

## SUSCETIBILIDADE MORFOMÉTRICA A INUNDAÇÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS TRIBUTÁRIAS DO RIO DO PEIXE, ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

ÁVILA, Bárbara Thaís<sup>1</sup>; ALMEIDA NETO, José Oliveira<sup>2</sup>; FELIPPE, Miguel Fernandes<sup>3</sup>

### RESUMO

As inundações são processos naturais que estão relacionados, entre outros fatores, às características morfométricas que representam a geometria do relevo da bacia hidrográfica. Ou seja, sabe-se que o conjunto das feições do relevo em uma bacia pode contribuir para escoar de modo mais rápido ou mais lento suas águas superficiais, condicionando (ou não) a ocorrência de cheias, em associação aos fenômenos meteorológicos. Diante disso, esse trabalho tem como objetivo avaliar a suscetibilidade morfométrica a inundações de 23 bacias tributárias (8<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> ordens), que compõe a bacia hidrográfica do rio do Peixe, no sudeste de Minas Gerais. Foram utilizadas as bases ortocodificadas, da rede de drenagem e das bacias de drenagem, além de curvas de nível na escala de 1:50.000, para o cálculo de quinze parâmetros morfométricos. Posteriormente, realizou-se a interpretação qualitativa multivariada de cada unidade de análise para definição de graus de suscetibilidade a inundações. O mapeamento dos resultados permite uma leitura comparativa da distribuição espacial das suscetibilidades. Além disso, demonstra-se que a forma da bacia, o índice de circularidade e o fator de forma foram os parâmetros que sinteticamente melhor traduziram os resultados da composição multivariada. Essa metodologia apresentou-se como passível de ser empregada em zoneamentos ambientais de bacias hidrográficas para que se elabore um planejamento que seja mais condizente com as reais possibilidades que os tributários têm de contribuir para a ocorrência de inundações em bacias de maior hierarquia.

**Palavras-chave:** inundação, morfometria, multiescalaridade.

## SUSCEPTIBILIDAD MORFOMÉTRICA A INUNDACIONES EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS AFLUENTES DEL RÍO DEL PEIXE, ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

### RESUMEN

Las inundaciones son procesos naturales, siendo relacionadas entre otros, a las características morfométricas que representan la geometría del relieve de las cuencas hidrográficas. Es decir, se sabe que el conjunto de las formas del relieve en una cuenca puede contribuir a filtrar más rápidamente o más lentamente sus aguas superficiales, condicionando (o no) la ocurrencia de inundaciones, en asociación con fenómenos meteorológicos. Ante eso, este trabajo tiene como objetivo evaluar la susceptibilidad morfométrica a inundaciones de 23 cuencas tributarias de 8<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup> órdenes, que componen la cuenca hidrográfica del río del Peixe, sureste de Minas Gerais (Brasil). Fueron utilizadas las bases ortocodificadas de la red de drenaje y de las cuencas de drenaje, más allá de curvas de nivel en la escala de 1:50.000, para el cálculo de quince parámetros morfométricos. Posteriormente, se realizó la interpretación cualitativa multivariada de cada unidad de análisis para definición de los grados de susceptibilidad a inundaciones. El mapeo de los resultados muestra la distribución espacial de las susceptibilidades. Además, se demuestra que la forma de la cuenca, el índice de circularidad y el factor de forma son los parámetros que mejor traducen los resultados de la composición multivariante. Esta metodología se presentó como pasible de ser empleada en zonificaciones ambientales de cuencas hidrográficas, para que se elabore una planificación que sea más adecuada con las reales posibilidades que los afluentes tienen que contribuir para la ocurrencia de inundaciones en cuencas de mayor jerarquía.

**Palabras clave:** inundación, morfometría, multiescalaridad.

<sup>1</sup>Geógrafa. E-mail: barbaraavila.geo@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando em geografia na Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: jose.oliveira95@hotmail.com.br

<sup>3</sup>Docente no Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: miguel.felippe@ufjf.edu.br

## MORPHOMETRIC SUSCEPTIBILITY TO FLOODS IN PEIXE RIVER TRIBUTARY WATERSHEDS, MG

### ABSTRACT

Floods are natural processes related, among others factors, to the morphometric characteristics that represent the geometry of the watershed's relief. It is known that the set of geomorphological features on a watershed can contribute to flow the surface water faster or slower, conditioning (or not) the occurrence of flood, in association to meteorological phenomena. The aim of this article is to evaluate the morphometric susceptibility to inundation of 23 tributaries watersheds (8<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> orders), which compose the Peixe river watershed, in the southeast of Minas Gerais (Brazil). Otto-codified databases of drainage network and watershed limits were used, as well as contour lines (scale 1/50.000), to calculate fifteen morphometric parameters. Subsequently, a multivariate qualitative interpretation was performed to define degrees of susceptibility to floods. The final map allows a comparative reading of the spatial distribution of the susceptibilities. In addition, it is demonstrated that the basins shape, circularity index and shape factor were the parameters that translate clearly the results of the multivariate composition. This methodology is capable of being used in watersheds environmental zoning. In drainage planning, it can show which tributaries is contributing to the occurrence of floods in watersheds of higher hierarchy.

**Keywords:** floods, morfometry, multiscalarity.

### 1. Introdução

Historicamente, os cursos d'água têm oferecido às populações possibilidades de produção, de acesso à água para seus múltiplos usos e de enriquecimento das planícies de inundação, tornando-as, dessa forma, agricultáveis. Além disso, eles ainda têm sido passíveis de serem usufruídos como vias de transporte para carga e passageiros e, mais recentemente, vêm desempenhando uma função estética de notável relevância (ROCHA, 2005).

Nessa ótica, por oferecerem condições favoráveis para a reprodução da vida humana, as imediações dos rios, onde existem os sítios suscetíveis a inundações, foram sendo ocupadas, progressivamente, ao longo da história. A atividade humana vem influenciando os sistemas fluviais há pelo menos 5000 anos, tendo se intensificado, sobretudo, no último século, de modo a existir na atualidade uma quantidade diminuta de cursos d'água que não tenham sido afetados em algum de seus aspectos por efeitos de atividades promovidas pela sociedade (CHARLTON, 2008).

Na tentativa de entender as inundações, faz-se crucial compreender a dinâmica do sistema fluvial. Nele, as vazões naturais dos canais fluviais se alternam em uma variedade de escalas temporais e espaciais, estando estritamente relacionadas ao seu dinamismo, as inundações (KNIGHTON, 1984; SUMMERFIELD, 1991). As inundações, definidas por Charlton (2008, p. 30) como sendo “[...] um fluxo relativamente alto que excede a capacidade do canal”, desencadeiam o extravasamento da água fluvial para áreas adjacentes à seção transversal do canal, configurando assim as denominadas “planícies de inundação”.

Tais feições são formadas por depósitos estabelecidos durante os sucessivos episódios de

inundação que figuram entre os processos geomorfológicos que apresentam registros prolongados de mensuração, como aquelas referidas em antigos apontamentos acerca dos níveis das inundações anuais do rio Nilo, no baixo Egito (SUMMERFIELD, 1991; HUGGETT, 2007).

Ao se reconstituir a história da convivência das sociedades com os processos críticos de inundação, observa-se que o caráter cíclico desses eventos desencadeia a negligência por parte da população e do poder público, ao se permitir a reocupação das planícies dos rios (TUCCI, 2003). Outrossim, as pressões econômicas e políticas no espaço urbano tendem a renegar à população de baixa renda essas áreas de notável risco. A segregação sócio-espacial intensifica a vulnerabilidade ambiental de um grupo permanentemente excluído da esfera de decisão (ALMEIDA; CARVALHO, 2010; ALMEIDA, 2011).

Conforme Summerfield (1991) e Huggett (2007), inundações de alta frequência e de baixa magnitude ocupam apenas uma parcela da planície; já as inundações de maior fluxo ocasionadas sobretudo por eventos climáticos espasmódicos, em que a totalidade da planície é ocupada suscitam-se consequências socioeconômicas, em alguns casos, catastróficas às populações residentes. Além disso, ao se considerar que as inundações se constituem como um processo natural que pode ter sua magnitude intensificada por ações humanas, com a efetivação de alterações na configuração natural dos rios – principalmente, em centros urbanos, tendo em vista a urbanização desses espaços, nos quais, em muitos casos, as obras de engenharia empreendidas não obtêm o êxito de conter o extravasamento dos cursos d'água – elas se tornam ainda mais danosas a essas populações (LATRUBESSE, 2010).

Nesse quadro, ao mesmo tempo em que os cursos d'água oferecem inúmeras vantagens aos indivíduos que desenvolvem atividades em suas imediações, eles proporcionam riscos, uma vez que, ciclicamente, suas planícies são atingidas por inundações de magnitudes excepcionais e suas vazões e cotas sofrem incrementos significativos.

Fatores climáticos e processos hidrogeomorfológicos são pontos-chave para o entendimento da dinâmica hidrológica dos canais de drenagem. Amaral e Ribeiro (2009) apontam que, ao se considerar as inundações enquanto processos naturais que se sucedem em bacias de drenagem, tem-se que sua magnitude e frequência se dão em função: i) da intensidade e distribuição da precipitação; ii) da taxa de infiltração de água no solo; iii) do grau de saturação do solo; iv) das características morfológicas; e v) das características morfométricas.

Em ambientes úmidos, as inundações apresentam flutuações anuais expressivas (SUMMERFIELD, 1991), sendo que o seu padrão, em ambientes tropicais, vincula-se ao

volume e ao tempo de duração das profusas precipitações no período úmido, sobretudo, no verão, o que é responsável pela suscetibilidade climática a inundações (AB'SABER, 1994).

Entre os condicionantes geológico-geomorfológicos, tem-se a morfometria, que é recorrentemente encontrada na literatura brasileira como subsídio para o estudo de inundações e de cheias dos canais. Em relação a essas pesquisas, dois padrões podem ser observados: estudos com enfoque nas características físicas que agregam à bacia de drenagem maior ou menor suscetibilidade a um maior número desses eventos (SOUZA, 2005; MENEZES *et al.*, 2014); e estudos que tratam de inúmeras características genéticas, valendo-se de alguns elementos morfométricos para justificar o evento (RIGHI; ROBAINA, 2012; MARAFUZ; ADELINO; GOMES, 2014; SILVA; FORTES; CORRADINI, 2014).

Souza (2005) aponta que diversos autores têm se deparado com fortes correlações entre parâmetros morfométricos e características hidrológicas das bacias de drenagem e propõe o conceito de suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem a inundações, com o intuito de definir a fração de responsabilidade da geometria das bacias no desencadeamento das inundações. Essa proposta se mostra perspicaz e atraente, uma vez que ao reunir um número considerável de parâmetros que apresentem relações com os processos de inundações, pode-se entender a interação entre os atributos geométricos das bacias e a sua operacionalidade em conjunto no que concerne ao comportamento hidrológico das bacias de drenagem. A suscetibilidade morfométrica também poderia servir como chave de identificação de bacias hidrográficas que possuíssem comportamentos hidrológicos análogos, assim como um indicador de regionalização das cheias, sobretudo onde não houver dados hidrológicos adequados e disponíveis.

