

Análise morfométrica de quatro sub-bacias hidrográficas do Rio Gurupi na Amazônia Oriental

Morphometric analysis of four hydrographic sub-basins of Gurupi River in the Eastern Amazon

Alan Nunes Araújo^a

Davieliton Mesquita Pinho^b

Alexandre Augusto Cardoso Lobato^c

Lorena da Silva Trzeciack^d

Jarlisson Coelho do Nascimento^e

^a Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPA. Professor da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Pará. Coordenador do Laboratório Integrado de Geotecnologias (LABIGEO/UFPA). Docente - Pesquisador do Grupo Acadêmico Produção do Território e Meio Ambiente na Amazônia - UFPA. E-mail: alannunesaraujo@gmail.com

^b Graduando de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará, campus de Altamira; bolsista do Laboratório Integrado de Geotecnologias (LABIGEO/UFPA). E-mail: davieliton@yahoo.com.br

^c Graduando de Geografia, Universidade Federal do Pará, campus de Altamira; bolsista do Laboratório Integrado de Geotecnologias (LABIGEO/UFPA). E-mail: alexandrelobato.ufpa@gmail.com

^d Graduanda de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará, campus de Altamira. E-mail: lorenatrzeciack@gmail.com

^e; Engenheiro Florestal pela Universidade Federal do Pará, campus de Altamira. E-mail: jarlisson_cn@yahoo.com.br

Recebido em: 26/07/2017 | Aceito em: 27/11/2017

ARTIGO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise da dinâmica ambiental de quatro-sub-bacias do rio Gurupi utilizando como ferramentas as condições morfométricas das sub-bacias, a classificação do uso e cobertura do solo. Utilizou-se imagens SRTM, Landsat 5 e 8 e os softwares ArcGIS 10.2.2 e eCognition 9.0 para o processamento dos dados. Os resultados demonstram que as sub-bacias estão suscetíveis naturalmente a processos de erosão e desgaste, o que se agrava pelos processos antrópicos de uso do solo e pelas alterações na cobertura vegetal. Dessa forma, os procedimentos metodológicos são uma ferramenta de grande importância para o entendimento do comportamento ambiental frente às alterações causadas pelo homem.

Palavras-Chave: Geotecnologias. Recursos Hídricos. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The objective of this study was to perform an analysis of the environmental dynamics of four sub-basins of the Gurupi River using as tools the morphometric conditions of the sub-basins, the classification of land use and cover. Images from SRTM, Landsat 5 and 8, ArcGIS 10.2.2 and eCognition 9.0 software were used for data processing. The results show that the sub-basins are naturally susceptible to erosion and wear processes, what are aggravated by the anthropic processes of land use and changes in vegetation cover. Thus, the methodological procedures are a tool of great importance for the understanding of environmental behavior in relation to the changes caused by man.

Keywords: *Morphometric Analysis. Water Resource. Remote Sensing.*

1 INTRODUÇÃO

Um importante método para entender os processos dinâmicos que ocorrem com os recursos hídricos é utilizado como recorte espacial a bacia hidrográfica, pois direciona para uma análise conjunta dos elementos que compõem esta unidade do espaço geográfico. Dessa forma, entende-se por bacias hidrográficas, um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Entretanto, a carência de estudos de abrangência regional, fundamentais para a avaliação da potencialidade desse recurso, reduz substancialmente as possibilidades de seu manejo, inviabilizando uma gestão eficiente.

Como um dos instrumentos para este estudo, a análise da morfometria hidrográfica, pode elucidar questões acerca da dinâmica erosiva, apontando setores mais vulneráveis aos fluxos superficiais (CHRISTOFOLETTI, 1999). Ademais, de acordo com Antonelli e Thomaz (2007), a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais.

A identificação e análise do uso e cobertura do solo proporciona uma melhor compreensão espaço-temporal dos fenômenos naturais e humanos, funcionando como poderosas ferramentas na tomada de decisão (SUAREZ & SOARES FILHO, 2012). Considerando principalmente que o mau uso da terra tendência a uma série de problemas nas bacias hidrográficas que vão desde assoreamento dos canais, erosão laminar até enormes crateras (voçoroca), como também a lixiviação, o ciclo hidrológico, a qualidade da água e a compactação do solo, esses são problemas

diretos. Há também os problemas indiretos, como a interferência na biodiversidade e a geração de conflitos sociais e ambientais (BRITO *et al*, 2011).

Partindo desta abordagem conceitual, este artigo teve como objetivo estudar os parâmetros morfométricos, a dinâmica do uso e cobertura do solo como suporte para identificação de indicadores relacionados a gestão ambiental, valendo-se do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento utilizados para a caracterização de bacias hidrográficas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

