte: Adaptado de IBGE (2014).

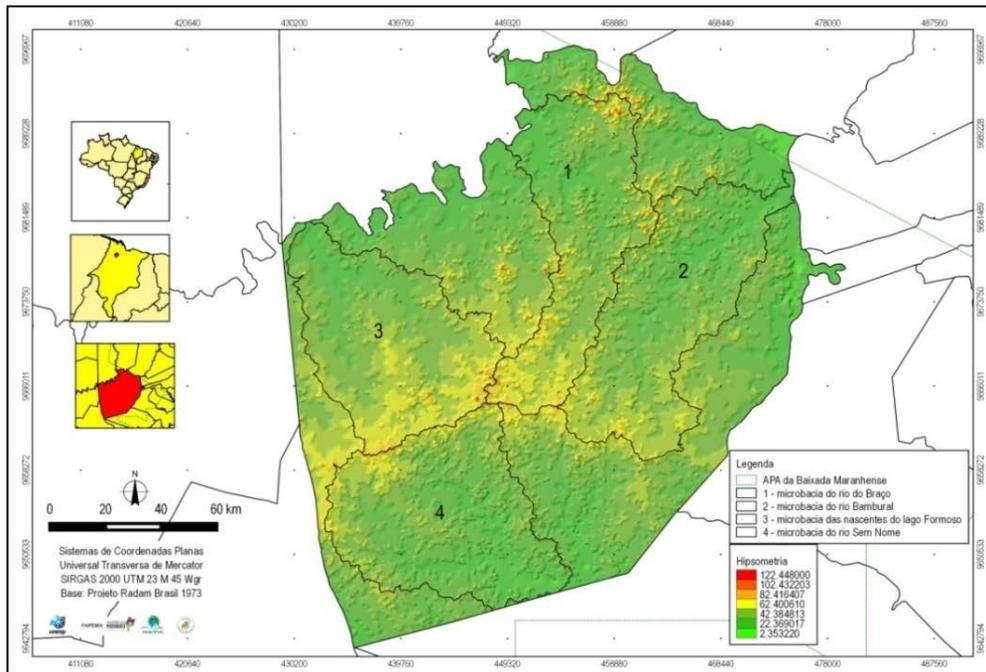


Figura 4. Hipsometria das Microbacias de Pedro do Rosário-MA. Fonte: Adaptado de Nasa (2014).

