

## CARACTERIZAÇÃO FÍSIOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IJUÍ

*Ewerthon Cezar Schiavo Bernardi<sup>1</sup>; André Gonçalves Panziera<sup>2</sup>; João Francisco Piovezan Ramos<sup>2</sup>; Alexandre Swarowsky<sup>2</sup>; Galileo Adeli Buriol<sup>3</sup>*

**Resumo** – As bacias hidrográficas podem ser utilizadas para prever cenários de impactos ambientais causados pela ação antrópica, pois esta obtém todos os requisitos necessários para sua representação. Objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização física da bacia hidrográfica do rio Ijuí, com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas e dados cartográficos da região. Por meio de dados da rede de drenagem e da delimitação dessa bacia, calculou-se a relação de bifurcação, índice de compacidade e de circularidade, fator de forma, o índice de sinuosidade e a densidade de drenagem no softer ArcGis 10. Coletou-se 6 imagens *SRTM* para contemplar a área de estudo, realizando a mosaicagem desta, com reamostragem para 30 metros. Gerou-se o mapa de classes de declividades de bacia do rio Ijuí, onde permitiu-se concluir que área possui pouca propensão a enchentes e inundações. O relevo foi caracterizado como plano suave até ondulado, e o índice de sinuosidade do rio Ijuí do enquadrado na classe V o que demonstra intensa sinuosidade.

**Palavras-chave** – Recursos hídricos. Bacia hidrográfica do rio Ijuí. Hidrologia.

## PHYSIOGRAFIC CHARACTERIZATION OF WATERSHED OF RIVER IJUÍ

**Abstract** - The watersheds can be used to predict scenarios of environmental impacts caused by human action, because it has all the necessary requirements for its representation. The objective of this study was do the characterization the physical river basin Ijuí with the use of Geographic Information Systems and mapping data of the region. Through data of the drainage network and the delimitation of this basin, we calculated the ratio of bifurcation index compactness and roundness, form factor, the index of sinuosity and drainage density in softer ArcGIS 10. Was collected 6 *SRTM* images to contemplate the study area, doing the mosaic of it with resampling to 30 meters. Was generated map of slope classes of river basin Ijuí, that allowed to conclude that the area has little propensity to floods and flooding. The relief was characterized as flat to gentle rolling, and the index of sinuosity of the river Ijuí framed in class V which shows intense sinuosity.

**Keywords** – Water resources. Ijuí river watershed. Hydrology.

## INTRODUÇÃO

O crescimento populacional juntamente com a ocupação irregular em alguns pontos de bacias hidrográfica, vem provocando diversos impactos aos processos naturais. Cada vez mais é possível observar ações de manejo, especialmente nos recursos hídricos, como modificações de tributários e desestruturaração de contenções naturais (PÉRICO *et al.* 2011). Como consequência, esse impacto

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. Bolsista PROBIC/FAPERGS: bernardi.ecs@hotmail.com.

<sup>2</sup>Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano: andrepanziera@hotmail.com; xicopioezan@gmail.com; alexandre@unifra.br;

<sup>3</sup>Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. Orientador: galileo@unifra.br.

pode se alastrar para os centros urbanos, trazendo consigo problemas de inundações, desmoronamentos e surtos de patogenias, conforme o que é constantemente visualizado nas vias de comunicação.

O estudo fisiográfico da bacia hidrográfica pode se desenvolver como uma alternativa de monitorar os diferentes problemas com os recursos naturais. A bacia hidrográfica pode ser definida como a área na qual ocorre a captação de água para um rio principal e seus afluentes, devido às suas características geográficas e topográficas, cujo papel é distribuir ao longo do tempo e da sua área o volume recebido e concentrado por precipitação (RIGHES *et al.*, 2009; BRAGA *et al.*, 2005). Por meio da observação da bacia hidrográfica, como o comportamento dos diferentes processos do ciclo hidrológico, e com base no registro das variáveis envolvidas, torna-se possível entender melhor seus fenômenos e procurar representá-los matematicamente (OLIVEIRA *et al.* 2010; TUCCI, 1993).

Assim, com o uso integrado de ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e informações de relevo, torna-se mais simples e rápida a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, além de fornecer resultados mais precisos. Para Arai *et al.* (2012), a obtenção de dados das características da bacia contribuem para o planejamento de infraestrutura, pois dessa forma sabe-se qual a dinâmica hídrica do meio em questão, como a intensidade de escoamento da água e dimensões da área de estudo. Ainda, por possuir algumas peculiaridades, a bacia hidrográfica permite a mescla de informações de clima, solo, água e relevo, o que pode torná-la uma unidade descentralizada de conservação e proteção ambiental.