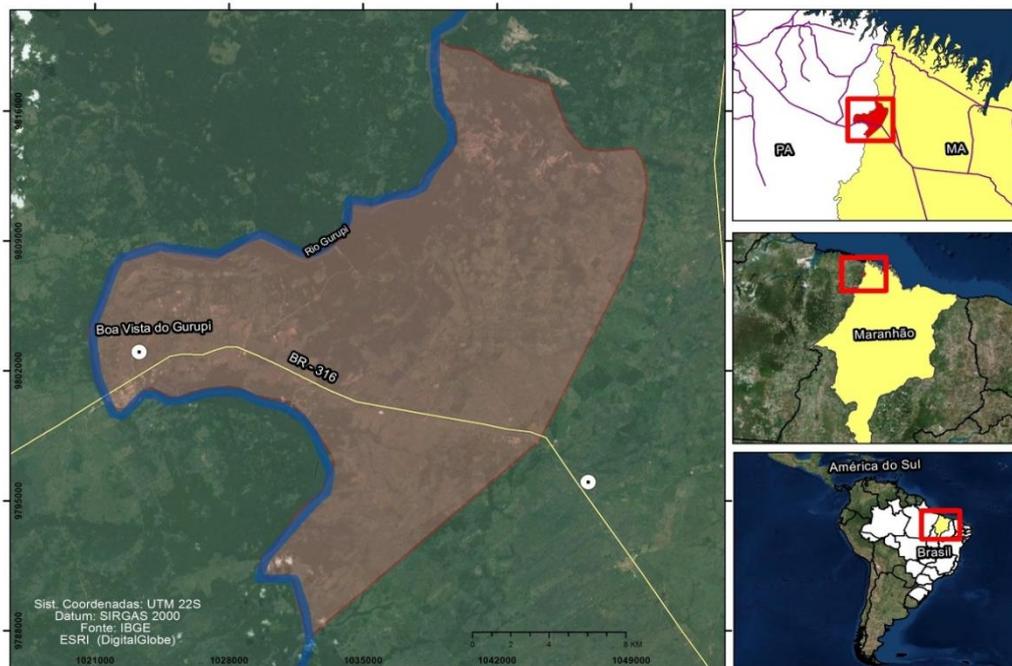
2.1 Caracterização da área

As sub-bacias hidrográficas do Rio Gurupi estão localizadas no noroeste maranhense no município de Boa Vista do Gurupi (Figura 1 e 2). A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: 1°46'48" Sul e 46°18' Oeste de Greenwich.

O clima é classificado como Am na escala de Köppen e Geiger. A temperatura média do ar em Boa Vista do Gurupi é de 26.6 °C e o valor da pluviosidade média anual é de 2236 mm, sendo março o mês de maior precipitação, e o mês de novembro o de menor precipitação. Os solos das bacias apresentam a predominância de plintossolo háplico e argissolo vermelho-amarelo (IBGE, 2010).

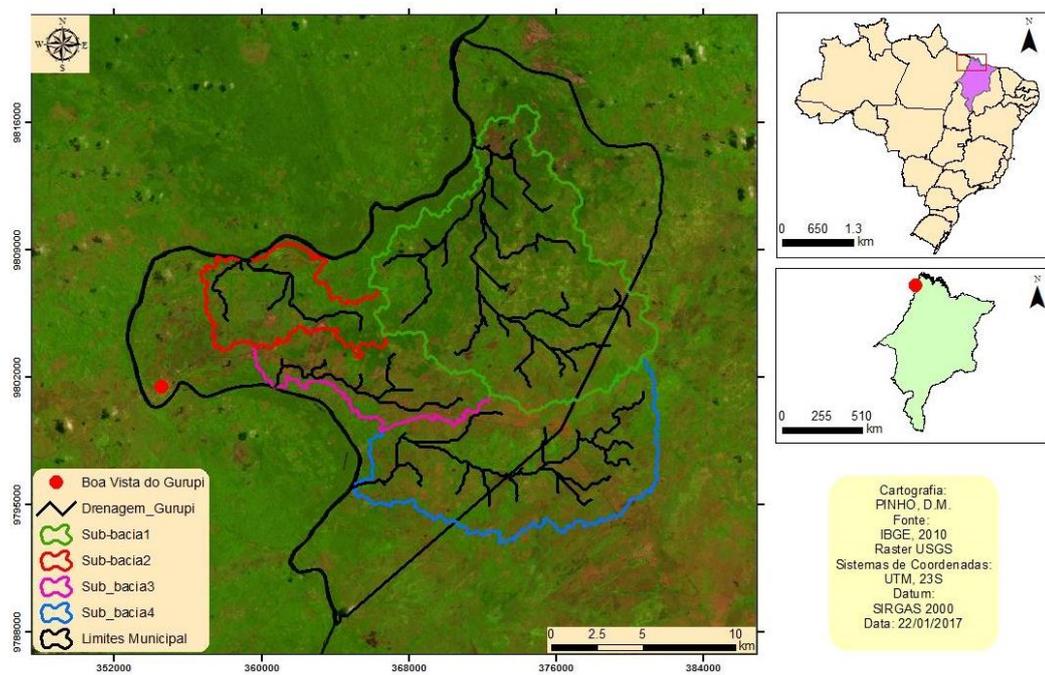
A cidade de Boa Vista do Gurupi, se originou na margem direita do Rio Gurupi, pertence à bacia hidrográfica de mesmo nome, que drena a área do município com a cidade, localizada na sua margem direita (Figura 2). A malha hidrográfica maranhense inicia-se com o rio Gurupi, que tem suas nascentes no estado do Maranhão e sua foz no oceano. Com uma área de 35.200,04 km² está contida em aproximadamente 70% do estado do Maranhão e os outros 30% no estado do Pará.

Figura 1. Mapa de Localização do município



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2. Mapa de Localização das sub-bacias hidrográficas.



Fonte: Dados da pesquisa.

2.2 Organização metodológica

Os processos metodológicos e de processamento advém de pesquisas bibliográficas referente a temática e delimitação da área de estudo. No segundo momento, foi realizado *aquisição* de cenas da missão The Shuttle Radar **Ciência e Sustentabilidade - CeS** | Juazeiro do Norte, v. 3, n. 2, p. 83-99, jul/dez 2017

Topography Mission (SRTM), disponibilizadas pelo Sistema Geológico Americanos - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) com resolução radiometria de 30 metros, usadas para a delimitação das bacias em estudo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação obtido no dia 22 de janeiro de 2017 através de imagem de radar do SRTM disponível pelo USGS, na órbita e ponto 222/061, com resolução espacial de 30m, processados através da ferramenta *Hydrology* do software ArcGis 10.2.2 por meio dos algoritmos listados na Tabela 1.