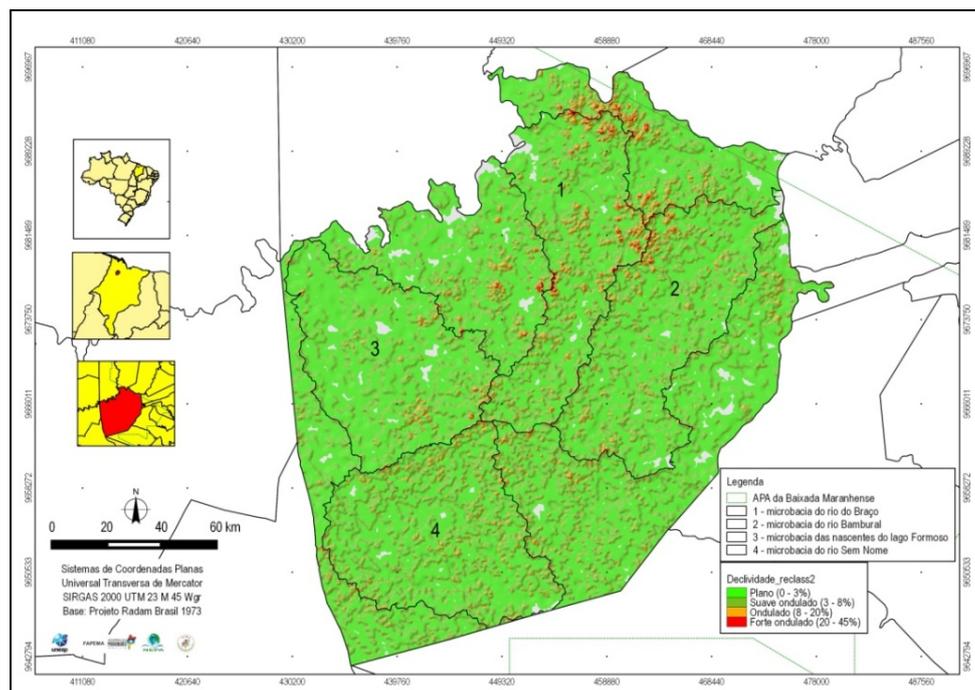


Figura 5. Declividade de Pedro do Rosário - MA. Fonte: Adaptado de Nasa (2014).

A área de estudo apresenta como formas de relevo: planícies e terraços de inundação com altitude entre 2 e 18m e topografia plana que representam as planícies fluviais e lacustres dos Rios

Bambural, do Braço, Novo, Pericumã e planície alagada do Lago formoso. Além de extensas superfícies de aplainamento de formas tabulares e subtabulares levemente onduladas com altitude entre 21 e 45 m,

intercaladas por um conjunto de colinas de baixa altitude entre 46 e 89 m côncavas e suavemente onduladas com presença de morros testemunhos entre 90 e 122 m de altitude (CPRM, 2011).

Quanto aos solos (Figura 6) destacam-se os plintossolos argiluvicos distróficos em 73,13% da área, constituídos por material mineral apresentando horizonte plíntico, litoplíntico ou

concrecionário. Os argissolos vermelho amarelo distróficos plínticos e típicos, representam 21,99% da área, considerados de baixa fertilidade e encontrados na porção central e a sudoeste do município. Os gleissolos representam 4,92%, sendo localizados nos setores alagados periodicamente, tendo constituição argilosa, argilo-arenosa e arenosa (Barbosa e Pinto, 1973).

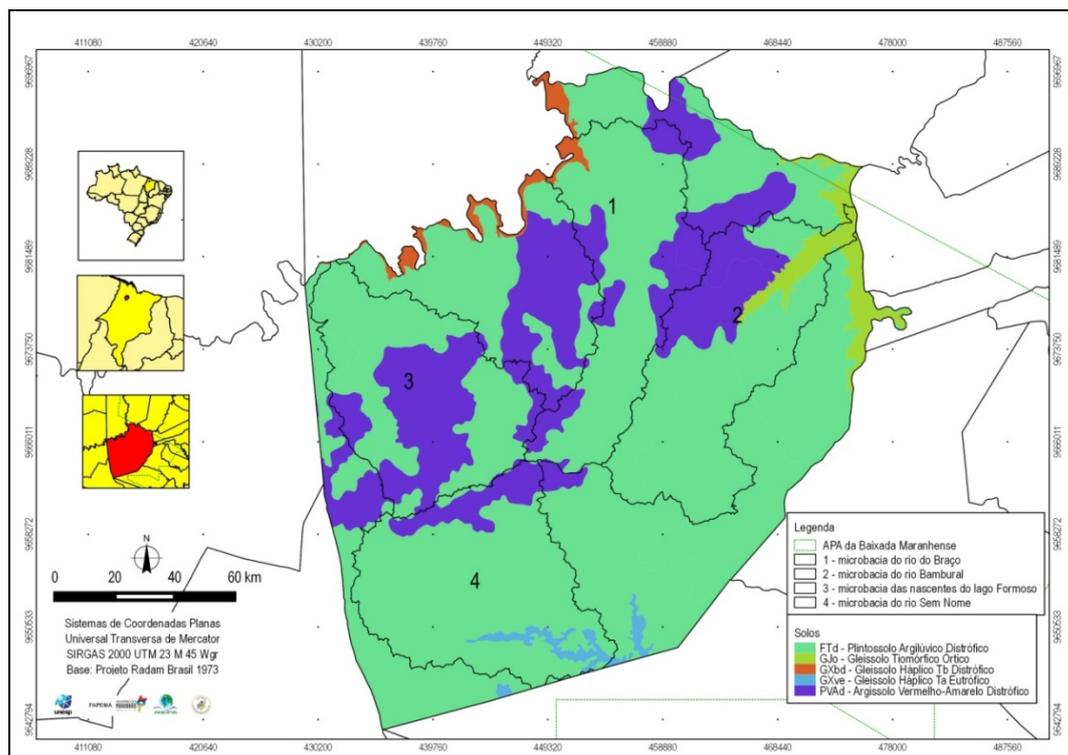


Figura 6. Solos de Pedro do Rosário. Fonte: Adaptado de IBGE (2014).

