

## CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO XOPOTÓ: UTILIZANDO IMAGENS PALSAR E SENTINEL – 2

Heitor Carvalho Lacerda<sup>1\*</sup>  
Humberto Paiva Fonseca<sup>2</sup>  
André Luiz Lopes de Faria.<sup>3</sup>

1 Bolsista PIBIC vinculado ao Laboratório de Geomorfologia do Quaternário do Departamento de Geografia - UFV.

2 Graduando de Geografia vinculado ao Laboratório de Geomorfologia do Quaternário do Departamento de Geografia – UFV.

3 Docente do Departamento de Geografia - UFV e Coordenador do Laboratório de Geomorfologia do Quaternário.  
\*heitor.lacerda@ufv.br

**Resumo** – Entende-se que a Bacia Hidrográfica é uma unidade territorial de gestão dos recursos d'água, a qual vem sendo nos últimos tempos motivo de interesse a comunidade científica, aos órgãos políticos administrativos e as empresas privadas, com o objetivo de manejo e uso sustentável. Um dos aspectos mais analisados a partir destas unidades de gestão são as enchentes, que são caracterizadas por ocorrências anormais de precipitações e que provocam grandes transtornos socioambientais. Em consequência das enchentes, ocorrem os alagamentos nos perímetros urbanos. O objetivo do trabalho foi analisar alguns parâmetros morfométricos (Geometria e Rede de Drenagem) da bacia e o uso de imagem ótica para verificar a possibilidade de enchentes e de alagamentos nos perímetros urbanos abrangidos pela região. Os dados de sensoriamento remoto utilizados foram à *digital elevation model* (DEM) do satélite ALOS e as imagens óticas do satélite SENTINEL-2. O tratamento e processamento das imagens foram realizadas a partir do software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), ArcGis 10.1. Desta maneira, foram processados índices morfométricos da bacia e fez-se classificação supervisionada. Os resultados obtidos foram que as imagens PALSAR e SENTINEL-2 possibilitaram bons resultados, por causa da *Ground Sample Distance* de precisão. Sobre os índices morfométricos, a geometria da bacia não favorece condições á enchentes, mas a disposição das drenagens e o uso e ocupação da superfície da região são favoráveis ao fenômeno. Os alagamentos são oportunos nos perímetros urbanos, pois na região das cidades o escoamento superficial é mais facilitado em detrimento da infiltração.

**Palavras-chaves:** Geotecnologia; Recursos hídricos; Enchente; Alagamento.

### INTRODUÇÃO

A lei de número 9.433/1997, que regulamenta a Política Nacional de Recursos Hídricos, define as bacias hidrográficas como unidades do território para fins de gestão e planejamento. Lana et al.(2001), afirma que as bacias podem ser consideradas como fontes de dados relevantes para a obtenção de informações sobre a evolução do modelado da superfície terrestre. O relevo é oriundo da dinâmica e interação tectônica, pedogenética e intempérica, que agem de forma distinta nos mais diversos materiais rochosos.

Para o estudo das bacias hidrográficas, entende-se que a caracterização morfométrica destas se pautam em parâmetros fisiográficos, que apresentam meios para prever eventos naturais, como enchentes, inundações e alagamentos (MIOTO, 2014).

Costa e Teuber (2001) consideram a enchente como um fenômeno natural, que é provocado por pluviosidades anormais, favoráveis ao escoamento superficial em função da saturação do solo e do uso e ocupação das terras. Em decorrência da enchente pode ocorrer os alagamentos em cidades, que é definido por Castro et al. (2003) como acúmulo de água no perímetro urbano ocasionadas por pluviosidades em cidades com sistema de drenagem ineficientes. Também, deve-se ressaltar que os eventos de alagamento em cidades ocasionam danos ao tráfego, às moradias e aos setores comerciais, além de disseminar doenças, como leptospirose, febre tifóide, hepatite e outros (HANSMANN, 2013).

No início de 2018 algumas cidades da Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó (BHRX) sofreram com alagamentos, como são os casos de Ubá e Guidoal (ambas na data de 10/03/2018). Já nas cidades de Guiricema e Visconde do Rio Branco houve ocorrências de enchentes nos últimos anos. A partir da preocupação com os referidos municípios, a finalidade deste estudo foi o de analisar as causas possíveis dos alagamentos, através dos parâmetros morfométricos de geometria e de rede de drenagem, além da classificação supervisionada da região, que aponta quais são os usos e ocupações da superfície, possibilitando entender as condições de escoamento superficial e de infiltração da água precipitada.