Tabela 1. Algoritmos e descrições de uso.

Algoritmo	Descrição de uso
1º = <i>Fill Sinks</i>	Gera um raster de superfície
2º = <i>Flow Direction</i>	Gera um raster contendo a direção do fluxo de cada célula
3º = <i>Flow Accumulation</i>	Determina a acumulação de fluxo a partir do FlowDirection criado anteriormente
4º = <i>Stream Definition</i>	Gerar a rede de drenagem
5º = <i>Stream Segmentation</i>	Atribui valor único para transmitir células localizadas dentro do mesmo segmento
6º = <i>Catchment Grid Delineation</i>	Gera as microforbacias
7º = <i>Catchment Polygon Processing</i>	Gera um arquivo vetor das microbacias
8º = <i>Drainage Line Processing</i>	Gera a rede de drenagem em formar vetor
9º = <i>Adjoint Catchment Processing</i>	Delimita as microbacias com maior detalhamento
10º = <i>Drainage Point Processing</i>	Marca os pontos de drenagem
11º = <i>Batch Point Generation</i>	Marca o exutório da bacia de interesse
12º = <i>Watershed Delineation</i>	Gera a área da bacia

Para obtenção das redes de drenagens em uma escala local, os dados foram tratados dentro do Sistema de Informação Geográfica (SIG) Arcgis 10.2.2 com a ferramenta *Hidrology*, considerando a trajetória superficial de fluxo (*flowpath*) que liga topologicamente os pontos da superfície com a rede de drenagem, bem como com os processos de acumulação de fluxo (*Flow accumulaton*) e, posteriormente foi

usado determinação ordinal **dos cursos d'água proposta por** Strahler (1957), indicando o grau de ramificação do sistema de drenagem, revelando a eficiência do sistema (Figura 3). A tabela 2 apresenta as principais variáveis de análises e as respectivas fórmulas.

Tabela 2. Variáveis utilizadas na análise morfométrica.

Características Geométricas		
Variável	Símbolo	Fórmula
Área da bacia	A	-
Perímetro da bacia	P	-
Densidade hidrológica	Dr	Dr= N/A
Índice de circularidade	Ic	Ic= 12,57 x A / P ²
Fator de forma	Kf	Kf= A / L ²
Coeficiente de capacidade	Kc	Kc= 0,28 x P / √A
Características de Relevo		
Amplitude altimétrica máxima da bacia	Hm	Hm =Hmax–Hmin
Relação de relevo	Rr	Rr= Hm / Lh
Índice de rugosidade	Ir	Ir = Hm xDd
Índice de sinuosidade	Is	Is= 100 (L –Ev) / L ²
Características da Rede de Drenagem		
Comprimento total dos canais	Lt	-
Comprimento do canal principal	L	-
Comprimento vetorial do canal principal	Ev	-
Densidade de drenagem	Dd	Dd=Lt / A
Relação de bifurcação	Rb	Rb = Nu / Nu + 1
Coeficiente de manutenção	Cm	Cm = (1 / Dd) x 1000

2.3 Análises morfométricas

A análise morfométrica das sub-bacias em estudo foi realizada entre 06 de junho de 2016 a novembro de 2016, através de características geométricas, de relevo e dos atributos da rede de drenagem.

2.4 Características geométricas, do relevo e da rede de drenagem

De acordo com Lollo (1995) a densidade de drenagem é o índice que utiliza o comprimento total dos cursos d'água dividido pela área total da bacia. Desta forma a bacia pode ser classificada com baixa densidade quando menor que 3 km², média densidade entre 3 e 7 km², considera-se de alta entre 7 e 15km², maior que 15 Km² de densidade Alta. Os parâmetros de sinuosidade. Os parâmetros de sinuosidade descrito Mercuzzo et al. (2012) são classificados em 5 classes (tabela 4).

Tabela 3: Parâmetros de sinuosidade.

Classe	Descrição	%
I	Muito reto	< 20
II	Reto	20 >< 29
III	Divagante	30 >< 40
IV	Sinuoso	40 >< 50
V	Muito sinuoso	50 >

Fonte: Marcuzzo et al. (2012).

Tabela 4: Parâmetros de sinuosidade.

Classe	Descrição	%
I	Muito reto	< 20
II	Reto	20 >< 29
III	Divagante	30 >< 40
IV	Sinuoso	40 >< 50
V	Muito sinuoso	50 >