Este trabalho teve como embasamento a pesquisa realizada por Souza (2005), em que foi apresentada o método analítico e semi-qualitativo de avaliação da suscetibilidade morfométrica ao desenvolvimento de inundações em bacias de drenagem. Tal proposta, além de aplicar a metodologia para bacias hidrográficas situadas no planalto cristalino, permite que sejam identificadas as contribuições diferenciais multiescalares que as bacias tributárias de um canal apresentam para o aumento da magnitude das inundações.

## 2. Área de estudo

Localizadas entre o sudoeste do estado de Minas Gerais e o norte do estado do Rio de Janeiro, as bacias hidrográficas do Rio do Peixe e do Rio Preto foram, por muito tempo, consideradas tributárias do Rio Paraíba. Todavia, Araújo (2009) aponta que essa

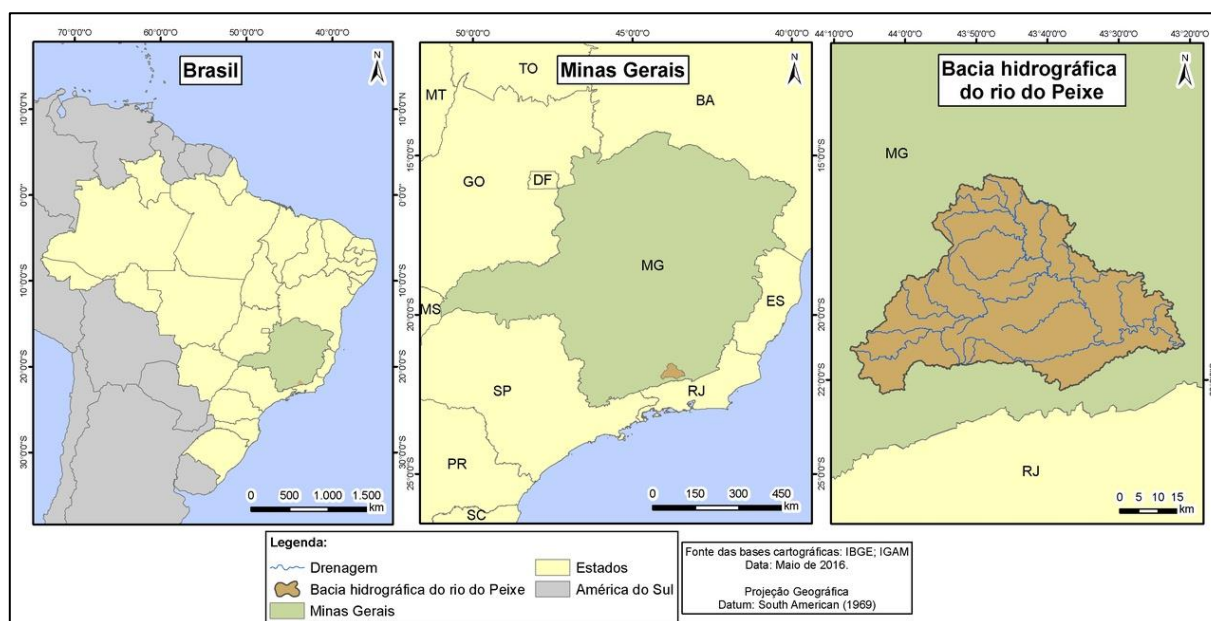
classificação está equivocada e, de acordo com métodos e critérios para a determinação de rios principais propõe a seguinte hierarquia: o Rio Paraibuna como afluente do Rio do Peixe, que é afluente do Rio Preto que deságua no Rio Paraíba do Sul. Nesse sentido, para fins de elucidação, o presente trabalho se refere a bacia do Rio do Peixe<sup>4</sup>, na porção à montante da confluência com o Rio Paraibuna, definida pela sua toponímia.

Nessa lógica, a bacia hidrográfica do Rio do Peixe abrange uma área de 2.373 km<sup>2</sup>, tendo o canal principal a extensão de 188 km (IGAM, 2010). Suas nascentes principais estão localizadas no município de Bom Jardim de Minas, a 1.200 metros de altitude, e seu exutório (confluência com o Rio Paraibuna), na divisa dos municípios de Matias Barbosa, Simão Pereira e Belmiro Braga, a 400 metros de altitude. A localização da bacia hidrográfica do Rio do Peixe no Estado de Minas Gerais é apresentada na Figura 1.

De acordo com CPRM (2007) a bacia do rio do Peixe é embasada por rochas dos Complexos Juiz de Fora, Mantiqueira, Paraíba do Sul e Piedade, somadas a rochas do grupo Andrelândia e Suíte Pouso Alto. O Complexo Juiz de Fora é encontrado na porção sudeste da bacia, assim como o Grupo Andrelândia e Paraíba do Sul. A Suíte Pouso Alto apresenta extensão espacial restrita, estando envolvida pelo Grupo Andrelândia na porção Centro-Leste da bacia. As bordas norte e oeste da bacia são embasadas pelo grupo Andrelândia, estando na porção norte associado ao Complexo Piedade e a oeste com o Complexo Mantiqueira. A bacia apresenta zonas de falha com cisalhamento transcorrente compressional e transcorrente dextral. Tal configuração geológica promove diferentes graus de resistência ao intemperismo e desnudação que configuram degraus altimétricos, alinhamentos serranos e picos semi-isolados que adornam a geomorfologia regional preconizada por relevos mamelonares.

---

<sup>4</sup> Na base cartográfica construída a partir da hierarquização dos canais pela metodologia proposta por de Otto Pfafstetter, na escala de 1/50.000, desenvolvida pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2010).



**Figura 1** - Localização da bacia hidrográfica do Rio do Peixe. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Morfologicamente, a área da bacia possui colinas e morros convexos a policonvexos, apresentando uma grande variabilidade altimétrica. As coberturas superficiais configuram-se, majoritariamente, de elúvios coluvionados associados à colúvios em processo de eluviação, intercalados, por vezes, com planícies aluviais (em alguns casos, altimontanas), decorrentes da intensidade dos processos intempéricos associados ao clima úmido. Devido à resistência diferencial dos materiais, as maiores altitudes são atualmente encontradas sob embasamento de rochas quartizíticas e as menores em associação de granitoides e rochas gnáissicas.

As declividades mais suaves, entre 0 e 3%, estão associadas à fundos de vale, sendo evidentes em áreas de planícies e terraços fluviais. Em vertentes de morros, morrotes e colinas predominam declives que variam entre 3 a 20%. Áreas com declividade superior a 45% estão associadas a contatos litológicos e zonas de falha, marcando degraus altimétricos.

De acordo com Ab'Saber (2012), a bacia está inserida no domínio morfoclimático dos mares de morros florestados. Apresenta dupla estacionalidade climática, onde de dezembro a março, devido a concentração do acumulado de precipitação, os rios apresentam os maiores valores médios mensais de cota; já de maio a outubro os acumulados de precipitação são bem menores, o que é refletido nos caldais fluviais, que apresentam os menores valores médios mensais de cota. Os meses de abril e novembro podem ser enquadrados como períodos de transição entre os dois regimes (ECOLAB 1999 *apud* REIS, 2012).

### 3. Material e métodos

A metodologia deste trabalho baseia-se na integração ponderada de uma gama de parâmetros morfométricos para interpretação da susceptibilidade a inundações das bacias hidrográficas em estudo. Nesse sentido, foram feitos os seguintes procedimentos: i) cálculo dos parâmetros morfométricos das bacias; ii) discretização dos resultados de cada parâmetro; iii) atribuição de notas relacionadas a cada classe definida; iv) soma ponderada dos resultados; v) testes estatísticos e mapeamentos.

A partir de análises morfométricas realizadas sobre as bases ortocodificadas (IGAM, 2010) na escala de 1:50.000 (rede de drenagem e bacias de drenagem), foi interpretada a susceptibilidade à inundações de vinte e três bacias hidrográficas: uma bacia de oitava ordem (rio do Peixe); uma bacia de sétima ordem; três bacias de sexta ordem; e dezoito bacias de quinta ordem<sup>5</sup>.

As informações altimétricas foram extraídas de curvas de nível do IBGE, com equidistância de 20 metros, na escala de 1:50.000. Os dados foram trabalhados, conjuntamente, em dois *softwares*: ESRI® Arc Gis 10.2.2 e Microsoft Office - Excel 2013.

Após a seleção das bases cartográficas, foram definidos os parâmetros morfométricos mais úteis para a interpretação comparativa da susceptibilidade a inundações. Tal definição pautou-se, mormente, no trabalho de Christofolletti (1980) e Souza (2005). Os parâmetros elencados constam no Quadro 1. Utilizou-se a ferramenta *calculate geometry* (ESRI® Arc Gis 10.2.2.) para obtenção dos dados geométricos básicos que foram integrados nas equações referidas no Quadro 1 no *software* Microsoft Office – Excel 2013.

Os resultados dos parâmetros morfométricos foram discretizados, ou seja, os valores absolutos dos parâmetros morfométricos foram substituídos por notas, que por sua vez foram agrupados em classes de susceptibilidade morfométrica, que de acordo com Souza (2005) devem ser o mais homogêneo possível, levando em conta os valores do *rol*. Foi decidido que os resultados seriam apresentados em cinco classes: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

Foi realizado o teste estatístico para verificar a existência de valores *outliers*, através da Equação 1. Valores de *z* maiores que 3, em módulo, foram considerados *outliers*.

$$z = (n - (\text{média}(\text{rol}))) / (\text{desvpad. a}(\text{rol})) \quad (\text{Equação 1})$$

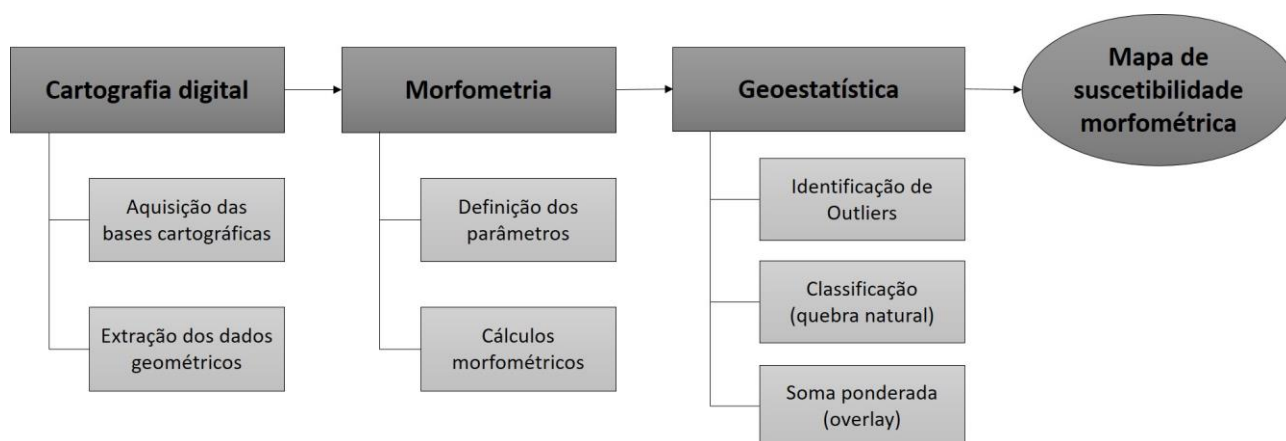
<sup>5</sup> Hierarquia de acordo com a proposta por Strahler (1952), para a escala de 1:50.000.