A análise da referida bacia procedeu-se através do geoprocessamento, que permite modelar o terreno analisado e de trabalhos de campo, para aferir os resultados encontrados. Através do Sensoriamento Remoto (SR), foi utilizado as imagens de satélites ALOS PALSAR e SENTINEL – 2, que possui promissoras contribuições para análises de áreas com escalas médias à grandes, pois a *Ground Sample Distance* (GSD) é 12,5m (DEM) e 10 metros (imagem óticas). O software de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) utilizado foi o ArcGis 10.1® para todos os procedimentos.

## MATERIAS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

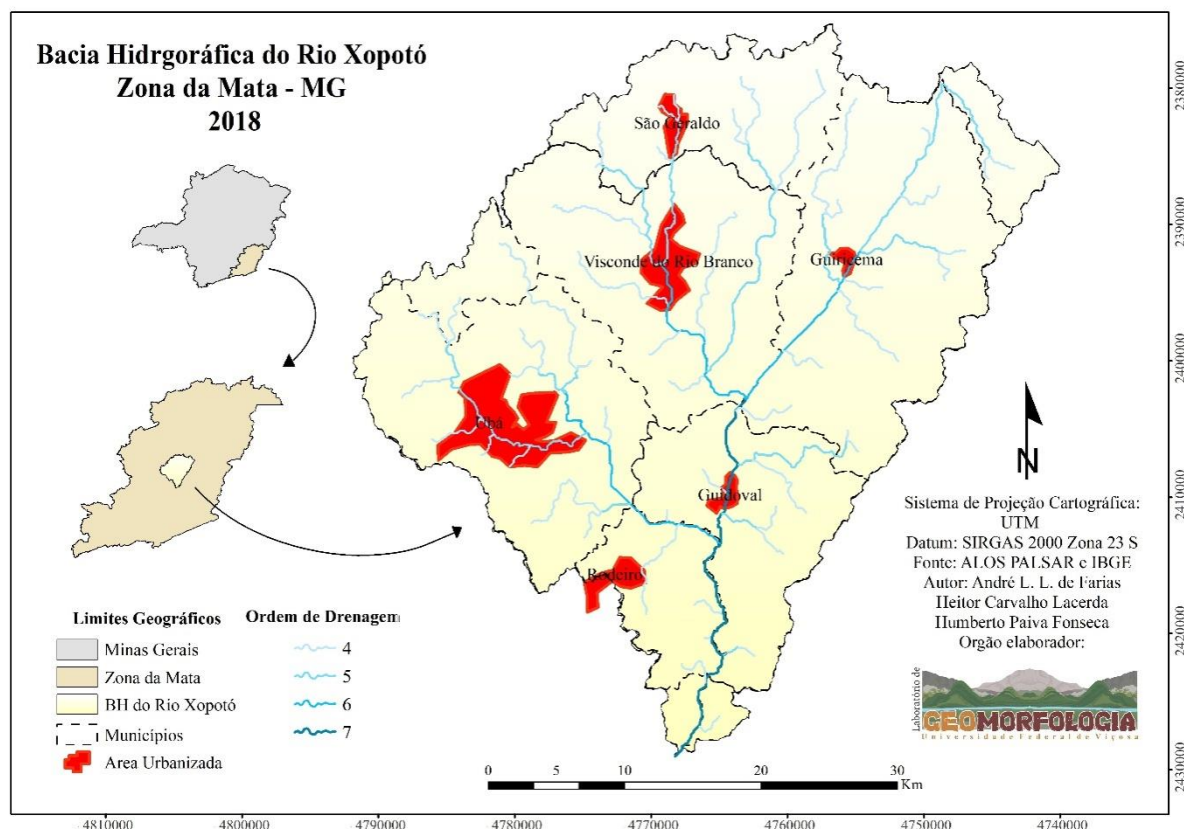
A BHRX encontra-se na unidade federativa Minas Gerais, na mesorregião da Zona da Mata (Figura 1). O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) designa a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos dos Rios Pomba e Muriaé - PS 2 para gestão da BHRX.