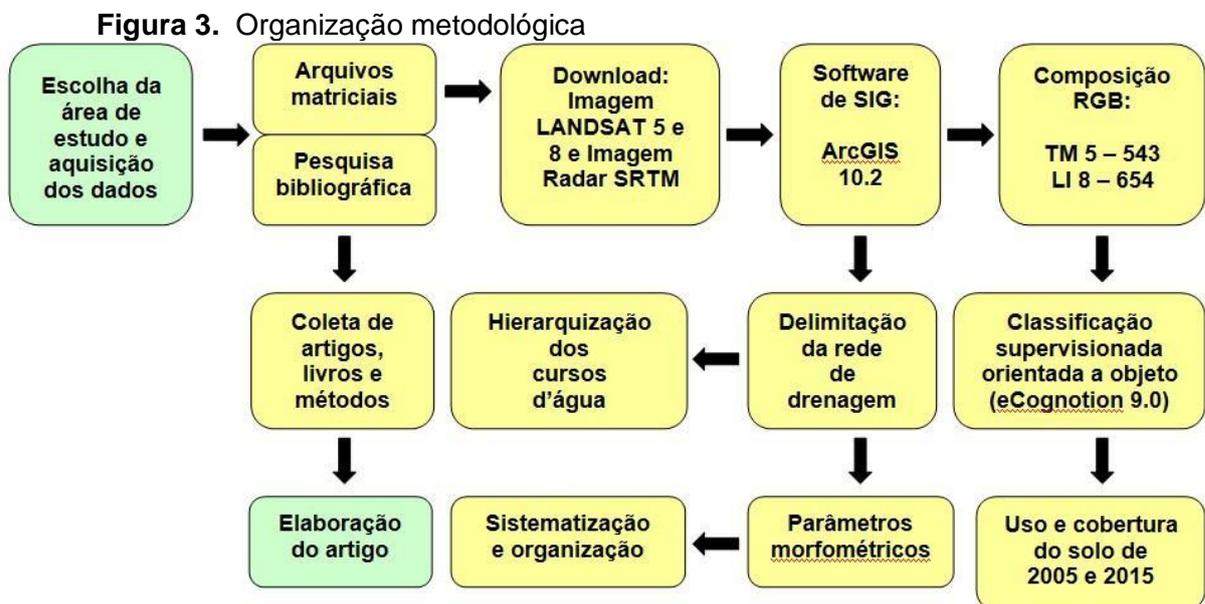
Fonte: Marcuzzo et al. (2012, p. 6)

2.5 Classificação de uso e cobertura do solo

Para a análise proposta, foram utilizadas imagens do sensor TM (*Tematic Mapper*) do satélite Landsat 5 e do sensor OLI (*Operacional Terra Imager*) do Landsat 8 lançado em 2013, ambas obtidas via download gratuito do site do Serviço Geológico dos Estados Unidos, USGS (usgs.gov). As imagens foram adquiridas no

intervalo de 10 anos, entre 24/03/2005 e 25/05/2015, com órbita 222 e ponto 61. Utilizou-se o software ArcGIS 10.2 para reprojeção e composição das imagens em falsa cor (RGB).

A classificação de uso e cobertura do solo foi realizada por meio programa eCognition 9.0 realizada através do reconhecimento em campo da cobertura vegetal, e pelo processo de segmentação da imagem Landsat 5 e 8, correspondente a área das sub-bacias hidrográficas em estudo, com resolução espacial de 30 metros. Para tanto, foi utilizada a classificação orientada ao objeto, através de amostras de treinamento por meio dos segmentos, o que representa as classes de uso e ocupação do solo, com base na área, forma a tonalidade, textura dos alvos. Com o intuito de agrupar os dados obtidos em cinco categorias, foram definidas as seguintes classes: Mancha Urbana, Nuvem, Pastagem, Solo Exposto e Vegetação. Os processos metodológicos descritos acima estão sintetizados na figura 2.



Fonte: Dados da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

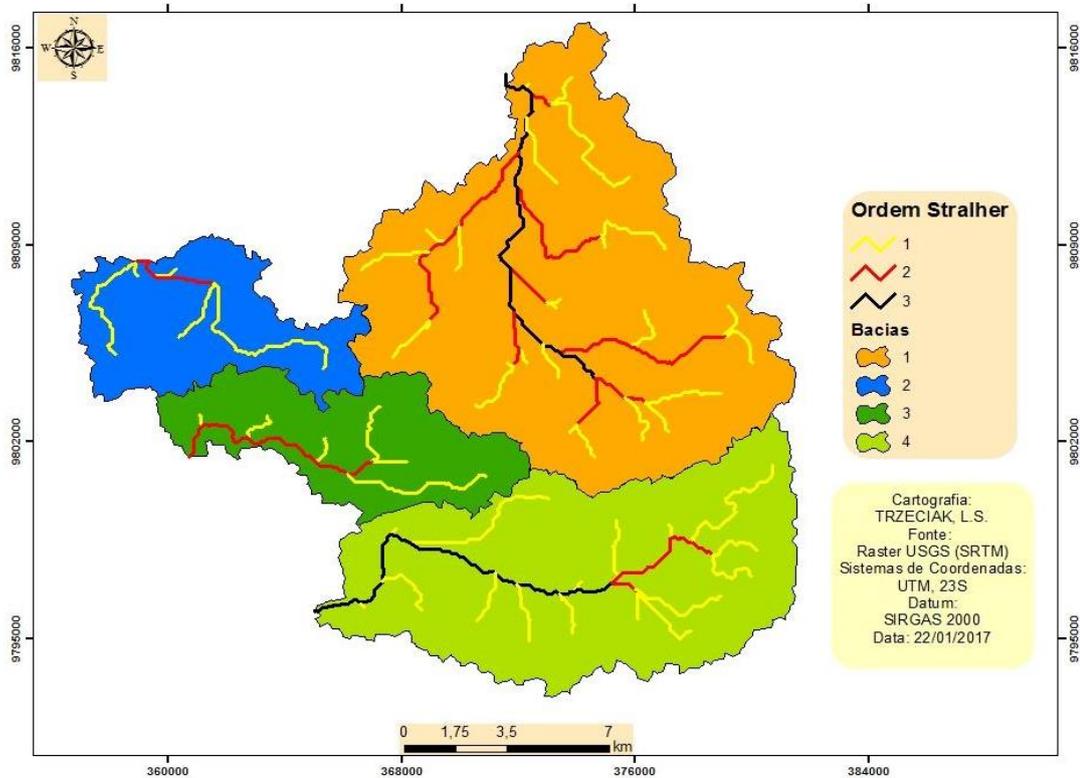
O resultado da hierarquização pode ser observado na figura 4. Na classificação dos cursos d'água obtida, apenas as sub-bacias 1, 2 e 4 apresentaram cursos d'água de 3ª ordem, concordando com os números de 51, 9 e 31 cursos encontrados. Estes são números bem distantes aos observados na sub-bacia 3, que foram 11.