Uma vez identificado os valores *outliers*, eles foram retirados do rol para classificação por quebra natural, em cinco classes, dos resultados de cada parâmetro morfométrico. Os valores *outliers* foram enquadrados na classe de maior ou menor suscetibilidade à inundação de acordo com sua natureza.

Cada classe recebeu a seguinte pontuação: muito alta (5 pontos); alta (4 pontos); média (3 pontos); baixa (2 pontos) e; muito baixa (1 ponto). Após todos os parâmetros morfométricos terem sido classificados e pontuados, foi feita a soma da pontuação de cada bacia (Equação 2). Para fins analíticos, o peso de cada parâmetro foi considerado idêntico, evitando questionamentos acerca da hierarquização das variáveis para ponderação. O resultado final da soma traduz um índice de suscetibilidade morfométrica a inundação. Optou-se aqui por adjetivar o termo “suscetibilidade” para evitar leituras errôneas, uma vez que o recorte metodológico desse trabalho foca na geomorfometria das bacias hidrográficas.

$$s = \sum x.i \tag{Equação 2}$$

Por fim, foram realizados testes de correlação linear (r) e calculado o coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) entre cada parâmetro e a somatória final, além do mapeamento dos resultados para ampliar as possibilidades interpretativas. A Figura 2 representa uma síntese dos procedimentos adotados na construção desse trabalho.



**Figura 2** - Síntese dos procedimentos adotados na construção da pesquisa. **Fonte:** Elaborado pelos autores.



**QUADRO 1**

Parâmetros selecionados para o cálculo da suscetibilidade morfológica a inundações

PARÂMETRO	SIMBOLOS E/OU FÓRMULAS	DESCRIÇÃO	JUSTIFICATIVA	FONTE
<b>Ordem</b>	<i>O</i>	A ordem ou hierarquia fluvial trata-se do ato de estabelecer uma categorização, a partir da ordenação dos cursos d'água, no conjunto da bacia ao qual está inserido. Adota-se a proposta de ordem hierárquica dos canais de Strahler, onde os canais que não possuem tributários são considerados de 1ª ordem, no segmento compreendido desde sua nascente até a confluência. Os canais de segunda ordem aparecem com a confluência de dois canais de 1ª ordem e só recebem afluentes de ordem inferior e assim sucessivamente.	Strahler (1957) indica que a ordem do canal é diretamente proporcional as dimensões da bacia de drenagem, ao tamanho e vazão do canal pontualmente no sistema em questão.	Christofolletti (1980); Strahler (1957).
<b>Número total de canais</b>	<i>Ntc</i>	É o somatório do número de canais independente da ordem ou hierarquia do canal.	Segundo Horton (1945), o número de canais relacionado a área da bacia (densidade hidrográfica) possui grande importância na interpretação do trabalho fluvial na evolução do relevo e na compreensão da ramificação da rede de drenagem.	Horton (1945)
<b>Área da bacia</b>	<i>A</i>	Configura-se como o conjunto de toda a área que é drenada por determinado sistema fluvial, projetada em um plano horizontal.	Strahler (1957) afirma que este parâmetro é fundamental para a determinação do escoamento total e a produção de sedimentos na bacia.	Christofolletti (1980); Strahler (1957).
<b>Perímetro da bacia</b>	<i>P</i>	Constitui-se como a projeção horizontal da linha que contorna o interflúvio da bacia hidrográfica	Christofolletti (1980) indica a importância do perímetro na compreensão da forma da bacia e, conseqüentemente, na velocidade/energia da drenagem.	Zavouianu (1985) <i>apud</i> SOUZA, 2005; Christofolletti (1980)

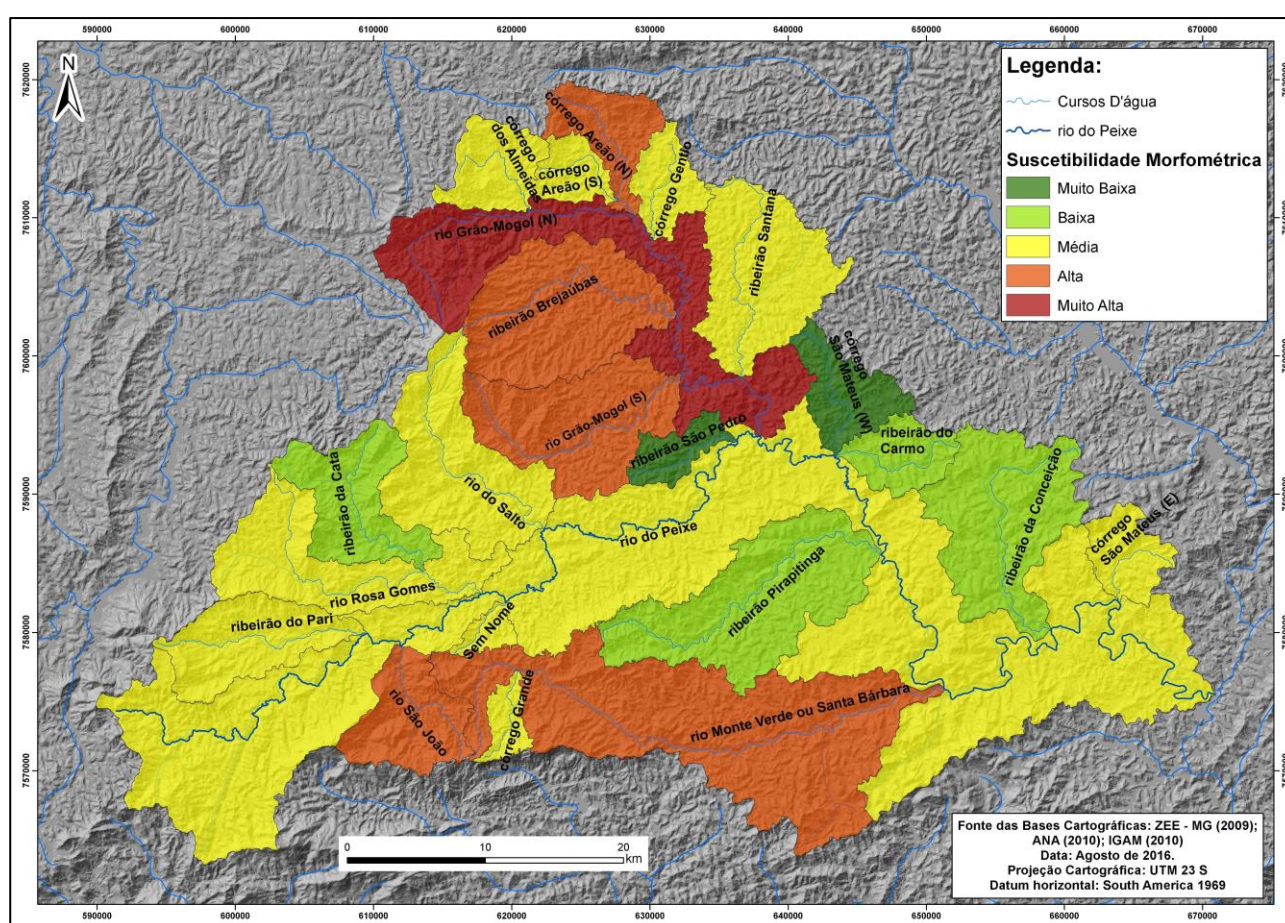
<b>Comprimento do canal principal</b>	$L$	Distância entre determinada nascente e o exutório de curso d'água.	O comprimento do canal principal é utilizado, em muitos casos, para se estimar o tempo de duração do pico de uma inundação ou enchente em hidrógrafas, uma vez que esse parâmetro relaciona-se com o intervalo que as águas oriundas do extravasamento do canal levam para percorrer integralmente a bacia, de suas cabeceiras até seu exutório	Acreman & Sinclair (1986 <i>apud</i> SOUZA, 2005); Christofoletti (1980); Závioanu (1985 <i>apud</i> SOUZA, 2005).
<b>Comprimento da bacia</b>	$L_b$	Considera-se como a maior distância medida, em linha reta, entre o exutório da bacia e determinado ponto ao longo do perímetro, sem que o eixo vetorial ultrapasse os limites interfluviais.	O comprimento da bacia é um parâmetro geométrico que se relaciona com a forma da bacia e com o padrão de drenagem. Bacias mais compridas e alongadas, tendem a drenar mais rapidamente do que as mais curtas e circulares.	Christofoletti (1980)
<b>Forma da bacia</b>	$F_b$	A forma da bacia é influenciada pelo declive, processos erosivos oriundos do intemperismo, estrutura geológica, litologia, diastrofismo, padrão de drenagem, etc.	A forma da bacia hidrográfica pode afetar algumas características de sua descarga.	Yadav (2008)
<b>Fator de forma</b>	$K_f = \frac{A}{L^2}$	Por sua unidade se aproximar de um quadrado é tido como o melhor índice para se representar a forma da bacia de drenagem. $K_f$ – coeficiente de forma; $A$ – área da bacia; $L^2$ - comprimento do canal principal ao quadrado.	Se $K_f = 1$ a bacia é perfeitamente quadrada. Quanto menor seu valor, mais alongado é seu eixo principal e maior a velocidade do escoamento. Esse fator não compreende anamorfismos que podem interferir nessa lógica.	Chorley <i>et al</i> (1957 <i>apud</i> SOUZA, 2005). Souza (2005).
<b>Índice de circularidade</b>	$I_c = \frac{A}{A_c}$	Relação entre a área da bacia e a área de círculo que apresente o mesmo perímetro. $I_c$ - índice de circularidade; $A$ - área da bacia; $A_c$ – área do círculo de igual perímetro.	Quanto mais próximo de $I_c = 1$ , maior a circularidade da bacia, menor a extensão do eixo principal e maior a probabilidade de acumulação da drenagem.	Christofoletti (1980)
<b>Declividade do canal</b>	$S = \frac{H}{L}$	Relação entre a diferença máxima de altitude entre a nascente e a foz com a extensão do respectivo curso d'água. $S$ – declividade do canal; $H$ – variação altimétrica; $L$ – Comprimento do canal.	Corresponde à energia dos canais. É inversamente proporcional à acumulação de água.	Christofoletti (1969)
<b>Declividade da bacia</b>	$S_b = \frac{H}{L_b}$	É o valor da diferença entre a altitude máxima e a mínima observada na bacia de drenagem. $S_b$ – declividade da bacia; $H$ – variação altimétrica; $L_b$ – comprimento da bacia.	Indica a energia de dissipação dos fluxos pluviais pela vertente. Bacias mais declivosas são menos propensas e inundações.	Christofoletti (1970)

<b>Densidade de rios</b>	$Dr = \frac{N}{A}$	Busca demonstrar a relação entre o número de cursos d'água e a área da bacia. Dr – Densidade de rios; N – número total de rios (ou cursos d'água); A – área da bacia.	Possui a finalidade de comparar o tamanho do rio com um tamanho padrão.	Horton (1945)
<b>Densidade de drenagem</b>	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Parâmetro que busca correlacionar o comprimento total dos canais de drenagem com a área da bacia. Dd – densidade de drenagem; Lt – comprimento total dos canais; A – área da bacia.	Possui uma relação inversa com o comprimento dos rios. Quanto maior este número, menor tendem a ser o tamanho dos componentes fluviais na bacia.	Horton (1945)
<b>Relação de relevo</b>	$Rr = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}}$	Relação que existe entre a máxima amplitude altimétrica de uma bacia hidrográfica e a maior extensão da mesma (mensurada de maneira paralela a linha principal de drenagem). Rr – relação de relevo; $\Delta H$ – variação altimétrica; A – área.	Permite discutir a energia dos processos de escoamento pluvial e, conseqüentemente, o acúmulo de água em eventos chuvosos. Baixos de amplitude altimétrica, associados a longas extensões, indicam bacias com menor dinamismo na dispersão das águas.	Schumm (1956 <i>apud</i> CHRISTOFOLETTI, 1980)
<b>Densidade de confluências</b>	$Dc = \frac{Ntc}{A}$	É o parâmetro que contabiliza o número total de confluências com relação a área total da bacia hidrográfica, representando, dessa maneira, qual é o grau de ramificação da bacia. Bacia de menores ordens hierárquicas comumente apresentam valores mais elevados de densidade de confluências, o que decresce com o aumento da ordem. Dc – Densidade de confluências; Ntc – Número total de confluências; A – área da bacia	Com relação a propagação de inundações e enchentes inundações tem-se que está diretamente relacionada à capacidade que a rede de drenagem possui de escoar superficialmente as águas e a conseqüente, remoção daquela oriunda do excesso quantitativo de precipitação. Quanto maior for o valor do parâmetro maior será o coeficiente de escoamento e, por conta disso, maiores as possibilidades de formação e propagação desses eventos.	Zãvoianu (1985 <i>apud</i> SOUZA, 2005)

#### 4. Resultados e discussões

Com a realização dos cálculos e o posterior enquadramento das bacias hidrográficas selecionadas nas classes de suscetibilidade morfométrica pré-estabelecidas foi possível tecer considerações a respeito do possível comportamento hidrológico das bacias. A tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros calculados nas 23 bacias hidrográficas selecionadas para a realização desse estudo. A tabela 2, por sua vez, exibe a classificação por bacias do grau de suscetibilidade morfométrica a inundações.

A Figura 3 representa as bacias hidrográficas avaliadas tematizadas segundo as classes de suscetibilidade morfométrica ao desenvolvimento de inundações ao qual se enquadraram.



**Figura 3** - Suscetibilidade morfométrica a inundações nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

TABELA 1

Resultados dos parâmetros morfométricos.

BACIA	O	Fb	A (km <sup>2</sup> )	P (km)	Ic	Kf	L (km)	Lb(km)	Ntc	S	Sb	Dd	Dr	Rr	Dc
Córrego Areão (N)	6	Q	61,52	45,82	0,37	0,27	15,10	11,09	210	26,48	50,48	2,88	3,41	0,07	3,39
Córrego Areão (S)	5	C	21,30	25,4	0,41	0,26	9,13	6,51	64	17,53	86,06	2,60	3,00	0,12	2,93
Córrego do Gentio	5	R	28,63	32,34	0,34	0,32	9,41	8,70	154	14,87	34,46	3,55	5,38	0,06	5,33
Córrego dos Almeidas	5	Q	37,89	33,53	0,42	0,29	11,35	8,06	89	28,19	64,50	2,48	2,35	0,08	2,31
Córrego Grande	5	R	14,52	26,15	0,27	0,21	8,35	7,01	75	69,48	99,81	3,10	5,17	0,18	5,06
Córrego São Mateus (E)	5	C	30,12	30,76	0,40	0,42	8,51	7,27	69	28,22	77,07	2,26	2,29	0,10	2,24
Córrego São Mateus (W)	5	T	40,56	42,74	0,28	0,21	13,83	10,40	130	14,46	21,16	2,83	3,21	0,03	3,17
Ribeirão Brejaúbas	5	Q	118,87	57,16	0,46	0,17	26,63	15,92	288	33,04	61,56	2,40	2,42	0,09	2,41
Ribeirão da Cata	5	R	66,31	55,88	0,27	0,20	18,14	5,01	158	17,64	127,67	2,30	2,38	0,08	2,36
Ribeirão da Conceição	5	R	112,47	68,09	0,30	0,20	23,75	13,94	195	15,16	40,18	2,07	1,73	0,05	1,72
Ribeirão do Carmo	5	C	32,63	31,51	0,41	0,23	11,92	3,26	77	10,07	91,96	2,38	2,36	0,05	2,31
Ribeirão Pirapitinga	5	R	133,47	78,64	0,27	0,13	32,14	21,74	276	16,18	31,28	2,34	2,07	0,06	2,06
Ribeirão Santana	5	T	97,64	59,26	0,35	0,18	23,24	14,63	411	9,46	16,41	3,11	4,21	0,02	4,19
Ribeirão São Pedro	5	R	21,25	29,94	0,30	0,23	9,57	4,00	55	16,71	54,97	2,58	2,59	0,05	2,52
Rio do Peixe	8	T	2373,65	355,82	0,24	0,08	177,07	80,98	6326	4,29	9,39	2,48	2,67	0,02	2,66
Rio do Salto	5	T	106,43	65,9	0,31	0,17	24,98	14,87	287	36,03	69,93	2,50	2,70	0,10	2,68
Rio Grão-Mogol (N)	7	C	615,89	153,6	0,33	0,12	70,99	27,51	2061	10,99	39,26	2,78	3,35	0,04	3,34
Rio Grão-Mogol (S)	5	R	102,21	62,75	0,33	0,14	26,76	16,20	316	32,14	59,24	2,65	3,09	0,09	3,08
Rio Monte Verde/Santa Bárbara	6	R	276,18	142,5	0,17	0,11	50,78	34,61	761	20,48	32,36	2,50	2,76	0,07	2,75
Rio Pari	5	R	64,56	47,32	0,36	0,20	17,76	15,53	136	43,92	55,38	2,39	2,11	0,11	2,08
Rio Rosa Gomes	6	T	163,29	82,41	0,30	0,20	28,33	19,50	479	18,35	36,92	2,49	2,93	0,06	2,92
Rio São João	5	T	54,57	42,29	0,38	0,32	13,06	9,77	190	53,59	88,05	2,72	3,48	0,12	3,45
Sem Nome	5	T	10,13	20,92	0,29	0,30	5,79	5,53	51	62,17	83,24	3,05	5,04	0,14	4,89

Ordem hierárquica (O), Forma de bacia (Fb): Circular (C), Quadrangular (Q), Retangular (R) e Triangular (T), Área da bacia (A), Perímetro da bacia (P), Índice de circularidade (Ic), Fator de forma (Kf), Comprimento do canal principal (L), Comprimento da bacia (Lb), Número total de canais (Ntc), Declividade do canal principal (S), Declividade da bacia (Sb), Densidade de drenagem (Dd), Densidade de rios (Dr), Rugosidade do relevo (Rr), Densidade de Confluências (Dc).

TABELA 2

Classificação da susceptibilidade morfométrica à inundação.

BACIA	O	Fb	A	P	Ic	Kf	L	Lb	Ntc	S	Sb	Dd	Dr	Rr	Dc	Somatória	SM
Córrego Areão (N)	3	4	2	2	4	4	3	2	3	3	3	4	5	3	4	49	A
Córrego Areão (S)	2	5	1	1	5	4	1	1	1	2	4	3	3	5	3	41	M
Córrego do Gentio	2	3	1	1	3	5	1	1	2	2	2	5	5	2	5	40	M
Córrego dos Almeidas	2	4	1	1	5	5	2	1	1	3	3	2	2	4	2	38	M
Córrego Grande	2	3	1	1	1	3	1	1	1	5	5	5	5	5	5	44	M
Córrego São Mateus (E)	2	5	1	1	5	5	1	1	1	3	4	1	2	4	2	38	M
Córrego São Mateus (W)	2	1	1	2	1	3	2	2	2	2	1	4	4	1	3	31	MB
Ribeirão Brejaúbas	2	4	3	3	5	2	4	3	4	4	3	1	2	4	2	46	A
Ribeirão da Cata	2	3	2	3	1	3	3	1	2	2	5	1	2	3	2	35	B
Ribeirão da Conceição	2	3	3	3	2	3	4	3	3	2	2	1	1	2	1	35	B
Ribeirão do Carmo	2	5	1	1	5	4	2	1	1	1	5	1	2	2	2	35	B
Ribeirão Pirapitinga	2	3	4	4	1	1	4	4	4	2	2	1	1	2	1	36	B
Ribeirão Santana	2	1	3	3	3	2	4	3	5	1	1	5	5	1	5	44	M
Ribeirão São Pedro	2	3	1	1	2	4	1	1	1	2	3	3	2	2	2	30	MB
Rio do Peixe	4	1	5	5	1	1	5	5	5	1	1	2	2	1	3	42	M
Rio do Salto	2	1	3	3	2	2	4	3	4	4	3	2	2	4	3	42	M
Rio Grão-Mogol (N)	4	5	5	5	3	1	5	5	5	1	2	4	4	2	4	55	MA
Rio Grão-Mogol (S)	2	3	3	3	3	1	4	4	4	4	3	3	3	4	3	47	A
Rio Monte Verde/Santa Bárbara	3	3	5	5	1	1	5	5	5	3	2	2	2	3	3	48	A
Rio Pari	2	3	2	2	4	3	3	3	2	5	3	1	1	4	1	39	M
Rio Rosa Gomes	3	1	4	4	2	3	4	4	5	2	2	2	3	2	3	44	M
Rio São João	2	1	2	2	4	5	2	2	3	5	4	4	4	5	4	49	A
Sem Nome	2	1	1	1	2	5	1	1	1	5	4	5	5	5	5	44	M

Ordem hierárquica. (O), Forma de bacia (Fb), Área da bacia (A), Perímetro da bacia (P), Índice de circularidade (Ic), Fator de forma (Kf), Comprimento do canal principal (L), Comprimento da bacia (Lb), Número total de canais (Ntc), Declividade do canal principal (S), Declividade da bacia (Sb), Densidade de drenagem (Dd), Densidade de rios (Dr), Rugosidade do relevo (Rr), Densidade de confluências (Dc), Suscetibilidade morfométrica (SM): muito alta (MA), alta (A), média (M), baixa (B) e muito baixa (MB).

Os parâmetros que apresentaram a maior somatória foram fator de forma (Kf) e relação de relevo (Rr). A Rr foi maior naquelas bacias que drenam as vertentes serranas (ribeirão São João, sem nome e o córrego Grande) ao sul da bacia, onde se dá o interflúvio com a bacia do rio Preto, do qual o rio do Peixe é afluente, e o córrego Areão (S), ao norte. Esse resultado está de acordo com a conformação morfológica da área, que é composta por colinas e morros convexos a policonvexos, que exibem uma grande variabilidade altimétrica. A ordem (O) apresentou a menor somatória, visto que há um grande número de bacias de quinta ordem e esta ordem recebeu pontuação 2.

A única bacia hidrográfica do *rol* a apresentar uma suscetibilidade muito alta, foi a do rio Grão-Mogol (N), de 7ª ordem, sendo a tributária de maior em área (615,89 km<sup>2</sup>) da bacia do rio do Peixe. Suas bacias tributárias (de 5ª e 6ª ordem) apresentaram suscetibilidades que variaram de média (córrego Areão (S), córrego do Gentio, córrego dos Almeidas e ribeirão Santana) a alta (rio Grão-Mogol (S), córrego Areão (N) e Ribeirão Brejaúbas), sendo que as últimas parecem apresentar um maior controle no comportamento hidrológico da bacia de 7ª ordem, o que explicaria o resultado para o Grão-Mogol (N).

Cinco das bacias avaliadas apresentaram alta suscetibilidade, sendo as do rio Monte Verde/ Santa Bárbara e córrego Areão (N) de 6ª ordem; e as do rio Grão-Mogol (S), ribeirão Brejaúbas e rio São João, de 5ª ordem. Essas bacias apresentam formas diferentes (variando entre retangular, quadrangular e triangular), e tamanhos variados (áreas variam entre 54,57 e 276,18 km<sup>2</sup>). Para esse grupo de bacias, não há um parâmetro morfométrico comum a todas que explique esses resultados. O que se observa é que diversos e distintos parâmetros apresentaram alta ou muito alta susceptibilidade em todos esses casos. Porém, é nítida a influência dos complexos serranos de Ibitipoca (noroeste da bacia) e da Serra Negra (sul da bacia), na configuração morfológica dessas unidades, o que explicaria a alta suscetibilidade.

As bacias hidrográficas que foram enquadradas na média suscetibilidade foram: rio do Peixe (8ª ordem); rio Rosa Gomes (6ª ordem); ribeirão Santana, rio do Salto, rio Pari, córrego São Mateus (E), córrego Grande, córrego do Gentio, córrego Areão (S), córrego dos Almeidas e sem nome (5ª ordem). Tal classe foi a qual se enquadraram a maior quantidade de bacias, com 11 (onze) das avaliadas, sendo que a maior bacia (rio do Peixe) e a menor (sem nome) integram essa classe, o que por consequência, desencadeou a maior variação entre os parâmetros. Tais bacias distribuíram-se desde as cabeceiras do rio do Peixe e afluentes até as tributárias próximas ao exutório.

Parte da explicação para esse grande número de casos de média suscetibilidade decorre do tratamento estatístico dos dados. Ao se realizar a classificação por quebra natural

é de se esperar que um maior número de casos se insira na classe intermediária. Além disso, geomorfologicamente, a bacia do rio do Peixe é, de fato, influenciada por todos os seus tributários. Dessa forma, nada mais lógico do que, em termos comparativos, ela se enquadrar na classe mediana.

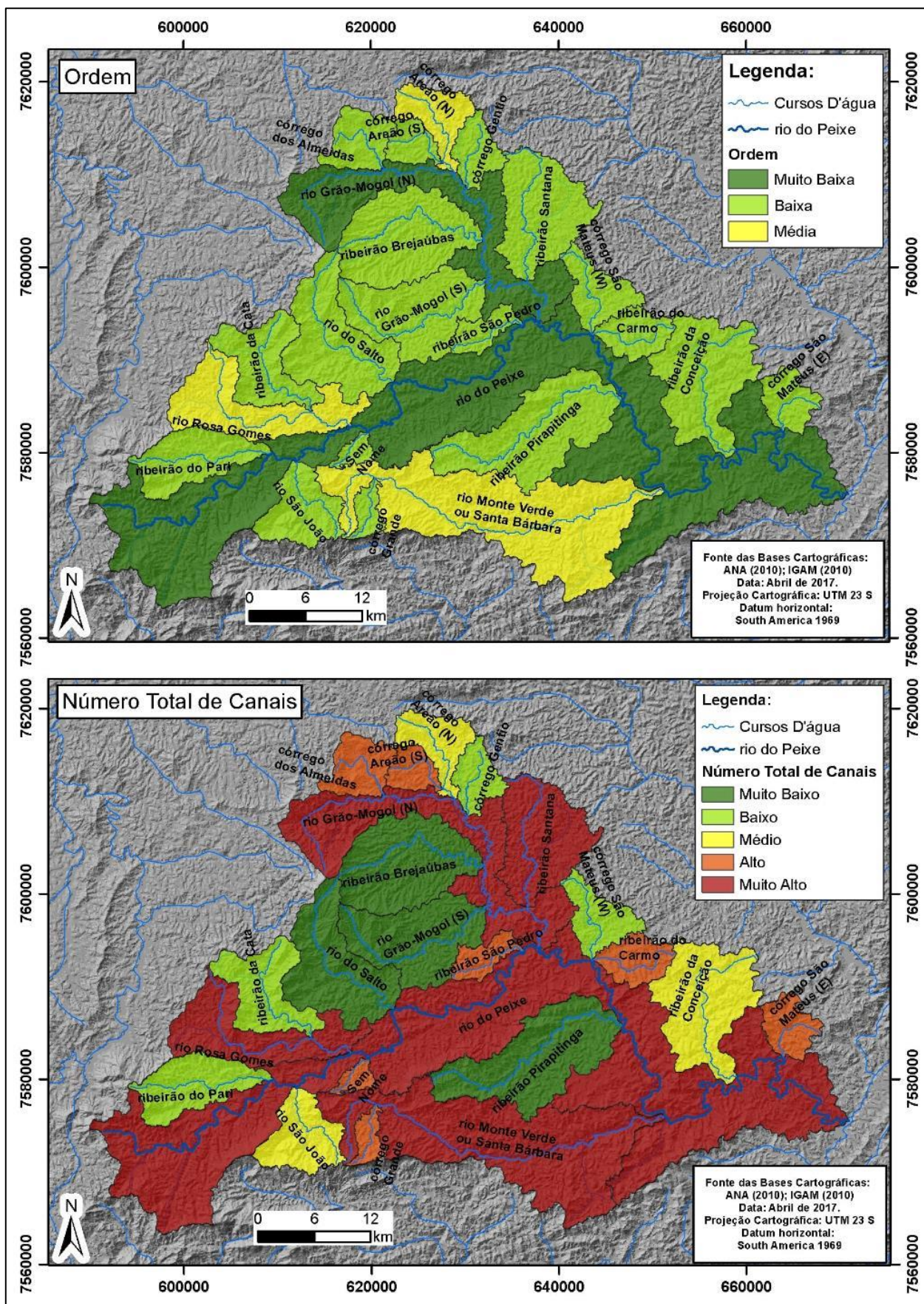
As bacias hidrográficas de baixa suscetibilidade foram quatro, sendo elas as de 5ª ordem (ribeirão da Conceição, ribeirão Pirapetinga, ribeirão do Carmo e ribeirão da Cata). Com exceção do ribeirão da Cata, as demais situam-se no baixo curso, com morfologias mais suavizadas e áreas de drenagem que variaram entre 32,63 e 133,47 km<sup>2</sup>. Duas bacias daquelas avaliadas apresentaram uma suscetibilidade muito baixa (córrego São Mateus (W) e ribeirão São Pedro) ambas de 5ª ordem. A primeira com uma forma da bacia triangular e a segunda retangular tendo áreas variando entre os 21,25 e 40,56 km<sup>2</sup>, sendo aquelas que menos contribuem para as inundações no rio do Peixe. Um fator importante na compreensão das baixas suscetibilidades é o menor tamanho e hierarquia dessas bacias. Isso promove uma melhor distribuição das águas, com maior energia dos processos fluviais.

Dentre os parâmetros morfométricos, os mais representativos na análise da possibilidade da ocorrência de inundação em bacias hidrográficas seriam a forma da bacia (Fb), o índice de circularidade (Ic) e o fator de forma (Kf). Restringindo-se a leitura integrada a esses três parâmetros, ter-se-iam respostas bastante próximas à combinação das quinze variáveis para diversas bacias. Alguns casos, no entanto, possuem parâmetros específicos que as controlam, como, por exemplo, a bacia do rio Monte Verde/Santa Bárbara, que foi classificada com alta susceptibilidade a inundação, porém possui Kf e Ic muito baixos. Nesse caso, são parâmetros relacionados ao tamanho da bacia que definem sua alta suscetibilidade (A, P, L, Lb, Ntc). Demonstra-se, assim, a importância de uma análise multivariada, haja vista a grande diversidade de atributos geomorfométricos que condicionam e controlam os processos de inundação.

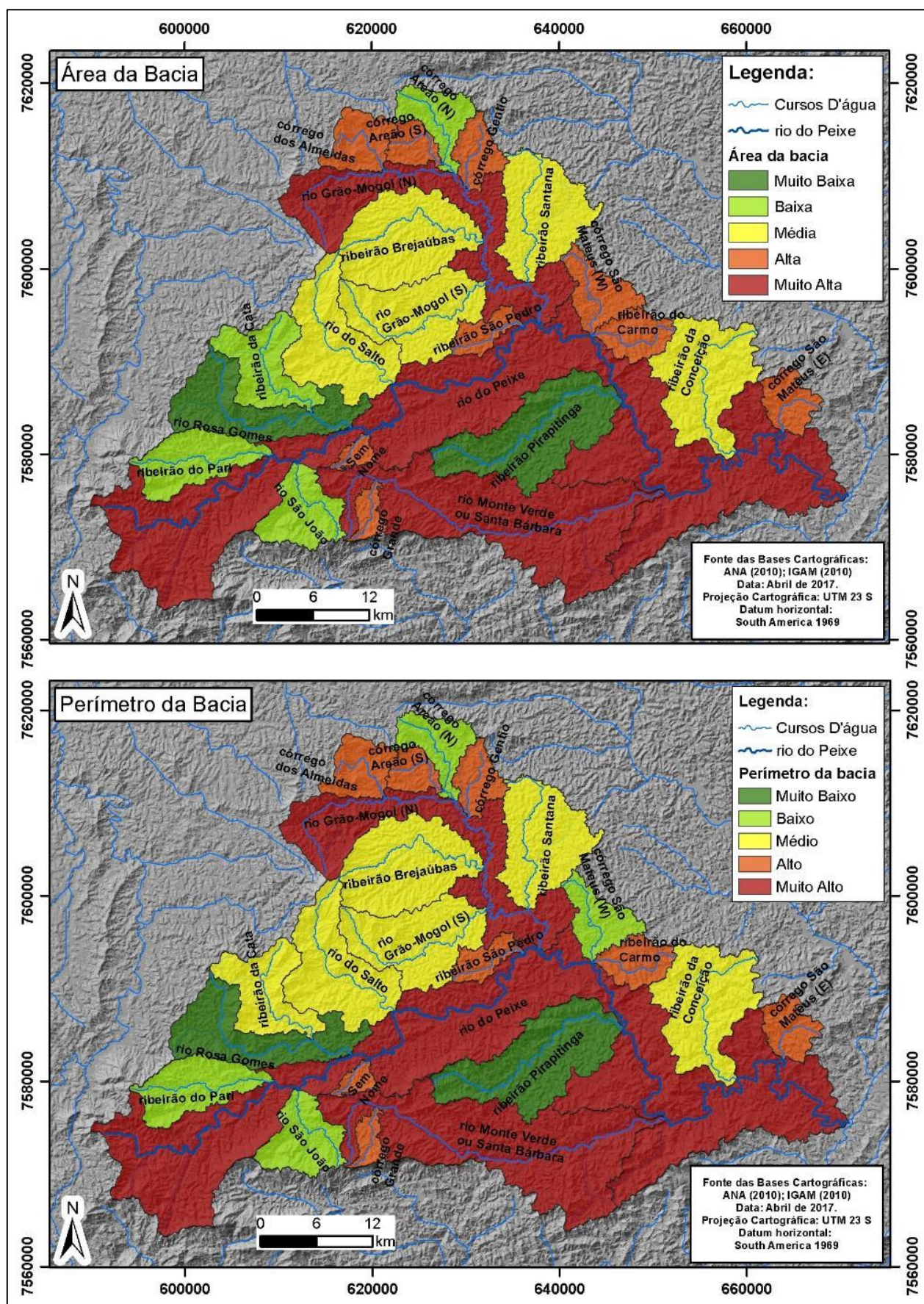
Por fim, ressalta-se que o rio do Peixe foi enquadrado na classe de média susceptibilidade e possui afluentes que variam de uma classificação muito baixa a muito alta. Uma especificidade encontrada, é que as bacias classificadas com as maiores susceptibilidades estão localizadas nas zonas onde o relevo é mais recortado e com maior altitude. Entende-se que as bacias que mais contribuem para as inundações no rio do Peixe são a do rio Grão-Mogol (N) e seus afluentes. Isso pode ser corroborado ao se avaliar a morfologia do vale a jusante da confluência entre essas bacias, onde são observadas planícies de inundação mais pronunciadas. Dessa maneira, é essencial se pensar a gestão da bacia do rio Grão-Mogol levando em conta essa especificidade.



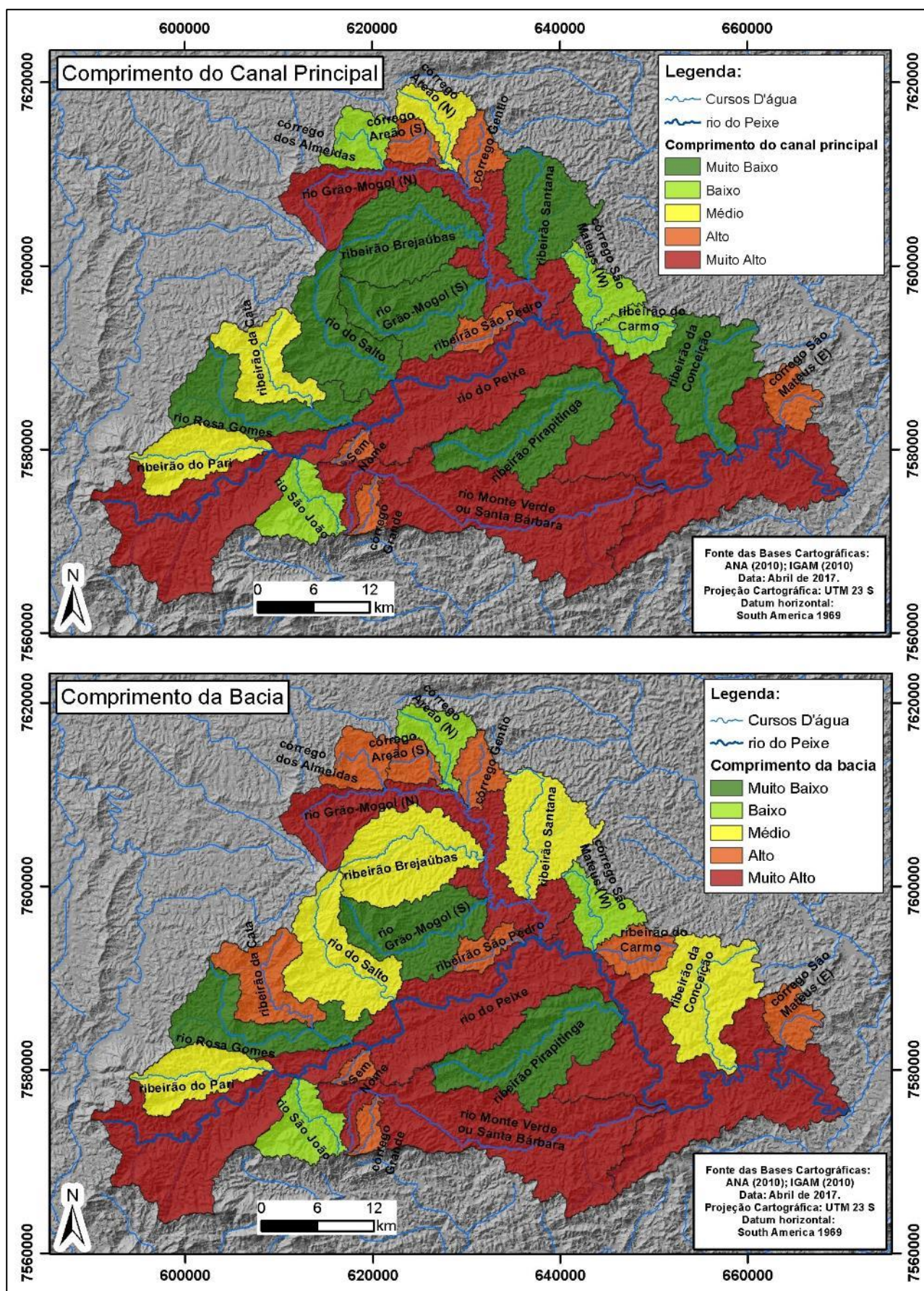
As Figuras 4, 5, 3, 7, 8, 9 e 10 representam a espacialização das variáveis analisadas (ordem, número total de canais, área da bacia, perímetro da bacia, comprimento do canal principal, comprimento da bacia, forma da bacia, fator de forma, índice de circularidade, declividade do canal, declividade da bacia, densidade de rios, densidade de drenagem, relação e relevo e densidade de confluências) que foram empregadas na elaboração da suscetibilidade morfométrica a inundações. É possível ser notada uma diferenciação nas classes aos quais se adequam os parâmetros em cada uma das bacias hidrográficas.



**Figura 4 - Ordem e número total de canais nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe. Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 5** - Área e perímetro nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe. **Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 6** - Comprimento do canal principal e da bacia nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

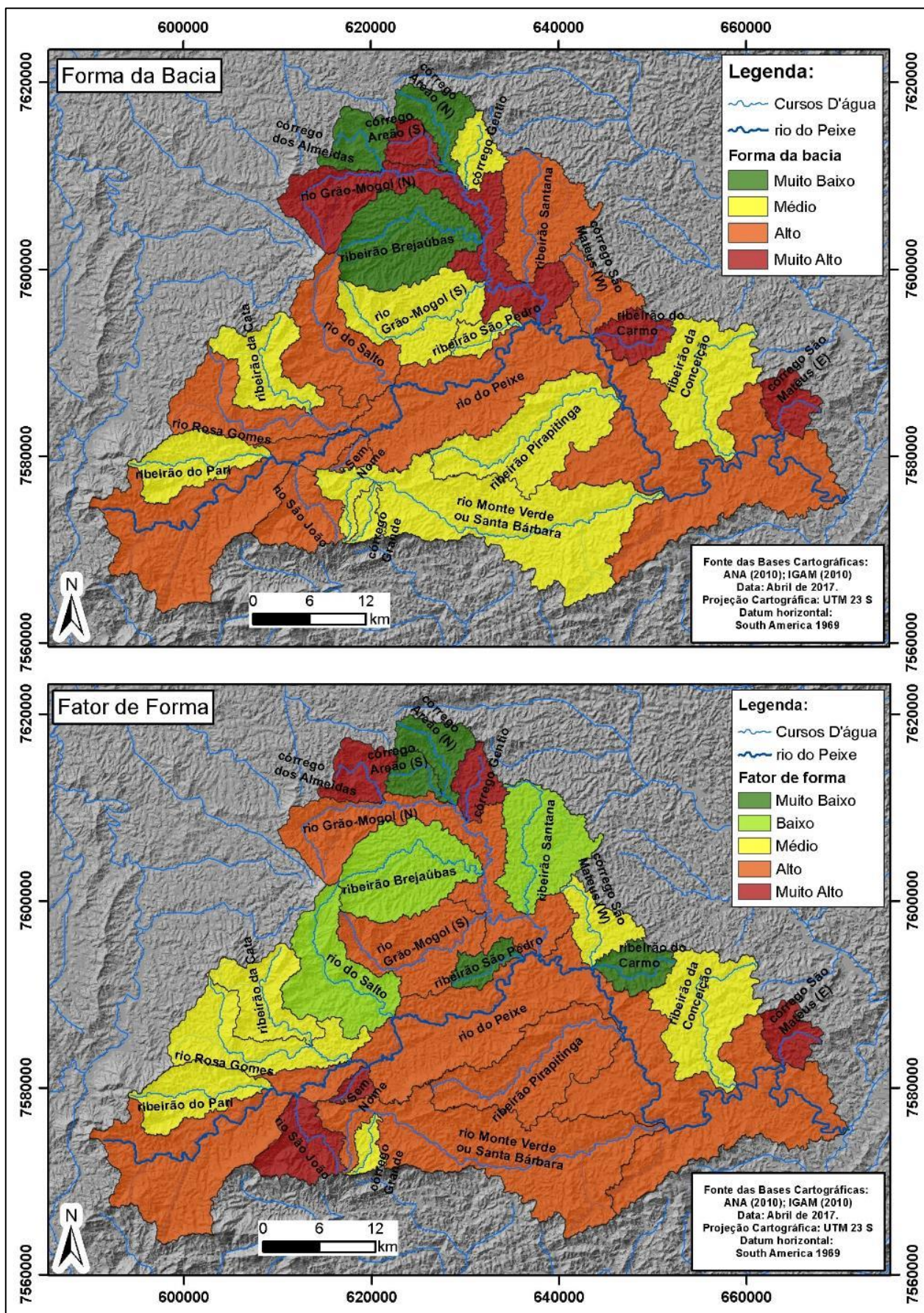
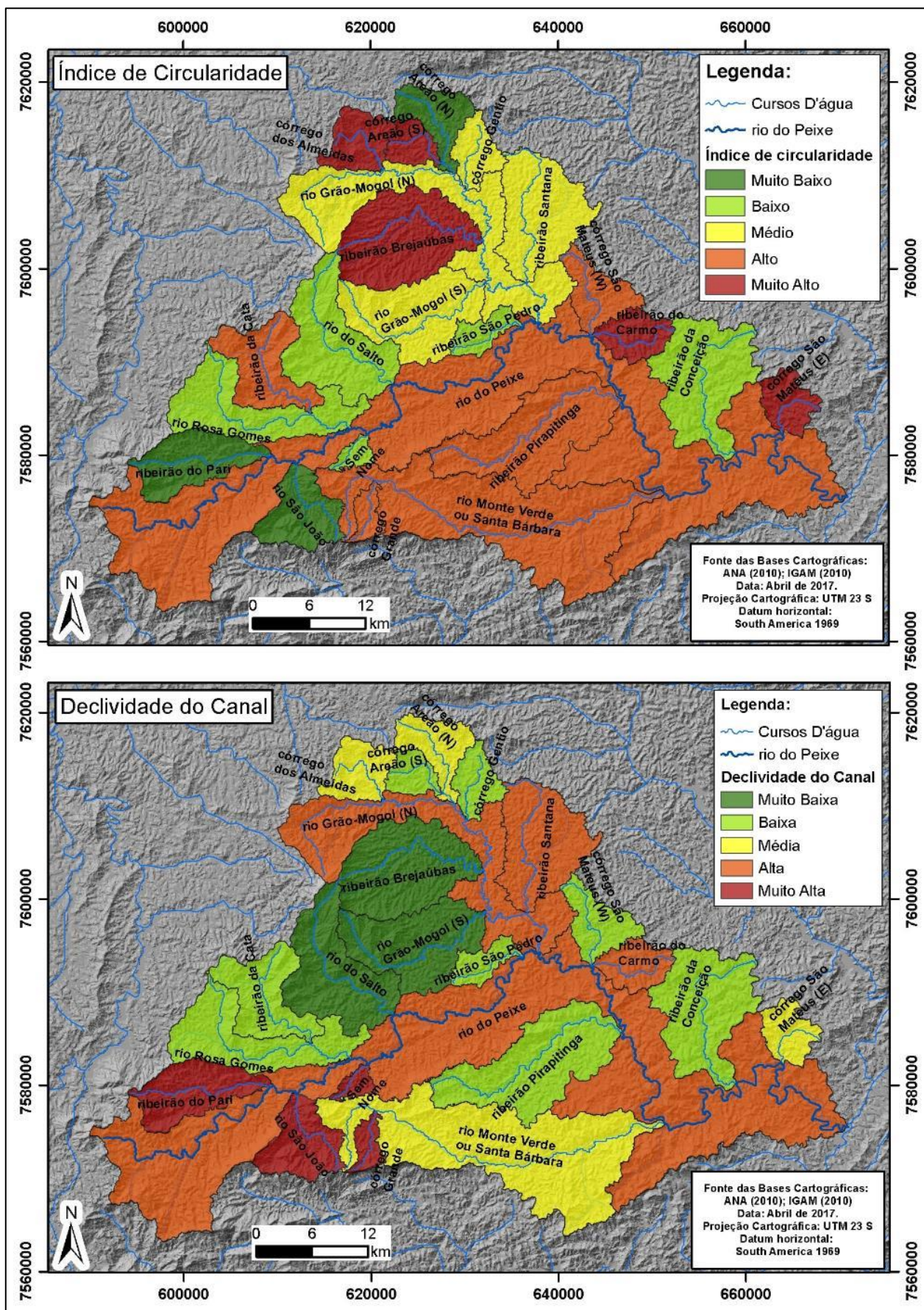
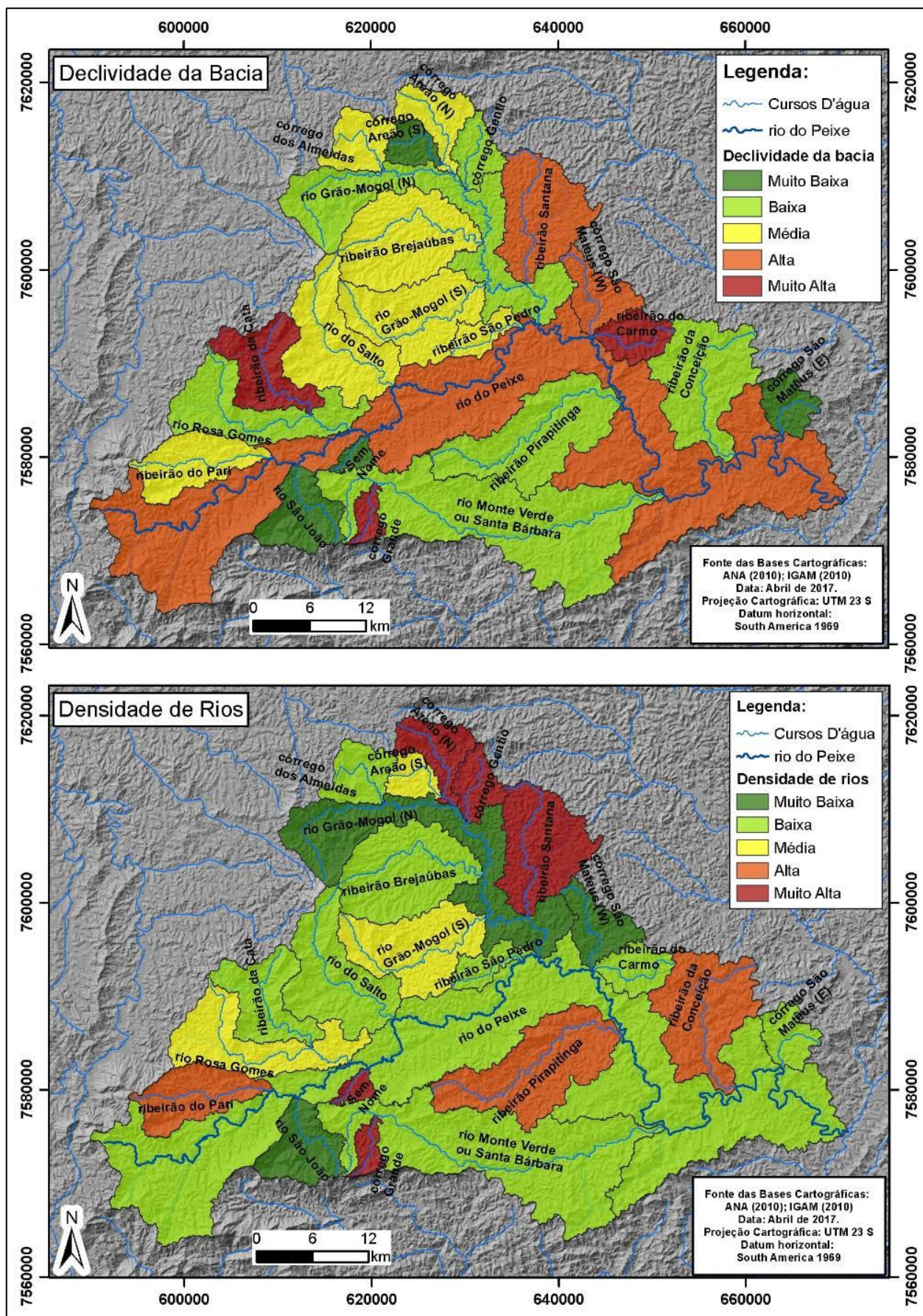


Figura 7 - Forma da bacia e fator de forma nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

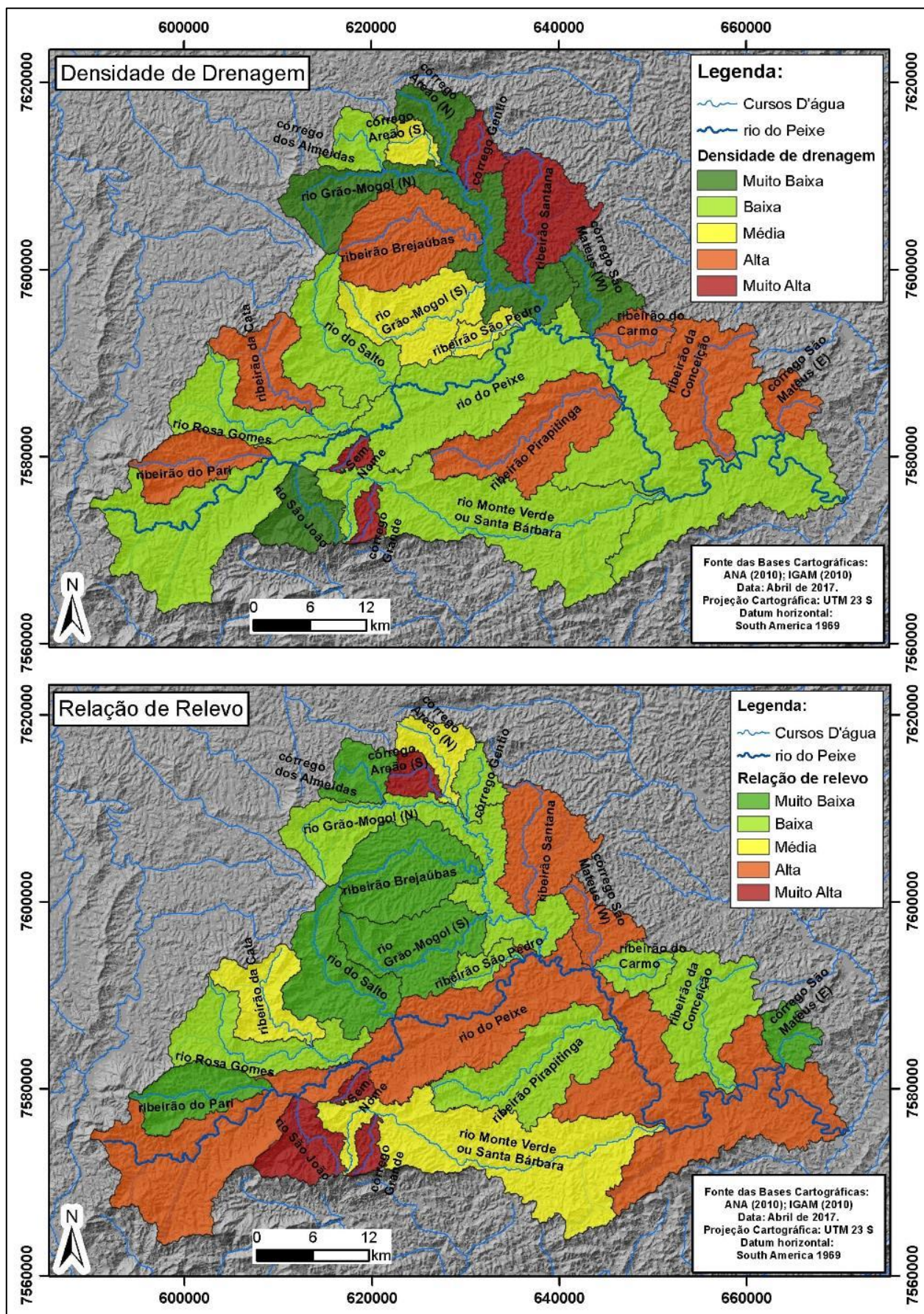


**Figura 8 - Índice de circularidade e declividade do canal nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe. Fonte:** Elaborado pelos autores.



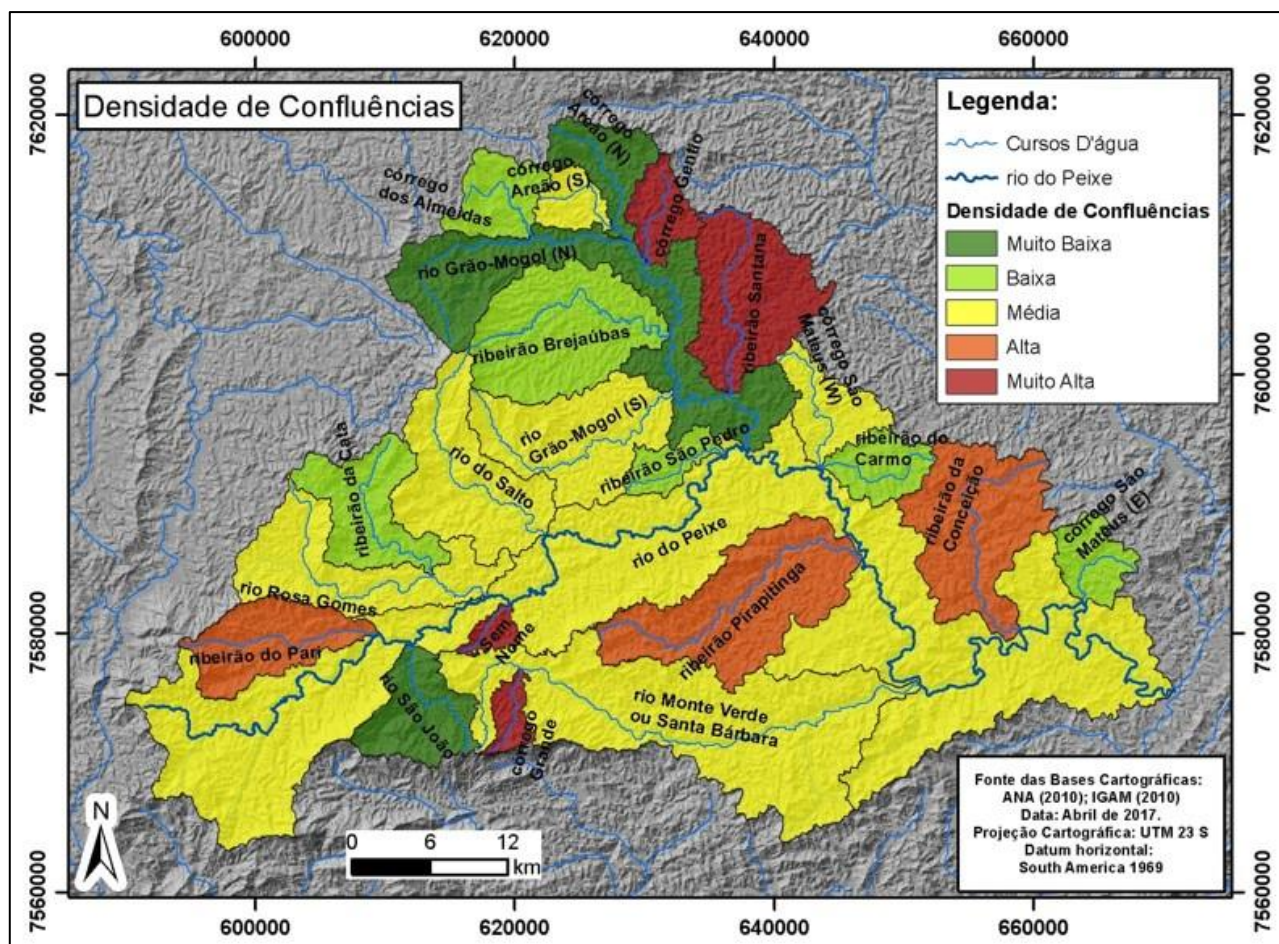
**Figura 9** - Declividade da bacia e densidade de rios nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.



**Figura 10** - Densidade de drenagem e relação de relevo nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe.  
**Fonte:** Elaborado pelos autores.





**Figura 11** - Densidade de confluências nas bacias hidrográficas tributárias do Rio do Peixe.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Isto posto, percebe-se que a configuração morfométrica das bacias hidrográficas, concebida a partir de uma análise multiescalar, deve ser levada em consideração na gestão dos recursos hídricos, no planejamento ambiental, nas leis que pretendem tornar restrito o uso do solo e nos planos de controle de inundação. Ross (2009) aponta que o planejamento do território deve ser feito a partir da análise integrada da paisagem, levando em conta as potencialidades e as fragilidades dos sistemas ambientais. Neste sentido, o presente trabalho vem agregar mais informações técnicas acerca da configuração geomorfológica da paisagem, para que assim possa-se ordenar o território de maneira mais eficiente, justa e democrática.

## 5. Consideração finais

Interpretando os parâmetros morfométricos especializados individualmente e comparando com a síntese multivariada da metodologia proposta, reconhece-se que os parâmetros que melhor traduziram os resultados de modo sintético foram a Forma da Bacia,

o Índice de Circularidade e o Fator de Forma. Geomorfologicamente, esses são indicadores tradicionalmente utilizados para averiguação da capacidade de uma bacia reter/distribuir água, relacionados indiretamente, a extensão e inclinação das vertentes, o que promove geometrias mais ou menos alongadas à drenagem. Concomitantemente, o tamanho e a hierarquia das bacias também são cruciais em seu enquadramento nas classes de suscetibilidade, uma vez que tais características estão intrinsecamente relacionadas a diversos parâmetros morfométricos, tanto geomorfológica quanto estatisticamente.

Dentro da bacia hidrográfica do rio do Peixe, a bacia do rio Grão-Mogol (N) foi a que apresentou a maior suscetibilidade morfométrica a inundações, demandando olhares mais atentos por parte dos gestores públicos. Essa unidade apresentou resposta alta e muito alta para diversos parâmetros avaliados. Não obstante, estudos mais aprofundados esbarram na carência de uma rede estruturada de monitoramento fluviométrico na bacia do rio do Peixe, o que dificulta a ampliação das discussões da suscetibilidade morfométrica. Porém, esse permanece como um campo de investigação possível para futuras pesquisas.

Por fim, ressalta-se não ser prudente utilizar poucos parâmetros morfométricos para interpretar a probabilidade ou a possibilidade de uma bacia hidrográfica registrar eventos de inundação, mas sim, valer-se de uma metodologia que seja capaz de agregar o maior número de variáveis, sejam elas de caráter quantitativo e/ou qualitativo. Nesse quadro, a utilização da metodologia de avaliação da suscetibilidade morfométrica em uma perspectiva multiescalar é uma ferramenta mais adequada, passível de ser empregada no planejamento ambiental e dos recursos hídricos. Esse esforço possibilita uma avaliação do comportamento hidrogeomorfológico de bacias de drenagem a um baixo custo e com grande capacidade de geração de respostas pragmáticas, contribuindo para a alocação de recursos em locais mais sensíveis.

## Referências

AB'SABER, A. N. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: Müller-PLANTENBERG, C.; AB'SABER, A. N. (Org.). **Previsão de Impactos: o estudo de impacto ambiental no leste, oeste e sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha.** São Paulo: Edusp, 1994. p. 27-49.

\_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil.** 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.

ALMEIDA, L. Q. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia (a science of the risks and vulnerabilities to geography). **Revista Mercator**, v. 10, n. 23, p. 83 a 99, 2011.

ALMEIDA, L. Q.; CARVALHO, P. F. Riscos naturais e sítio urbano: inundações na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n. 2, 2010.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. Inundação e enchentes. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 40-53.

ARAÚJO, J. P. C. **Utilização de métodos e critérios para determinação de rio principal em bacias hidrográficas**. 2009. 170 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Mapa geológico do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 1 base cartográfica. Escala: 1:1.000.000.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Base ottocodificada de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2010. 1 base cartográfica. Escala: 1:50.000.

CHARLTON, R. **Fundamentals of fluvial geomorphology**. Abingdon; New York: Routledge, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 9, n. 18, p. 35-64, dez. 1969.

\_\_\_\_\_. Análise hipsométrica de bacias de drenagem. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 10, n. 19, p.68-76, jun. 1970.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, mar. 1945.

HUGGETT, R. J. **Fundamentals of geomorphology**. 2. ed. Abingdon: Routledge; New York: Routledge, 2007.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms and processes**. Londres: Edward Arnold. 1984.

LATRUBESSE, E. M. A Latin America perspective on geomorphologic hazards and related disasters. In: LATRUBESSE, E. M. (Ed.). **Natural Hazards and Human-Exacerbated Disasters in Latin America**. Amsterdã: Elsevier, 2010. p. 445-448.

MARAFUZ, I.; ADELINO, R.; GOMES, A. A. T. Perigosidade a cheias no rio Uíma (Santa Maria da Feira, Portugal): ensaio metodológico de suporte à implementação da diretiva

2007/60/CE. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 539-549, out./dez. 2014.

MENEZES, J.P.C. *et al.* Morfometria e evolução do uso do solo e da vazão de máxima em uma microbacia urbana. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 659-672, out./dez. 2014.

REIS, T. E. **Monitoramento da área em torno da UHE de Picada, utilizando o geoprocessamento**. 2013. 46f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

RIGHI, E.; ROBAINA, L. E. S. Risco à Inundação no Médio Curso do Rio Uruguai: estudo de caso do município de São Borja – RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 13, n. 3, p.279-286, Jul./Set. 2012.

ROCHA, G. C. **Riscos ambientais: análise e mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2005.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SILVA, V. D.; FORTES, E.; CORRADINI, F. A. Análise de processos sedimentológicos na bacia do ribeirão Santa Bárbara – MS, como metodologia para identificação, caracterização e mapeamento de unidades geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 2, p.388-402, [jan./fev.], 2014.

SOUZA, C. R. G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, a. 6, n. 1, p. 45-61, sem. 2005.

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

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

SUMMERFIELD, M. A. **Global geomorphology: an introduction to the study of landforms**. Harlow: Longman; New York: Wiley, 1991.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. (Org.), **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 45-129.

YADAV, K. P. **Application of morphometry in geomorphology**. New Delhi: Radha Publications, 2008.

Recebido em: 26/01/2017

Aceito em: 14/04/2017