O município tem seu regime climático associado à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o que foi descrito por Uvo e Nobre (1989) como um dos mais importantes sistemas meteorológicos atuando nos trópicos, parte integrante da circulação geral da atmosfera. A ZCIT de acordo com Feitosa (1996) desloca-se em uma simetria que se inicia a partir de janeiro, com destaque para a ação dos ventos alísios de nordeste que atuam no deslocamento das massas carregadas ocasionando chuvas com maior evidência entre abril e maio e ocasionando quase

ausência de precipitação até de agosto a novembro.

A área apresentou em uma série histórica de 1980 a 2015 (Figura 7) com elevadas temperaturas entre 26 °C e 30 °C, e com umidade relativa do ar entre 85% e 90%, proporcionando-lhe alta pluviosidade. A área apresentou uma média de precipitação entre 1800 e 2400 mm anuais, com ocorrência de dois períodos: um chuvoso e outro de estiagem, sendo o pico da precipitação entre os meses de fevereiro a abril (Maranhão, 2002).

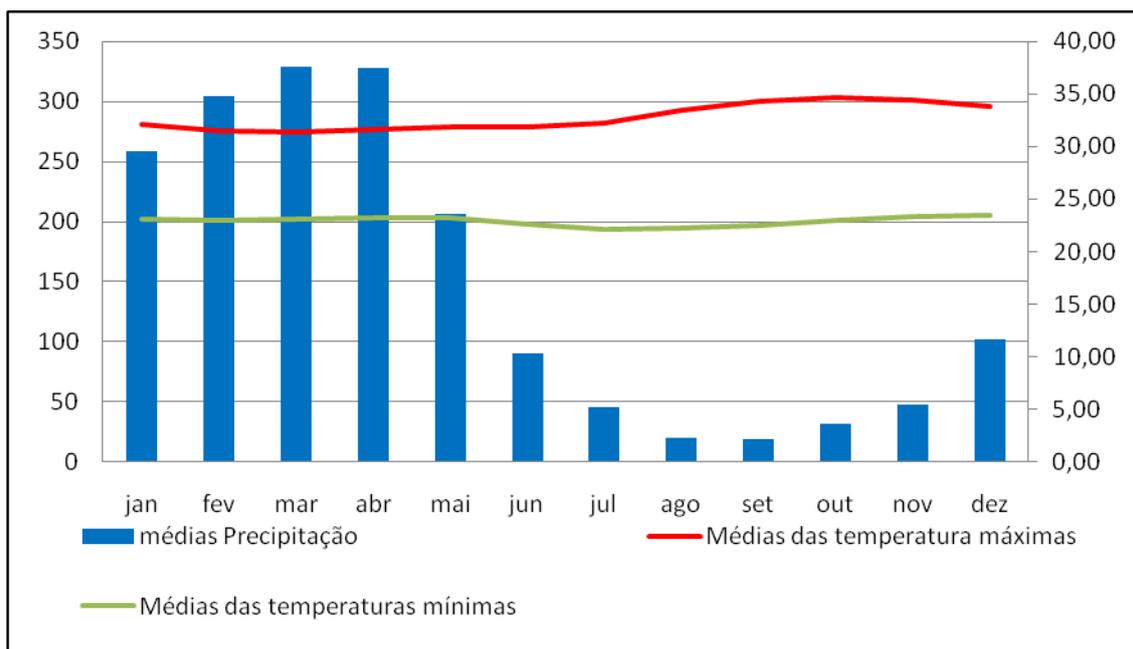


Figura 7. Climograma da Região de Pedro do Rosário (1980 - 2015).