Os índices de bifurcação das sub-bacias 1, 2 e 3 foram respectivamente 5,4, 2,25 e 6 (Tabela 5). No entanto, apenas a sub-bacia 4 foi considerada dentro do padrão, apresentando o índice de 4,75.

Tabela 5: Relação de bifurcação.

Bacia 01			Bacia 02		
Ordem dos Canais	N.º de Canais	Rb	Ordem dos Canais	N.º de Canais	Rb
1	23	5,4375	1	5	2,25
2	8		2	2	
3	1		3	1	
Bacia 03			Bacia 04		
Ordem dos Canais	N.º de Canais	Rb	Ordem dos Canais	N.º de Canais	Rb
1	6	6	1	15	4,75
2	1		2	2	
0	0		3	1	

Figura 4. Mapa de hierarquização



Fonte: Dados da pesquisa.

A tabela 6 apresenta um quadro geral dos resultados encontrados para as características geométricas, de relevo e rede de drenagem demonstrando as variáveis, símbolos e unidades utilizadas para cada medida.

Tabela 6: Característica morfométrica, quanto à geometria, relevo e rede de drenagem, para as quatro sub-bacias (01 a 04) do Rio Gurupi e a simbologia e unidades de medidas.

Variáveis	Símbolo	Unid.	01	02	03	04
Características Geométricas						
Área da bacia	A	Km ²	141,0099	37,10937	39,554426	98,02556
Perímetro	P	Km	69,1778	41,3577	42,9459	56,8364
Densidade hidrológica	Dr	Canais /Km ²	0,361676733	0,24252635	0,27809783	0,31624405
Índice de circularidade	Ic		0,370383294	0,27271316	0,26957955	0,38143583
Fator de forma	Kf		0,323321688	0,31847963	0,27981155	0,20073992
Coefficiente de capacidade	Kc		1,631172817	1,90095843	1,91197494	1,60736655
Características de Relevo						
Amplitude máxima da bacia	Hm	m	79	46	67	68
Relação de relevo	Rr	m	4,671643209	4,27214135	5,10879951	3,88627524
Índice de rugosidade	Ir		46,10134127	23,7316169	34,9758033	37,7968423
Índice de sinuosidade	Is		29,76676655	29,4737416	39,0362096	27,1793585
Características de Rede de Drenagem						
Comprimentos totais dos canais	Lt	Km	82,287918	19,1448	20,648475	54,48612
Comprimento do canal principal	L	Km	19,253885	10,0260	11,112416	20,63382
Comprimento vetorial do canal principal	Cv	Km	13,522626	7,070981	6,77455	15,02568
Densidade de drenagem	Dd	Km/ Km ²	0,583561	0,515904	0,5220269	0,555835
Coefficiente de manutenção	Cm	m	1713,616	1938,342	1915,6100	1799,092
Ordem da bacia			3°	2°	2°	3°

As áreas e perímetros das sub-bacias são respectivamente, sub-bacia 1: 141,0 km² e 69,1 km², sub-bacia 2: 37,1 km² e 41,3 km², sub-bacia 3: 39,5 km² e 56,8 km², sub-bacia 4: 98,0 km² e 56,8 km².

Ciência e Sustentabilidade - CeS | Juazeiro do Norte, v. 3, n. 2, p. 83-99, jul/dez 2017

42,9 km² e sub-bacia 4: 98,0 km² e 56,8 km². As densidades hidrológicas das sub-bacias tiveram todos seus valores abaixo de 1 canais/km², classificando-as como de baixa densidade hidrológica. As sub-bacias 3 e 4 demonstraram respectivamente 0,27 e 0,31 canais/km², já a sub-bacia 2 apresentou o menor índice de densidade hidrológica, com o valor de 0,24 canais/km² e a sub-bacia 1 apresentou a maior densidade, com 0,36 canais/km².

As circularidades das sub-bacias 2 e 3 foram as de menores índices, de 0,27 e 0,26 tornando-as suscetíveis a inundações. As sub-bacias 1 e 4 com seus índices 0,37 e 0,38 apresentam valores mais próximos de 0,5, pouco suscetíveis à enchente.

Os fatores de forma encontrados indicam que as bacias 1 e 2 apresentaram maiores fator de forma, quanto mais baixo o fator de forma, menos suscetível a enchentes, em contrapartida quanto maior for, mais próxima em se ter uma bacia em formato retangular, (adotando como parâmetro máximo 1) as sub-bacias 3 e 4 com 0,27 e 0,20 de fator de forma mostram uma tendência menos alongada.