Os municípios compreendidos pela bacia são: Divinésia, Ubá, Guidoal, Guiricema, São Geraldo, Visconde do Rio Branco, Rodeiro, Ervália, Dona Euzébia e Miraf. A área abrangida pela bacia hidrográfica é de aproximadamente 1.260 Km<sup>2</sup> e, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, a região está sob influência do clima tropical úmido de savana (Aw) (SÁ JÚNIOR, 2009). O domínio de relevo predominantes na região em que a bacia está inserida segundo Ab'Saber (2003) é a dos Mares de Morros como formato mamelonares e abrangida pelo bioma Mata Atlântica. Também, entende-se que a bacia é endorreica, a qual faz parte da bacia hidrográfica do rio Pomba e que, por sua vez, está contida na bacia do Paraíba do Sul.

O rio Xopotó nasce na região norte do município de São Geraldo e passa pelos perímetros urbanos desta cidade, de Visconde do Rio Branco e de Guidoal. Continua nos limites municipais de Guidoal e Rodeiro até chegar entre a divisa dos municípios de Dona Euzébia e Miraf, onde deságua no rio Pomba.

Os principais afluentes do rio Xopotó são o ribeirão Ubá à esquerda e o Rio dos Bagres à direita (**Figura 1**). O primeiro nasce no município de Divinésia, passa pelo perímetro urbano de Ubá e deságua no rio Xopotó entre os limites territoriais dos municípios de Ubá, Rodeiro e Guidoal. Já o segundo, nasce no sul do município de Ervália, percorre o município de Guiricema, inclusive passando em seu perímetro urbano, e deságua no rio Xopotó no limite territorial dos municípios de Visconde do Rio Branco, Guiricema e Guidoal.

**Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó.**



## BANCO DE DADOS E PRÉ-PROCESSAMENTO.

O primeiro passo empregado foi realizar o *download* das imagens *digital elevation model* (DEM), do satélite ALOS PALSAR, uma iniciativa da agência *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e da agência *japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), com Ground Sample Distance (GSD) de 12,5 metros. Foi realizado *download* das imagens ópticas do satélite Sentinel-2, uma iniciativa da agência *European Space Agency* (ESA), com GSD de 10 metros. Por fim, houve o *download* dos shapefiles referentes aos limites territoriais, adquiridos no website do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Após o *download* do banco de dados, foi realizado o pré-processamento de imagens no software ArcGIS 10.1<sup>R</sup>. As ferramentas utilizadas no referido programa foram: *Mosaic To New Raster*, para união das imagens DEM; *Extract By Mask*, para recortar as imagens raster unidas; *Project Raster*, afim de converter a projeção cartográfica para SIRGAS 2000 23S e o sistema de coordenada geográfica para Universal Transversa de Mercator (UTM).

## PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS E CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.

Após os pré-processamentos, buscou-se ressaltar na imagem ALOS PALSAR, o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), que segundo Poletto et al (2008), consiste na representação adequada da área pesquisada, ao permitir correta simulação da dinâmica hidrológica que é natural da área. Desta maneira, identificou-se a bacia em estudo e, depois de delimitada e extraída, procurou-se processar as drenagens. Com a bacia delimitada e as drenagens extraídas pode-se calcular a área, perímetro, comprimento das drenagens e o comprimento do eixo para iniciar os cálculos dos índices morfométricos.

Os parâmetros morfométricos a seguir têm por finalidade a obtenção dos resultados de geometria e de rede de drenagem da BHRX (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1: Parâmetros geométricos de morfometria de bacia.**

Parâmetros	Descrição
Área (A)	A área abrange os divisores topográficos e seu plano interior, projetado na horizontal e serve de base para muitos cálculos morfométricos (TONELLO, 2005).
Perímetro (P)	O P é o comprimento da linha que acompanha o divisor de águas (TONELLO, 2005).
Comprimento do Eixo (Le)	O Le diz respeito a distância entre a foz do rio principal e a distância mais longínqua da divisão topográfica.
Coefficiente de Compacidade (Kc)	Segundo Vilela e Matos (1975) o Kc é a relação do perímetro da bacia estudada e a circunferência de um círculo. $Kc = 0,28 P/\sqrt{A}$ .
Índice de Circularidade (Ic)	Segundo Strahler (1957) o Ic é a proporção da área, com relação entre a área da bacia (A) e o perímetro ao quadrado. $Ic = 12,57 A/P^2$ .
Fator de Forma (Kf)	De acordo com Vilela e Matos (1975), o Kf é a relação da forma da bacia e o comprimento do eixo. $Kf = A/Le^2$ .
Padrão de Drenagem (Pd)	Alves e Castro (2016) postula que o Pd pode dar indicativo de estruturas geológicas que podem interferir de maneira singular na reprodução da drenagem na área.