Nesse contexto e levando em consideração a problemática dos recursos hídricos, a necessidade de gestão dos mesmos e o papel da bacia hidrográfica para a melhor qualidade de vida, o objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização física da bacia hidrográfica do rio Ijuí, com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas e dados cartográficos da região.

## MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Ijuí situa-se na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul entre as coordenadas geográficas 28° 00' a 29° 05' de latitude Sul e 53° 11' a 55° 21' de longitude Oeste, abrangendo uma área de aproximadamente 10.703,78 km<sup>2</sup> e envolvendo total ou parcialmente trinta e oito municípios (RIO GRANDE DO SUL, 2008).

Os dados vetoriais referentes a drenagem da bacia, bem como a delimitação da mesma, foram adquiridos por meio da biblioteca eletrônica da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler) e da página eletrônica da SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente). Para obtenção dos comprimentos dos cursos hídricos e ordenação dos mesmos, foi utilizado o *software* ArcGIS 10. A classificação dos cursos hídricos levou em consideração a hierarquia fluvial proposta pela metodologia de Strahler (1957).

A análise linear da rede de drenagem confere às medidas dos cursos hídricos. Para tal, foram analisados os índices referentes ao número total de canais (Nt), número de canais por ordem (Nu), comprimento total e médio dos canais por ordem (Lu e Lmu, respectivamente), comprimento total da rede de drenagem (Lt) e relação de bifurcação (Rb), proposta por Horton (1945), descrita pela Equação 1.

$$Rb = \frac{Nu}{Nu+1} \quad (1)$$

A segunda etapa do estudo consistiu no cálculos de índices como área e perímetro da bacia, índices de compactidade de Gravelius ( $Kc$ ), de circularidade ( $Ic$ ) e de sinuosidade ( $Is$ ), fator de forma ( $Kf$ ) e densidade de drenagem ( $Dd$ )

O índice de compactidade ou índice de Gravelius (Equação 2) é uma relação entre o perímetro ( $P$ ) da bacia com o perímetro de um círculo de mesma área ( $A$ ), sendo que o valor igual a unidade indica uma bacia compacta, apresentando maiores chances de inundações. Quanto maior for o valor, mais alongada será a bacia e, conseqüentemente, com menores possibilidades de escoamentos rápidos.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

O índice de circularidade, definido pela equação 3 proposta por Miller (1953), também representa uma bacia circular quando o valor é igual a unidade, e caracteriza uma bacia alongada ao passo que o valor decresce. O valor desse índice se aproxima da unidade a medida que a bacia hidrográfica assume um formato circular (CARDOSO *et al.*, 2006).

$$Ic = \frac{4\pi A}{P^2} \quad (3)$$

A equação 4 refere-se ao fator de forma, onde a variável “L” representa o valor do comprimento axial do rio, que consiste na distância do exutório até a cabeceira mais distante. Quanto menor for o valor de  $Kf$ , menores serão as chances de enchentes (VILLELA E MATTOS, 1975)

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (4)$$

Adaptado de Mansikkaniemi (1970) e citado por Christofolletti (1981), o índice de sinuosidade (Equação 5) consiste na relação entre a distância do rio do rio principal em linha reta ( $Lr$ ), ou seja, de sua foz até a nascente mais distante, e o comprimento real do rio ( $L$ ), considerando as curvas do mesmo. Foram estabelecidas cinco classes de sinuosidade por Mansikkaniemi (1970), sendo elas: I – Muito Reto (<20%), II – Reto (20,0 – 29,9%), III – Divagante (30,0 – 39,9%), IV – Sinuoso (40,0 – 49,9%) e V – Muito Sinuoso ( $\geq 50\%$ ).

$$Is = \frac{100(L-Lr)}{L} \quad (5)$$

Finalmente, a densidade de drenagem é uma relação entre o somatório dos comprimentos os cursos hídricos e a área da bacia hidrográfica, apresentada pela Equação 6 (HORTON, 1945).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (6)$$

Em relação ao mapa de classes de declividade foi criado banco de dados onde foram elaborados *layers* a partir de imagens do sensor *SRTM* com resolução espacial de 90 metros, provenientes da página eletrônica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no seu diretório de monitoramento por satélite <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>>. Foram necessárias seis imagens para cobrir a área da bacia hidrográfica do rio Ijuí, sendo elas: SG-21-Z-D; SG-22-Y-C; SH-21-X-B; SH-21-X-D; SH-22-V-A; SH-22-V-C.

A partir do mosaico *SRTM* foi gerado o plano de informação contendo dados de declividade da bacia hidrográfica do rio Ijuí. Sendo que para elaboração do tal utilizou-se o mosaico *SRTM* com resolução de 30 metros. Primeiramente foi gerada uma categoria temática para a qual se atribuíram as seguintes classes: 0 – 3% (várzea); 3 – 6% (plano suave a ondulado); 6 – 12% (suave ondulado a ondulado); 12 – 20% (ondulado a ondulado forte); 20 – 40% (forte ondulado a montanhoso) e >40% (montanhoso), de acordo com De Biase (1993).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a base de dados utilizada nesse trabalho, o valor de área encontrado por meio da análise espacial (10747,11 km<sup>2</sup>) diferencia em menos de 1% em relação ao valor divulgado pelo Departamento de Recursos Hídricos da SEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2008).

A bacia hidrográfica do rio Ijuí é de 4<sup>a</sup> ordem e compreende 172 cursos hídricos, sendo 132 canais de 1<sup>a</sup> ordem, 33 de 2<sup>a</sup>, 6 de 3<sup>a</sup> e 1 canal de 4<sup>a</sup> ordem, os quais, quando somados, perfazem cerca de 2250,85 Km de comprimento. Além desses dados, a Tabela 1 apresenta o comprimento médio dos cursos hídricos e a relação de bifurcação. Conforme Machado e Souza (2005), a Rb varia normalmente entre 3,0 e 5,0, sendo que valores mais altos podem sugerir substratos menos impermeáveis, em contrapartida valores menores podem indicar menor escoamento superficial devido a maior impermeabilização de água no substrato do solo.

Tabela 1. Classificação, número de canais por ordem, comprimento total e médio e relação de bifurcação da bacia hidrográfica do rio Ijuí.

Ordem dos canais	Número de canais por ordem - Nu (km)	Comprimento total - Lu (km)	Comprimento médio - Lmi (km)	Relação de bifurcação - Rb
1 <sup>a</sup> ordem	132	1331,74	10,09	4
2 <sup>a</sup> ordem	33	481,12	14,58	5,5
3 <sup>a</sup> ordem	6	313,65	52,28	6
4 <sup>a</sup> ordem	1	424,34	424,34	-
Total	172	2550,85	-	-

A Tabela 2 traz os resultados encontrados para cada índice, sendo que os mesmo tem validade apenas quando comparados aos índices de outras bacia hidrográficas de mesma área, por exemplo, o índice de compacidade encontrado foi de 1,73 e indica uma bacia alongada quando comparado a uma bacia de mesma dimensão superficial porém com valor de Kc mais próximo de 1. Villela e Mattos (1975) consideram uma bacia com 177,25 km<sup>2</sup> de área e 70 km de perímetro, em que o índice de compacidade é de 1,47 e, portanto, indica uma área pouco suscetível a enchentes.

O índice de circularidade e o fator de forma resultaram em 0,33 e 0,24, respectivamente, o que corrobora o kc, inferindo numa bacia hidrográfica pouco sujeita a enchentes, uma vez que uma baixo valor de kf infere numa bacia com menor tendência a enchentes se comparada a um bacia de mesmo tamanho com um fator de forma maior, e também pelo fato do Ic distanciar bastante da unidade, pode-se afirmar que a bacia não possui um formato circular, mas sim alongado.

Levando em conta as classes de sinuosidade pro propostas por Mansikkaniemi (1970), o rio Ijuí é considerado muito sinuoso (Classe V), haja vista que o índice de sinuosidade é maior que 50%. O fato do rio principal possuir grande sinuosidade acarreta no aumento do tempo de concentração da bacia em questão, uma vez será necessário um maior espaço de tempo parar que toda a precipitação que cai sobre a área de drenagem contribuía para a vazão no extutório.

A densidade de drenagem pode ser uma boa indicação do desenvolvimento do sistema de drenagem, sendo que a bacia hidrográfica do rio Ijuí possui um valor muito abaixo do considera baixo (0,5 km/km) por Villela e Mattos (1975). Entretanto, o valor obtido para Dd pode ter sido consequência do baixo detalhamento das informações referentes a rede de drenagem, dado que muitos cursos hídricos não são representados e, por conta disso, seus respectivos comprimento não são somados.

Tabela 2. Características físicas da bacia hidrográfica do rio Ijuí.

Índice	Unidade	Valor
Perímetro	km	641,02
Área	km <sup>2</sup>	10747,11
Compacidade (Kc)	-	1,73
Circularidade (Ic)	-	0,33
Fator de forma (Kf)	-	0,24
Sinuosidade (Is)	%	58,14
Densidade de drenagem (Dd)	km/km <sup>2</sup>	0,24

Com base nos dados do sensor *SRTM*, constata-se que a bacia hidrográfica possui elevação mínima de 70 m, e máxima de 605 m. Em relação à análise quantitativa de medidas de classes do mapa de declividade da região hidrográfica (Figura 1), é possível verificar que 173.986,6 ha (16,18%) da área total se encontra em declividades entre 0 a 3%, principalmente na região oeste, nas proximidades do exutório da bacia e em sua porção sul. Cerca de 332.363,0 (30,91%) ha da região ocupam a classe de declividade entre 3 a 6%, sendo que é possível identificar essas zonas ao longo de toda bacia hidrográfica. A área que está contida na classe de declividade de 6 a 12% perfaz 449.036,0 ha (41,77%) e é identificada em toda a bacia, com mais intensidade na porção central e leste. Já as áreas com declividade entre 12 e 20% somam 102,336,8 ha (9,52%) e são encontradas

na região central, leste e nas proximidades do exutório da bacia hidrográfica. As outras duas classes que envolvem declividade de 20 a 40% e maiores que 40% são pouco representativas dentro da bacia hidrográfica do rio Ijuí, perfazendo 169,0 ha e 383,58 ha respectivamente. Essas áreas das duas últimas classes quando somadas equivalem a 1,61% da área total da bacia hidrográfica.

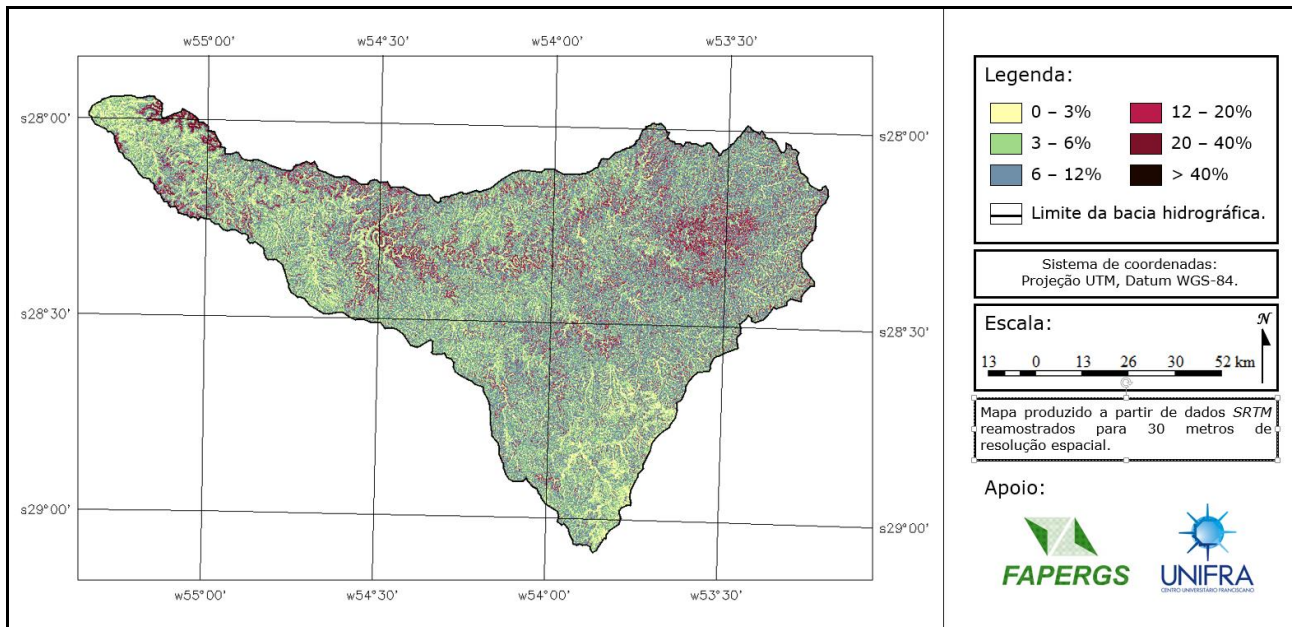


Figura 1. Mapa de classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Ijuí (De BIASE, 1993).

De acordo com os dados de declividade e levando em conta as classes de De Biase (1993), a bacia hidrográfica do rio Ijuí tem maior parte do relevo caracterizado como plano suave até ondulado, passando por suave ondulado, o que compreende áreas que não geram um escoamento superficial rápido, mas sim possibilitam uma melhor infiltração de água no solo e também o acúmulo de água nos casos de várzeas, as quais também são representativas na bacia hidrográfica em estudo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores índices calculados apontam uma bacia hidrográfica com pouca propensão a enchentes e inundações, sendo que bacias com o formato retangular ou triangular são menos susceptíveis a enchentes que as circulares, ovais ou quadradas, que têm maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal (ROCHA, 1997).

Em geral os resultados se apresentaram satisfatórios. Os dados do sensor *SRTM* se encontram em escala adequada para a área estudada, da mesma forma que a delimitação da bacia hidrográfica do rio Ijuí. Entretanto, o uso dos dados referente à rede de drenagem, obtidos na página eletrônica da FEPAM, para cálculo da soma dos comprimentos dos cursos d'água não se mostrou suficiente, tendo em vista que os mesmos se encontram numa escala muito pequena e, conseqüentemente, apresentam pouco detalhamento da rede hidrográfica, podendo gerar um erro nos cálculos, como ocorreu no caso da densidade de drenagem, onde se obteve um valor menor no que o mínimo descrito na bibliografia.

Assim, se faz necessária a utilização de outra base de dados para desenvolvimento de estudos envolvendo a rede de drenagem, sendo por cartas topográficas, vetorização de imagens espaciais de alta resolução ou aerofotografias e levantamentos topográficos com estação total ou *GPS* em bacias hidrográficas de pequeno porte.

## REFERÊNCIAS

ARAI, F. K. *et al.* (2012). Caracterização hidromorfométrica da bacia do Dourados localizada no centro-sul do Mato Grosso do Sul. *Revista Agrarian*. v.5, n.17, pp. 270-280.

BRAGA, B. *et al.* (2005). *Introdução à Engenharia Ambiental*. Ed. Pearson Prentice Hall, São Paulo-SP, 318p.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.P.B. & MARTINS, S.V. 2006. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan , Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore* 30 (2): 241-248.

CHRISTOFOLETTI, A. (1981). *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blüchler. 313 p.

De BIASE, M. A. (1993). Carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. *Revista de Geografia*, São Paulo, v. 6, p. 45-60.

MACHADO, G.; SOUZA, J. O. P. (2005). Análise morométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco – Ibaity – PR. In *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina*. Universidade de São Paulo, mar. 2005, pp. 8366-8382.

MANSIKKANIEMI, H. 1970. *The sinuosity of rivers in northern Finland*: Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis, 52 :16-32.

MILLER, V.C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee*. Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042, Technical Report, 3, Columbia University.

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

OLIVEIRA, P. T. S. *et al.* (2010). Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.8, pp.819–825.

PÉRICO *et al.* (2011). Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS. In *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba-PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, pp.1200-1207.

RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A.; BOER, N. (2009). *Água e educação: princípios e estratégias de uso e conservação*. Ed. UNIFRA, Santa Maria-RS, 272p.

RIO GRANDE DO SUL. (2008) Departamento de Recursos Hídricos. *Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. 2007/2008* Porto Alegre. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/upload/Relatorio\\_Anual\\_RH\\_2008-9.pdf](http://www.sema.rs.gov.br/upload/Relatorio_Anual_RH_2008-9.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2011.

ROCHA, J.S.M. da. (1997). *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas*. Santa Maria: Imprensa Universitária. 423 p.

STRAHLER, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: *CHOW, Vem te – Handbook of Applied hydrology*. New York, McGraw-Hill Book.

TUCCI, C. E. M. (1993). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Ed. ABRH/Edusp, Porto Alegre-RS, 943 p.

VILLELA, S. M., MATTOS, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill. 245p.