O coeficiente de capacidade se caracteriza pelo fato de que quanto mais irregular for à bacia, maior será o coeficiente de capacidade. Assim, a tendência de uma bacia hidrográfica sofrer cheias será tanto maior quanto mais próximo de 1.0 for Coeficiente de Capacidade (Kc), ou seja, quanto mais próximo de um círculo for à forma da bacia. Neste caso, os valores das sub-bacias 1, 2, 3 e 4, apresentaram-se com os valores de 1,63, 1,90, 1,91 e 1,60, respectivamente. Os índices de sinuosidade das sub-bacias 1, 2 e 4 foram respectivamente 29,7%, 29,4%, 27,1%, contudo a sub-bacia 3 foi considerada divagante com seu índice de 39,0%. Os Índice de rugosidade indicam que a sub-bacia 2, com o valor de 23,7, apresentou a menor diferenciação de relevo, já a sub-bacia 1 teve o maior índice com 46,1. Nas demais sub-bacias, 3 e 4, foi encontrado os índices de 23,7 e 43,9 respectivamente.

Com relação às características de relevo a amplitude altimétrica apresentou os valores 79, 46, 67 e 68 metros, conforme demonstra a figura 3. Para a variável relação de relevo as sub-bacia obtiveram valores entre 3,9 e 5,11, respectivamente sub-bacias 4 e 3.

A declividade pode ser observada na figura 5, em que se apresentou na sua maioria plano ou suave ondulado, ocorrendo na parte leste da sub-bacia 1 áreas classificadas como fortemente onduladas, contribuindo para uma maior velocidade de escoamento, acarretando em maior arraste de sedimentos e erosão.

As 4 sub-bacias possuem formato alongado possuindo pouca susceptibilidade a inundações e baixa susceptibilidade a enchentes. Possui baixo índice de densidade hidrológico tendo número inferior a um curso d'água por quilômetro quadrado, que somado com o índice de densidade de drenagem baixo e baixo coeficiente de capacidade resultam em um cenário de preocupação com a continuidade destas, o que corrobora com os altos valores encontrados para o coeficiente de manutenção.

Figura 5. Mapa de declividade conforme Ramalho Filho e Beek (1995)

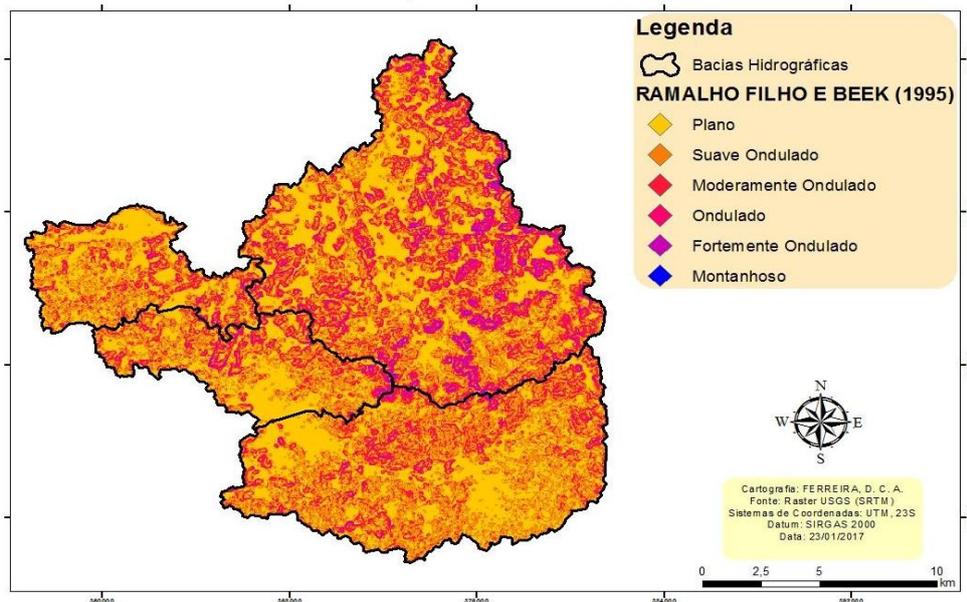
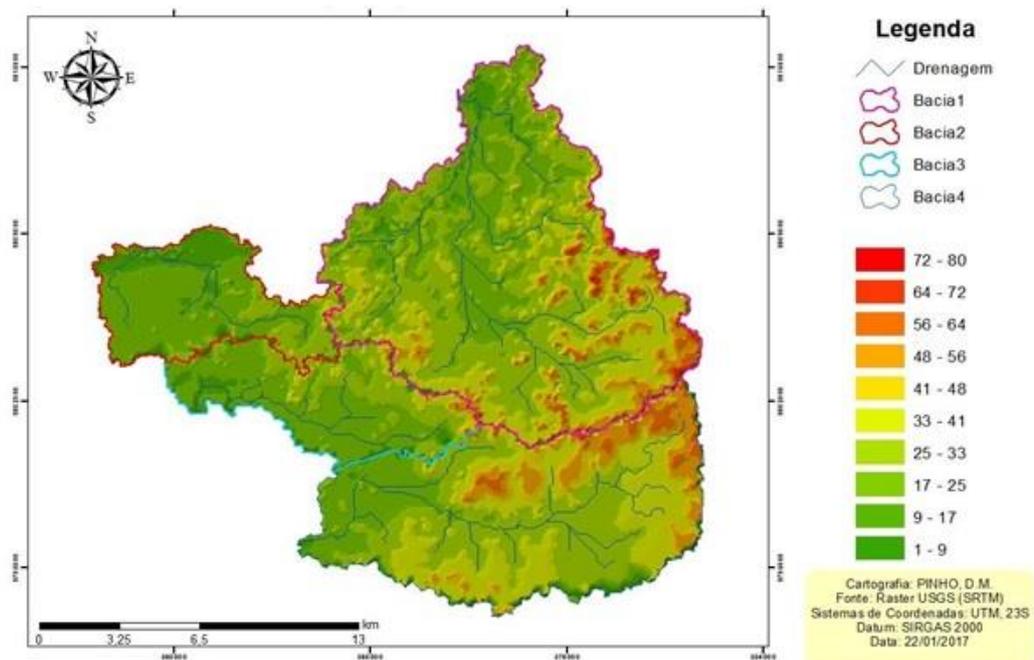