A vegetação apresenta as características da porção noroeste do Maranhão em associação com parâmetros geomorfológicos e os dos solos, onde se destaca o predomínio originalmente das formações florestais de porte arbóreo próprias do domínio amazônico com grande incidência de floresta mista com palmáceas e vegetação de campos, além de enclaves de cerrados nas zonas tabulares. (Ab'Saber, 1977; Feitosa, 1996; El-Robrine et al., 2008).

Características morfométricas das Microbacia Hidrográficas de Pedro do Rosário

Ao se avaliar as características morfométricas destaca-se que o ambiente das microbacias analisadas apresentou densidade de drenagem com padrão considerado regular, o que equivale a um menor grau de ramificação da rede hídrica e, portanto, menor eficiência do sistema de escoamento superficial, por sua vez, o padrão das áreas de nascentes apresentou valores baixo o que torna as micro bacias menos suscetível à erosão dos solos. O fator de forma resultante e o índice de circularidade indicam que as microbacias

hidrográficas são estreitas e alongadas, facilitando o escoamento da água na região hidrográfica, portanto, menor aptidão para enchentes, inclusive se considerarmos os altos índices de ocorrência de chuvas intensas da região.

O índice de sinuosidade de todas as microbacias analisadas indicaram uma velocidade de escoamento superficial baixo e presença de rios no geral com padrões retilíneos. Estes dados podem também estarem associados às condições hidrológicas, ao tipo de solo e ao material sedimentar, visto que o município tem seu embasamento no geral arenoso a areno-argiloso e proximidade com o lençol freático, que explica a fácil capacidade de inundação dos cursos de água que formam as bacias analisadas.

Ao se avaliar a relação bifurcação se observou que as quatro microbacias apresentaram um padrão de relevo pouco dissecado e relativamente plano, indicando que os rios que as formam, no geral possuem poder de escavação moderadamente fraco, canais retos e pouco desenvolvidos. Fator que explica o baixo nível de sinuosidade e baixa de criação de novos canais para os rios destas áreas, que são compostos principalmente por canais

pequenos e com fraca taxa de infiltração associada ao embasamento geológico e pedológico.

A Tabela 2 destaca os resultados para as análises morfométricas das principais Microbacias Hidrográficas do Município de Pedro do Rosário.

Tabela 2. Características morfométricas das Microbacias de Pedro do Rosário.

	Rio do Braço	Nascentes do formoso	Rio Sem Nome	Rio Bambural
Área da bacia	227,3	259,27	241,19	255,09
Perímetro Da bacia	137,57	112,16	112,30	138,51
Comprimento do Canal Principal	54,6	35,36	40,31	43,41
Comprimento total dos canais	162,09	161,17	160,53	172,67
Altitude máxima	111,09	81,88	98,91	91,31
Altitude mínima	15,33	11,65	18,30	13,46
Amplitude altimétrica	95,76	70,23	80,61	77,85
Largura axial	29,51	23,63	23,07	31,51
Canais de 1 ordem	34	32,00	31,00	35,00
Canais de 2 ordem	8	4,00	6,00	9,00
Canais de 3 ordem	1	2,00	1,00	1,00
Canais de 4 ordem	XXXX	1,00	XXXX	XXXX
Número total de canais	43,00	38,00	38,00	45,00
Densidade de Drenagem	0,71	0,62	0,67	0,68
Densidade de rios	0,19	0,15	0,16	0,18
Relação bifurcação 1 ordem	XXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX
Relação bifurcação 2 ordem	4,25	8,00	5,17	3,89
Relação bifurcação 3 Ordem	4,25	8,00	5,17	9,00
Relação bifurcação 4 ordem	Ausente	2,00	Ausente	Ausente
Índice de rugosidade	0,01	0,01	0,01	0,01
Coefficiente de compactação	2,39	1,95	2,02	2,42
Fator Forma	0,26	0,46	0,45	0,26
Índice de sinuosidade	45,95	33,17	42,77	27,41
Relação relevo	1,75	1,99	2,00	1,79