**Tabela 2: Parâmetros da rede de drenagem de morfometria de bacia.**

Parâmetros	Descrição
Comprimento do curso principal (L)	O L é o comprimento do verdadeiro canal, respeitando as simetrias reais (SHUMM, 1963).
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	O Lt soma os comprimentos totais das drenagens que estão na bacia.
Índice de Sinuosidade (Is)	Segundo Schumm (1963) o Is é a proporção advinda da relação entre o comprimento verdadeiro do canal com a distância vetorial (Dv) entre os dois pontos extremos do canal principal. $Is = 100 (L - Dv)/L$ .
Densidade de Drenagem (Dd)	Vilela e Mattos (1975) diz que a Dd é a relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia. $Dd = Lt/A$ .
Coefficiente de Manutenção (Cm)	Schumm (1963) postula que o Cm fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, sendo a relação de 1 e Dd multiplicado por 1000. $Cm = 1/Dd * 1000$ .
Ordem da Bacia (Ob)	A extração da Ob é seguida pelo método de Sthahler (1957).

A próxima etapa foi a realização da classificação supervisionada, que é postulado por Papa (2008) como um método caracterizado pelo conhecimento prévio dos conjuntos das classes. Desta maneira, foram-se utilizadas as imagens Sentinel-2 e estabelecido as seguintes categorias: Área urbana; Solo Exposto; Cursos d'água; Pastagem; Mata Adensada; e Erros (Nuvens). O procedimento foi realizado no ArcGis 10.1<sup>R</sup> por meio da ferramenta *Maximum Classification*, que utiliza o interpolador estatístico da máxima verossimilhança.

A partir das classes definidas e extraídas através da classificação supervisionada, procurou-se realizar uma relação entre estas classes e os fenômenos naturais de infiltração e escoamento superficial da água na superfície. Assim, buscou-se em trabalhos que contemplassem, de maneira geral, a relação da infiltração e escoamento superficial da água para embasar e auxiliar na reflexão proposta.

Entende-se que a infiltração da água na superfície terrestre é mais um proeminente parâmetro que deve ser considerado quando se trata de análise ambiental no âmbito hidrológico. Segundo Vilela e Mattos (1975) a infiltração da água na superfície ocorre de maneira diferenciada, uma vez que, por exemplo, em áreas urbanas, florestas e campos agrícolas apresentam capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo de maneira particular.

No trabalho de Antoneli e Thomaz (2009), encontrou-se a partir de comparação entre os diversos usos da terra, a afirmativa de que a pastagem apresenta menor capacidade de infiltração de água em detrimento dos fragmentos florestais, agricultura e capoeira.

Segundo Mendonça (et al, 2009), os solos sob influência de matas apresentam porosidade considerável, com características de macroporos, que facilita a infiltração de água no solo. Além disso, é característica de áreas com mata densa a presença de serrapilheira, cuja contribui para a retenção de água sobre o solo aumentando a capacidade de infiltração (MENDONÇA, ET AL, 2009).

Villela e Mattos (1975) afirmam que os solos expostos são vulneráveis a ação das gotas de chuvas que, em efeito, produz maior erosão e escoamento superficial. Desta maneira, entende-se que a capacidade de infiltração de água nesta classe é baixa.

As áreas urbanizadas são constituídas, majoritariamente, de concreto e materiais não permeáveis, como asfalto, imóveis, calçadas, entres outros. Villela e Mattos (1975) postulam que quase o total precipitado nestas superfícies urbanas prevalece o escoamento superficial e, assim, pouca infiltração no solo.

Tucci (1997) coaduna com os postulados de Villela e Mattos (1975), ao dizer que a ocorrência de alagamentos nos perímetros urbanos é comum, uma vez que a impermeabilização do solo acarreta o maior escoamento superficial em detrimento da infiltração. Com isso, ao considerar que as cidades, geralmente, não são preparadas para grandes fenômenos pluviométricos, com sistema de drenagem ineficiente e, existem moradias em áreas de inundação naturais dos rios em época de cheias, os desastres socioambientais desta categoria são quase que inevitáveis.

Os corpos d'água e as nuvens não interferem tanto na reflexão sobre a capacidade de infiltração da água no solo, pois a infiltração ocorre em ambientes com solos permeáveis e não em corpos hídricos. E as nuvens não representam uma classe de superfície. No entanto, entende-se que ambas devem ser classificadas assim como as outras, uma vez que podem ser contempladas na classificação de imagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS DA BACIA

Os primeiros resultados a serem discutidos são os parâmetros geométricos e de rede de drenagem da bacia que estão constados na **Tabela 3**.

**Tabela 3: Resultados obtidos dos parâmetros geométricos e de rede de drenagem.**

Geometria	Resultados	Rede de Drenagem	Resultados
Área (A)	1.260 km <sup>2</sup>	Comprimento do curso principal (L)	63 km
Perímetro (P)	223 km	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	2.912 km
Comprimento do eixo (Le)	55 km	Índice de Sinuosidade (Is)	26,9 %
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,75	Densidade de Drenagem (Dd)	2,31 km/km <sup>2</sup>
Índice de Circularidade (Ic)	0,32	Coefficiente de Manutenção (Cm)	433 m <sup>2</sup> /m
Fator de Forma (Kf)	0,41	Ordem da Bacia (Ob)	7
Padrão de Drenagem (Pd)	Dendrítica		

De acordo com os resultados apontados pelo Fator Forma, Coeficiente de Compacidade e Índice de Circularidade, percebe-se que a BHRX não está sujeita a enchentes em época de cheias, pois os cálculos utilizados apontam que a bacia é mais alongada que circular. As bacias mais alongadas contribuem pouco para ocorrência de enchentes em condições normais de pluviosidade (MIOTO, 2014), pois a vazão nestas bacias ocorre em períodos mais longos.

Verificou-se que a forma das drenagens, obtidas pelo Índice de Sinuosidade (Is) e pelo Padrão de Drenagem (Pd), deram apontamentos diferentes. O Is apresentado indica que o rio Xopotó é retilíneo, forma que propicia maior força de arraste de sedimentos e, assim, aumenta a velocidade da água. Já o Pd constatado, que avalia todas as ordens de drenagem da bacia, possui forma Dendrítica e é justificado pelo domínio dos Mares de Morros da região (AB'SÁBER, 2003).

A Densidade de Drenagem encontrada na presente bacia indica capacidade de drenagem mediana à alta, que propicia vazões d'água em período menor. Desta maneira, a precipitação sobre esta bacia tende a sair do sistema em menor tempo e, em efeito, possibilita ocorrência de enchentes.

O Coeficiente de Manutenção apresentado confirma que há muitos cursos d'água na bacia analisada e indica que para manter os cursos d'água perene é necessária a manutenção de 433 m<sup>2</sup> por metro de canal.

A hierarquia da drenagem possui ramificação de sétima ordem, o que significa muita ramificação em épocas de cheia para a escala do mapa utilizado. Segundo Leite et al (2006), as bacias com ramificações que são maiores que a ordem 4 o sistema da rede de drenagem se mostra eficiente.

## USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

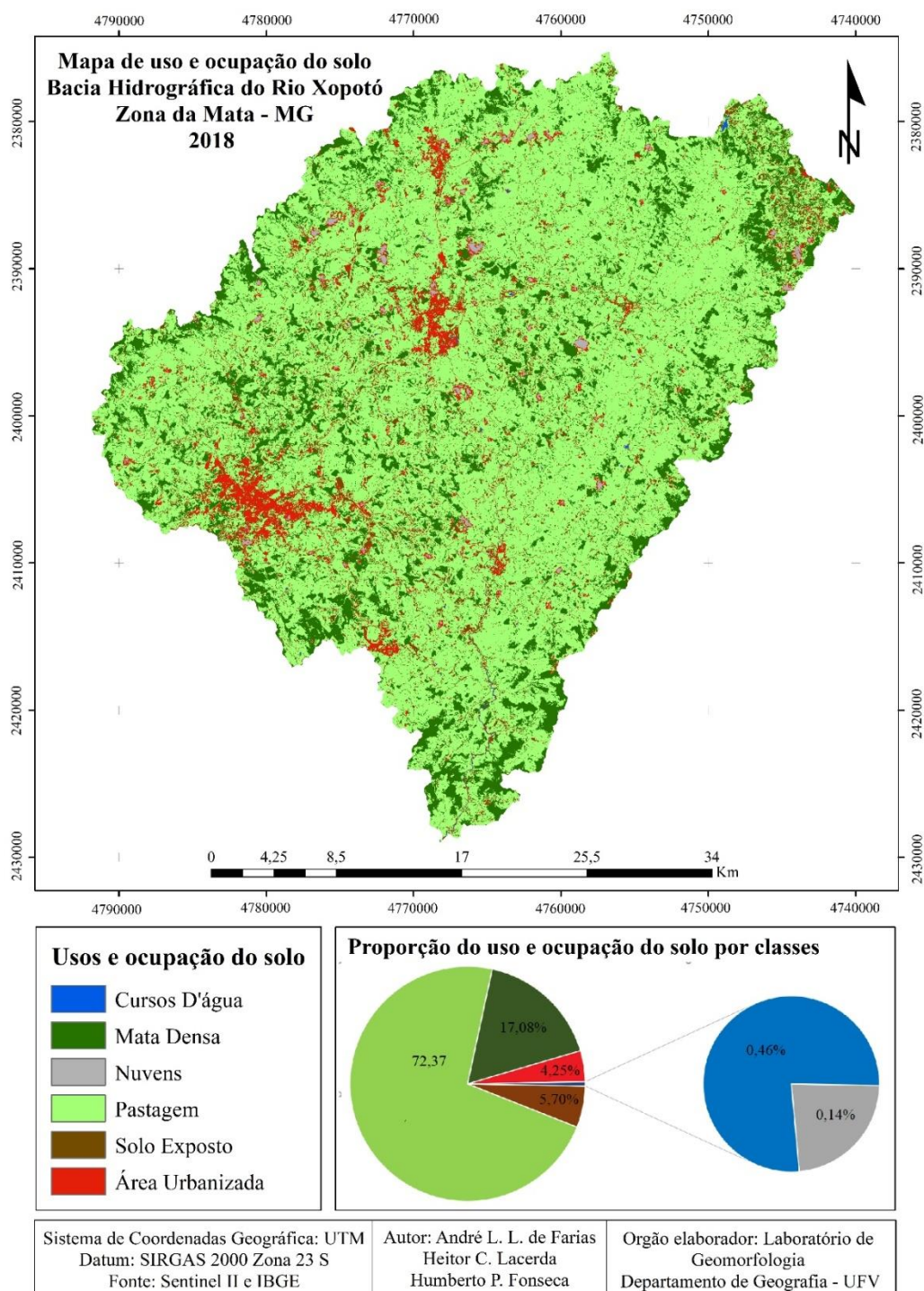
De maneira geral, verifica-se que, a partir da classificação supervisionada e da proporção de área de cada classe levantada através do software ArcGis 10.1<sup>R</sup>, a presença de pastagem na região da BHRX resulta em 72,37 % da área analisada, seguida por 17,08% de mata densa, 5,70% de solos expostos, 4,25% de área urbanizada, 0,46% de corpos d'água e 0,14% de nuvens (**Figura 2**).

Entende-se que a pastagem, que ocupa a maior parte da área classificada, tem uma propensão menor de infiltração e maior de escoamento superficial, considerando ainda a associação deste tipo de uso com as declividades da área, principalmente as áreas de recarga, localizadas na Serra de São Geraldo. Já a região que mais possibilita a infiltração da água no solo, a mata densa, não possui uma área considerável na bacia, principalmente se comparada com as áreas de pastagem. Esta situação reflete um histórico de retirada da vegetação arbórea, para implantação de pastagens e no passado, cana de açúcar.

O solo exposto, que ocasiona maior escoamento superficial do que infiltração, além potencializar o processo erosivo, não possui representatividade significativa na imagem classificada, mas sua concentração se encontra próxima às áreas urbanas. Por sua vez, as áreas urbanizadas também não possuem grande representatividade e, também, favorece o escoamento superficial em detrimento da infiltração. Porém estas áreas, em função de concentrarem a população do município e possuírem drenagem urbana deficiente, acabam por gerar um forte fluxo de escoamento superficial, o que pode agravar os problemas relacionados à enchente e alagamentos.



**Figura 2: Mapa de Uso e Cobertura do solo na região da Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó.**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendeu-se que as imagens ALOS PALSAR e SENTINEL – 2 contribuem para as análises de morfometria e de reconhecimento da superfície de bacias hidrográficas, pois a precisão disposta pela imagem é de grande valia para pesquisas em áreas regionais a locais.

Sobre os parâmetros morfométricos, cabe chamar a atenção que os dados gerados podem ser importantes instrumentos para planejamento e gestão, desde que interpretados no contexto da bacia e considerando eventos extremos de precipitação.

Por exemplo, se considerarmos os índices geométricos, entende-se que a bacia é mais alongada do que circular, não teríamos enchentes, mas na realidade elas ocorrem. A rede de drenagem, ao contrário, se mostra favorável às enchentes, pois, ela é densa e bem distribuída, adaptando-se à litologia local. Também, vale ressaltar, que o rio principal é mais retilíneo que sinuoso, que favorece o ganho de força da água em seu percurso.

O uso e ocupação do solo apresentado demonstram que as matas permitem boa capacidade de infiltração. A pastagem possui capacidade mediana de infiltração, já o solo exposto e a área urbana muito pouco, favorecendo o escoamento superficial da água. Dessa maneira, entende-se que há poucas áreas com boa propensão a recarga hídrica e a região, de maneira geral, mostra-se com mediana capacidade de infiltração. Neste aspecto, as recuperações de nascentes e das matas ciliares podem ser um caminho importante para aumentar a recarga hídrica, diminuir a erosão e favorecer as dinâmicas naturais. Este projeto está em fase inicial e deverá a seu final recuperar todas as nascentes da Área de Proteção Ambiental da Serra da Piedade e das áreas de recarga da Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó no município de São Geraldo. Investimento realizado pelos municípios de Visconde do Rio Branco e de São Geraldo.

Por fim, percebe-se que as áreas urbanas dos municípios ressaltados possuem concentração de áreas com solos expostos e de pastagem ao redor, com poucos fragmentos de matas densas. Essa condição não contribui para a prevenção a alagamentos, aliás, ao contrário.

### AGRADECIMENTOS

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo financiamento da bolsa de pesquisa que me propiciou o aprofundamento no conhecimento científico de maneira incomensurável. Também, agradeço ao laboratório de Geomorfologia do Quaternário e ao Departamento de Geografia pelo apoio técnico desprendido. E as Prefeituras de Visconde do Rio Branco e São Geraldo pelo financiamento do Projeto de Recuperação das nascentes da Área de Proteção Ambiental da Serra da Piedade e da Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. *Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos*. Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 2, p. 117-124, 2016.
- ANTONELI, Vademir; THOMAZ, Edivaldo Lopes. *Comparação de infiltração de água no solo mensurada em período seco e úmido, em diferentes usos da terra na bacia do arroio Boa Vista, Guamiranga, Paraná* Assessment of soil water infiltration measured during dry and wet seasons on different land uses in the Boa Vista Basin Stream, Guamiranga, Paraná, Brazil. *Ambiência*, v. 5, n. 2, p. 301-318, 2009.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. Ateliê Editorial, 2003.
- CASTRO, A. L. C. et al. *Manual de desastres: desastres naturais*. Vol. 1, Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional. Acesso em 28 de maio, 2010. 2003.
- COSTA, Helder; TEUBER, Wilfried. *Enchentes no Estado do Rio de Janeiro—uma abordagem geral*. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.
- HANSMANN, Henrique Zanotta. *Descrição e caracterização das principais enchentes e alagamentos de Pelotas-RS*. Trabalho Acadêmico) Universidade Federal de Pelotas, 2013.
- LANA, Cláudio Eduardo et al. *Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG-Brasil*. Rem: Revista Escola de Minas, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.
- LEITE, Fernando Palha et al. *Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões—MG*. 2006.
- MENDONÇA, Luiz Alberto Ribeiro et al. *Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo*. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 1, p. 89-98, 2009.
- MIOTO, Camila Leonardo et al. *Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos*. Anuário do Instituto de Geociências, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.
- PAPA, João Paulo et al. *Classificação supervisionada de padrões utilizando floresta de caminhos ótimos*. 2008.



POLETO, L. J. C. et al. Validação de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO, v. 2, p. 1036-1042, 2008.

SÁ JÚNIOR, A. de. *Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais*. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação (Ph. D. em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Lavras.

SCHUMM, Stanley A. *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey*. Geological society of America bulletin, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

STRAHLER, Arthur N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.

TONELLO, K. C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, Carlos EM. *Água no meio urbano*. Livro água Doce, p. 1-40, 1997

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.