Figura 6. Mapa de Elevação



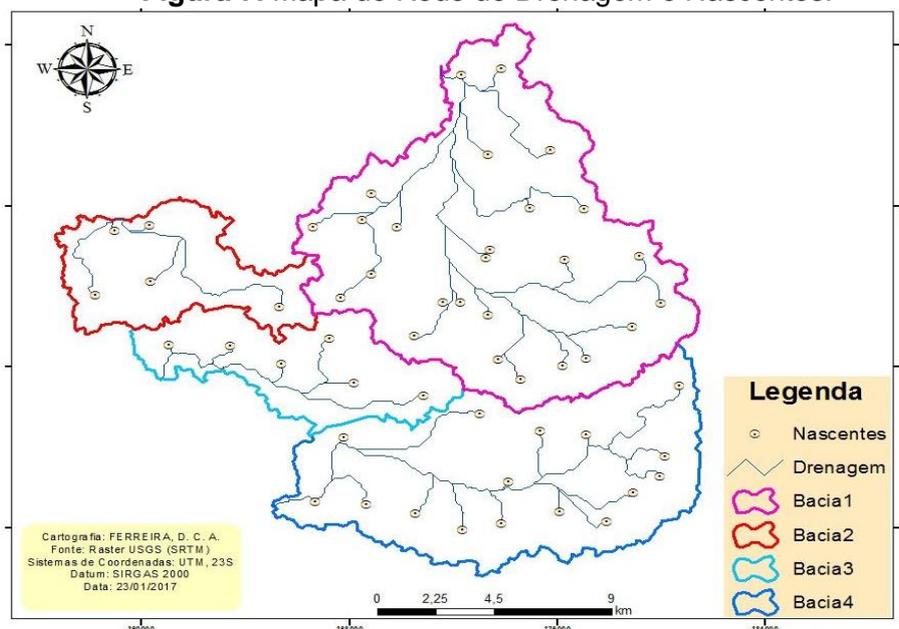
Com relação às características de Rede de Drenagens e Nascentes, conforme demonstrado na figura 5, a sub-bacia que apresentou maior comprimento total dos canais (L_t) foi a sub-bacia 1 com 82,28 km, e a que apresentou maior comprimento do canal principal (L) foi a sub-bacia 04 com 20,63 km. Considerando essas mesmas variáveis, os valores menores foram apresentados pela sub-bacia 02, apresentando um total de 19,14 km e 10,02 km, respectivamente. Uma vez obtidas essas informações, as mesmas se tornam importantes para a obtenção dos valores de densidade de drenagem.

A densidade da drenagem (D_d) equivale a razão entre o comprimento total dos canais (L_t) e a área da bacia hidrográfica (A). Segundo Christofolletti (1980), o cálculo da densidade é importante para o estudo das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, ou seja, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem à medida que aumenta o valor numérico da densidade.

Na tabela 7 pode-se observar os dados relativos à análise areal da bacia. A densidade de drenagem foi de 0,58 km/km², 0,51 km/km², 0,52 km/km² e 0,55 km/km² nas sub-bacias 1, 2, 3 e 4, respectivamente, sendo considerada, segundo Christofolletti (1980), baixa ($D_d < 7,5$ km/km²). Para Christofolletti (1980) a baixa densidade de drenagem permite comparar a suscetibilidade de ocorrer erosão em uma bacia. Neste sentido, um baixo valor de D_d torna a bacia menos suscetível à erosão dos solos, o que torna essa variável (D_d) um importante fator na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia.

Segundo Schumm (1956), o coeficiente de manutenção estabelece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, para que a qualidade hídrica, para que sejam mantidos seus valores físicos, químicos e biológicos. Os resultados obtidos para as sub-bacias 1, 2, 3 e 4 com relação ao coeficiente de manutenção foram 1713,61 m, 1938,34 m, 1915,61 m e 1799,09 m, respectivamente.

Figura 7. Mapa de Rede de Drenagem e Nascentes.



3.1 Uso e cobertura do solo

O resultado da classificação supervisionada pode ser observado na figura 6. Percebe-se que apenas a sub-bacia 4 apresentou a classe mancha urbana, 0,19 km² (0,20 %) e 0,333 km² (0,34%) em 2005 e 2015, respectivamente. O que se explica pelo fato da sede municipal se situar fora dos limites das sub-bacias. A referida sub-bacia também apresentou uma redução nas áreas de solo exposto de 22,02 km² (22,46%) em 2005 para 13,35 km² (13,32%) em 2015. Também apresentou uma expansão das áreas de vegetação de 22% da área em 2005 para 27% dez anos depois. Situação de aumento da classe de vegetação foi identificada também na sub-bacia 2 e 3, onde a expansão não ultrapassou os 2% em ambos os casos, conforme pode ser observado na tabela 8. O aumento da área de vegetação nestas sub-bacias reflete o uso do solo, que vem sendo cada vez menos utilizado para atividades como pecuária e agricultura.

No entanto, a sub-bacia 1 demonstrou redução da área da classe vegetação de 47% para 33,9% em uma década, correspondendo a uma área total de 13,5 km². Essa redução da vegetação pode ser explicada pela conversão dessa classe para outras. No entanto, ressalta-se que houve aumento da área coberta por nuvens, nesse sentido, a redução supracitada pode estar inclusa na classe nuvem.

Ressalta-se que em 2015 a classe nuvem cobriu uma parte significativa das sub-bacias, sendo aproximadamente de 15,7%, 10,05%, 10,78% e 14,43% das sub-bacias 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Figura 8. Mapa de Uso e Cobertura do Solo nos anos de 2005 e 2015.

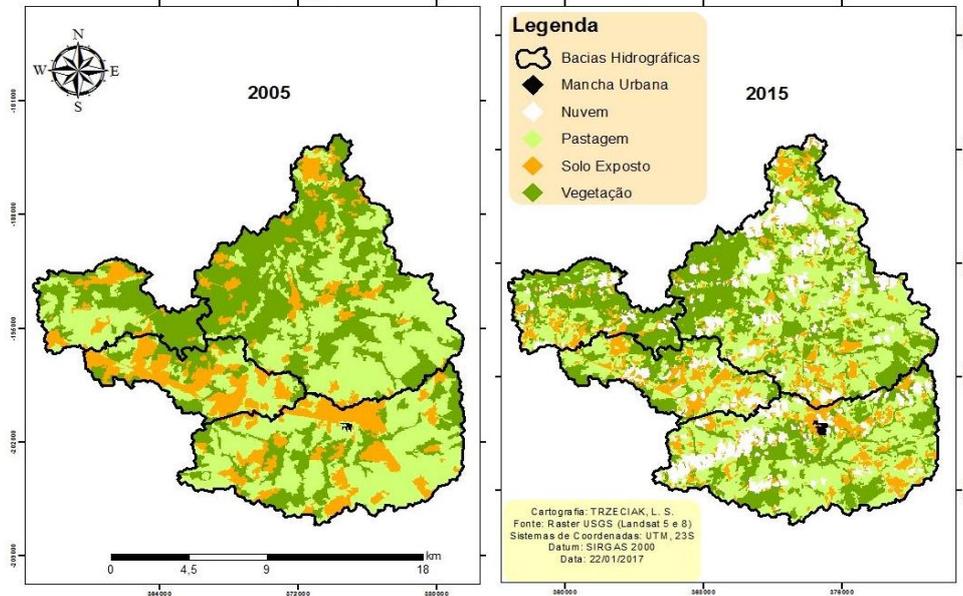


Tabela 7: Classes de uso e cobertura do solo e respectivos valores em 2005 e 2015

Classe (2005)	Bacia 01		Bacia 02		Bacia 03		Bacia 04	
	Área (Km ²)	%						
Mancha urbana	0	0	0	0	0	0	0,1917	0,20
Pastagem	61,147303	43,36	13,501576	36,38	15,988386	40,42	53,476361	54,55
Solo exposto	12,947665	9,18	5,104684	13,76	12,879844	32,56	22,015065	22,46
Vegetação	66,836293	47,34	18,458577	49,74	10,660136	26,95	22,278651	22,73
Classe (2015)	Bacia 01		Bacia 02		Bacia 03		Bacia 04	
	Área (Km ²)	%						
Mancha urbana	0	0	0	0	0	0	0,333	0,34
Nuvem	22,12062	15,69	3,729351	10,05	4,26337	10,78	14,148404	14,43
Pastagem	57,067516	40,47	9,439276	25,44	15,0725	38,10	43,168415	44,04
Solo exposto	13,84067	9,82	5,090179	13,72	8,784202	22,21	13,351197	13,62
Vegetação	47.815662	33,90	18,761355	50,55	11,383844	28,78	26,888957	27,43

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da dinâmica ambiental das sub-bacias do rio Gurupi permitiu uma estimativa da consistência hidrológica e morfológica de todo espaço estudado. A partir desse contexto, os dados gerados no atual estudo podem servir de subsídios para futuros estudos geomorfológicos e ambientais para a região. As análises e produtos elaborados poderão auxiliar novas pesquisas das bacias de análise além de fomentar re-ordenamentos territoriais e subsidiar estudos ambientais frente a utilização dos recursos hídricos das sub-bacias em questão.

Desta forma a utilização conjunta dos procedimentos metodológicos como a classificação de uso e cobertura do solo, análises morfométricas e o índice de vegetação possibilitou uma melhor análise espacial e espaço-temporal das sub-bacias em estudo, sendo de grande importância para o entendimento do comportamento ambiental frente às alterações causadas pelo homem, dando noção do estado do objeto de estudo assim como possibilidade preditiva quanto às tendências de degradação do ecossistema por meios indiretos.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p.46-58, jun. 2007.

BRITO, D., & BARBOSA, R. D. S. Geoprocessamento aplicado à análise da dinâmica do uso da terra na Bacia Hidrográfica do riacho Açaizal, Senador La Rocque-MA. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 2011.

CHISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas**. Notícias Geomorfológicas, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

LOLLO, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na**

quadrícula de Campinas. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA N. L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL A. F. Detalhamento Hidromorfológico da bacia do rio Paraíba. **XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2012.

PÉRICO, Eduardo et al. Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. 2011. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1200.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995. .

RIBEIRO, B. M. G.; KUX, H. J. H. **Classificação Orientada a Objeto para Mapeamento do Uso do Solo—Métodos de Análise de Expansão Urbana.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009.

RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares:** conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; CAMPOS, S. Desempenho da Classificação Supervisionada em Diferentes Sistemas de Informação Geográfica. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 5, 2015.

SUAREZ, Aleron Falieri; SOARES FILHO, Britaldo Silveira. Estudo da mudanças de uso e cobertura do solo na bacia do Rio Formigosa - MG. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2013.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, 1956. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **New Haven: Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, 1957.