Considerações finais

Este estudo forneceu um conjunto de dados que permitem uma melhor interpretação da influência das características fisiográficas e comportamento hidrológico da região da Baixada Maranhense. Estas informações são de grande valia à gestão ambiental na medida em que fornecem referenciais básicos para o conhecimento dos sistemas em questão e dão subsídio para um melhor direciona-

mento das ações de planejamento, servindo como ponto de partida para a definição e elaboração de Indicadores Ambientais.

Cabe destacar, que a área apresentou características que evidencia necessidade de um melhor planejamento para a ocupação do local. Os canais de primeira ordem representaram 79% do total da bacia, representando as áreas de nascente que exige por legislação uma maior atenção nas práticas de manejo e conservação, visando ao alto grau de mudança da

paisagem existente na área associados às atividades socioeconômicas e a sua importância para os regimes fluviais para a Baixada Maranhense.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pela concessão da bolsa de estudo em nível de mestrado.

Ao Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPA/UFMA) pelos auxílios em atividades de campo.

E aos moradores do Município de Pedro do Rosário que auxiliaram nas atividades de campo.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

Ab'Saber, A. N. Contribuição à Geomorfologia do Estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**, v. 3, n. 5, p. 66-77, 1977.

Barbosa, G. V.; Pinto, M. N. Geomorfologia da Folha SA-23 (São Luís) e parte da Folha SA-24 (Fortaleza). In Brasil: **Projeto Radam Brasil**. Rio de Janeiro, 1973. Cap. 2. p. 3-26.

Cherem, L. F. S. **Análise morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas-MG**. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da UFMG, 2008. (Dissertação de mestrado).

Christofolletti, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Relatório diagnóstico do Município de Pedro do Rosário. In: CPRM. Secretaria de Geologia. Mineração e Transformação Mineral. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2011.

El-Robrini, M.; Marques, J. V.; Silva, M. A. M. A.; El-Robrini, M. H.; Feitosa, A. C.; Tarouco, J. E. F.; Santos, J. H. S.; Viana, J. R. Maranhão. In: Muehe, D. (Org.). **Erosão e**

propagação do litoral brasileiro. 1 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

Feitosa, A. C.; Trovão, J. R. **Atlas escolar do Maranhão: espaço geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Editora Grafset, 2008.

Horton, R. E. Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 56, p. 275-370, 1945.

Lima, W. P.; Zakia, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R. R.; Leitão Filho, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: Edusp, 2000.

Moura, E. G. (Org.). **Agroambientes de transição: entre o tropico úmido e o semiárido do Brasil - atributos, alterações, uso na produção familiar**. São Luís: UEMA, 2004.

Porto, M. F. A.; Porto, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>

Santos, A. R.; Peluzio, T. M. O.; Saito, N. S. **SPRING 5.1.2 passo a passo: aplicações e práticas**. Alegre-ES: CAUFES, 2010.

Strahler, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Trans. Amer. Geophys. Union**, v. 38, p. 913-920, 1952.

Tarouco, J. E. F. **Geoquímica no levantamento bio-ecológico da área de influência da indústria de alumínio-Alumar**. São Luis: LABHIDRO/UFMA, 1986. (Relatório anual).

Teodoro, V. L. I.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; Fuller, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n. 20, p. 137-156, 2007. Disponível em: <http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

Tucci, C. E. M. **Drenagem urbana e controle de inundação**. São Paulo: Editora da Unisinos, 1999.

Uvo, C. R. B.; Nobre, C. A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: a influência dos ventos e TSM do Atlântico Tropical. **Climanálise**, v. 4, n. 10, p. 39-48, 2000.

Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Atribuição-SemDerivações-SemDerivados, que permite o download do trabalho e o compartilhamento desde que seja atribuído o devido crédito, mas sem que possa ser alterado de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais.