



## XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **MORFOMETRIA DA BACIA DO RIO IPANEMA NOS ESTADOS DE ALAGOAS E PERNAMBUCO**

*Daniella Pereira dos Santos<sup>1</sup>; Abelardo Antônio de Assunção Montenegro<sup>2</sup> & Ailton Alves de Carvalho<sup>3</sup>*

**RESUMO** – A delimitação e caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é bastante utilizada para análises ambientais e hidrológicas, visto que é considerada uma captação natural da água de precipitação fazendo todo o escoamento gerado por ela ir para um mesmo ponto (exultório). O objetivo do trabalho foi realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica da bacia do Rio Ipanema, localizada entre os Estados de Alagoas e Pernambuco, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos. A bacia em estudo está localizada nos estados de Alagoas e Pernambuco, ambos na Região Nordeste do Brasil. As análises foram realizadas com software ArcSWAT em sua versão 10.0. As imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com 90 m de resolução espacial, foram utilizadas na geração dos parâmetros da bacia. As características da bacia do rio Ipanema apontam para uma bacia de forma bastante alongada, os dados geomorfométricos referentes à curva hipsométrica extraída de MDE-SRTM se constitui em parâmetro de grande significado na distinção entre a formação barreiras e os sedimentos pós-barreiras na Bacia do Ipanema. Características que distinguem as duas unidades geológicas incluem a maior convexidade da curva hipsométrica. Portanto, esta variável tem grande potencial de auxiliar no mapeamento das unidades geológicas.

**Palavras-chave** – curva hipsométrica, coeficiente de compacidade, SWAT

### **MORPHOMETRY IPANEMA THE RIVER BASIN IN THE OF ALAGOAS AND PERNAMBUCO STATES**

**ABSTRACT** – Delimitation and morphometric characterization of a watershed is widely used for environmental and hydrological analysis, as a natural capture of rainfall water is considered making the entire flow generated by it go to the same point (exultório). The aim of the study was the morphometric characterization of the river basin of the river basin Ipanema, located between the states of Alagoas and Pernambuco, from the estimation of some physical parameters.

1) Eng. agrônoma, Doutoranda, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE - Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE, Fone: 81 9616-1145, e-mail: daniellapsantos@hotmail.com

2) Eng. Civil, Doutor, Professor Titular, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE - Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE, Fone: 81 8172-5157, e-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

3) Eng. agrônomo, Doutorando, Depto. de Engenharia Agrícola, UFRPE - Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE, Fone: 87 99927-6168, e-mail: ailtonalvesst@hotmail.com

The basin study is located in the states of Alagoas and Pernambuco, both in northeastern Brazil. Analyses were performed with ArcSWAT software in version 10.0. The radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) images with 90 m spatial resolution, were used in the generation of watershed parameters. The Ipanema River basin characteristics point to a bowl of very elongated, geomorphometric data on the extracted hypsometric curve DEM-SRTM constitutes very significant parameter in the distinction between training barriers and post-barriers sediments in the Ipanema basin. Features that distinguish the two geological units include greater convexity of the hypsometric curve. Therefore, this variable has great potential to assist in the mapping of geological units.

**KEYWORDS** - hypsometric curve, compactness coefficient, SWAT

## 1 – INTRODUÇÃO

A delimitação e caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é bastante utilizada para análises ambientais e hidrológicas, visto que é considerada uma captação natural da água de precipitação fazendo todo o escoamento gerado por ela ir para um mesmo ponto (exultório). Segundo Tonello *et al.* (2006), as características físicas e bióticas de uma bacia possuem papel fundamental nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e a quantidade de água.

A morfometria é o estudo quantitativo das formas do relevo, que possibilita inferências sobre as características relacionadas à pedologia, à rede hidrográfica e descreve a dinâmica das drenagens superficiais. Com isso, pode-se estabelecer níveis de fragilidade relacionados às características ambientais da área e sua susceptibilidade à danos ambientais (Peres-Neto, 1995; Campos *et al.*, 2012; Vieira *et al.*, 2012).

Essas características revelam o comportamento das águas superficiais e subsuperficiais, com aspectos ligados ao tamanho e forma da microbacia, relacionados à geologia, material superficial e topografia (Pissarra *et al.*, 2004). A densidade de drenagem reflete a influência da origem geológica, da topografia, dos tipos de solo, da vegetação e das intensidades de precipitação, infiltração e escoamento superficial da água (Rodrigues, 2004).

Segundo Silva *et al.* (2013), a ação do relevo reflete na ação da água tanto no sentido vertical, referindo-se à infiltração da água no solo, quanto no sentido horizontal, que se alude ao escoamento superficial e a erosão. Em relevo pouco movimentado, a água encontra condições naturais para se infiltrar no solo e o escoamento superficial não é tão acentuado, resultando em maior intemperismo.

Pollo *et al.* (2012) concluíram que os baixos valores do fator de forma e da densidade de drenagem demonstram que a bacia possui uma forma ovalada e permitem inferir que o substrato tem boa permeabilidade com maior infiltração e menor escoamento superficial da água, desse modo, baixa susceptibilidade à erosão e degradação ambiental. Contudo, a manutenção da cobertura vegetal e da mata ciliar se torna essencial para a conservação dos serviços ambientais.

O rio Ipanema apresenta 226 km de extensão, nascendo a uma altitude de 950 m, na localidade denominada serra do Ororoba, próximo ao município de Pesqueira em Pernambuco, segue o seu curso até a cidade de Poço das Trincheiras, divisa com Alagoas onde seu curso é orientado no sentido sudoeste e a partir daí segue a orientação para o sudeste até sua confluência com o rio Dois Riachos, quando rumo para o sul até a sua foz, próximo à cidade de Belo Monte em Alagoas, margens do Rio São Francisco (ALAGOAS, 1998 apud ROCHA, 2009).

A bacia hidrográfica do rio Ipanema está inserida no semiárido nordestino do Brasil e faz parte da porção referente à cerca de 40% da superfície terrestre que é composta por zonas áridas onde habitam aproximadamente 20% da população humana (GRAF, 1988, apud MALTCHIK, 1999).

Estas análises podem ser efetuadas em sistemas de informação geográfica (SIG) e em programas de modelagem que caracterizam a bacia hidrográfica como elemento do terreno, para a implantação do manejo que auxiliam na tomada de decisões em políticas públicas, na conservação da água e do solo (Valle Junior *et al.*, 2010; Caraballo-Arias *et al.*, 2013).

O SWAT é uma ferramenta que auxilia a modelagem de superfície de sub-bacias e bacias hidrográficas, tendo sido desenvolvido para simular o impacto do manejo do solo no recurso hídrico, no sedimento e a contaminação química por insumos agrícolas em bacias hidrográficas de maior extensão e complexidade, onde ocorra variação de solos e condições de manejo ao longo de vários períodos (Neitsch *et al.* 2000).

Gassman *et al.* (2007) destacam a importância histórica, a aplicação e as diretrizes futuras para o uso da modelagem SWAT. Essa modelagem utilizada em escala de bacias, com dados coletados em séries temporais, é destinada para investigar impactos quanto ao uso e ocupação do solo no recurso hídrico. O modelo SWAT é fisicamente e computacionalmente eficiente e capaz de simular cenários ao longo de períodos e importantes componentes podem ser incluídos como o clima, temperatura do solo e hidrologia, propriedades do solo, crescimento das plantas, nutrientes, patógenos, bactérias e pesticidas, o uso e a ocupação do solo.

Minoti (2006) recomenda o modelo SWAT como ferramenta de grande potencial relacionada ao estudo na unidade territorial de bacias hidrográficas.

O objetivo do trabalho foi realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica da bacia do rio Ipanema, localizada entre os Estados de Alagoas e Pernambuco, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos.

## **2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 – Caracterização da área de estudo**

O rio Ipanema tem suas nascentes em território pernambucano, atravessa o estado de Alagoas e deságua na margem esquerda do rio São Francisco. Sua bacia hidrográfica está inserida entre as

coordenadas extremas 8°18'04" e 9°52'24" de latitude sul, e 36°36'28" e 37°27'54" de longitude oeste, compreendendo 34 municípios, sendo 18 alagoanos e 16 pernambucanos, com uma população aproximada de 750 mil habitantes. Faz fronteira com a bacia do rio Ipojuca, ao norte, o rio São Francisco, ao Sul, as bacias dos rios Capiá e Moxotó, ao oeste, e a bacia do rio Traipú, a leste. As nascentes do rio Ipanema estão situadas no município de Pesqueira – PE e seu curso percorre em Pernambuco aproximadamente 139 km e 87 km em Alagoas, na direção norte a sul, até desaguar no rio São Francisco (IBGE, 2009).

A bacia representativa do Alto Ipanema é constituída por duas bacias experimentais (bacia do Jatobá e do Mimoso), pertencente ao sistema do Rio Ipanema. Abrange parte dos municípios de Arcoverde e de Pesqueira, no Estado de Pernambuco, em uma área de 194,82 km<sup>2</sup>. A Bacia Experimental do riacho Jatobá tem área de 13,50 km<sup>2</sup> e perímetro de 16 km, resultando em um coeficiente de compacidade de 1,22. O rio principal que percorre a bacia possui 6,5 km de extensão, com densidade de drenagem na ordem de 1,03 (Montenegro *et al*, 2010), o rio principal apresenta extensão de 24,07 km, com densidade de drenagem de 1,23 (SILVA JUNIOR, 2011).

O clima na bacia do rio Ipanema é tropical semiúmido (ALAGOAS, 1998 apud LIMA, 2007) onde a seca na região é diminuída quando comparada a outras regiões nordestinas devido à sua posição geográfica, confrontando com o planalto Borborema, ao sul com o rio São Francisco e recebendo influência também do oceano Atlântico. O vento que vem do oceano passa pelo vale do São Francisco, choca-se com massas de ar frio vindos do polo sul e é impulsionado para cima em contato com as serras da região, condensando-se e formando nuvens (ALAGOAS, 1998 apud ROCHA, 2009). A região de Santana do Ipanema, destaque na ocupação urbana da bacia, apresenta clima do tipo semiárido quente, com temperaturas do mês mais frio superiores a 18° C, com índice xerodérmico entre 100 e 150, com 5 a 6 meses secos, e tem o mês mais frio apresentando temperaturas superiores a 15° C (CPRM, 2005). Segundo Montenegro *et al.* (2002), a parte superior da bacia é parcialmente coberta por floresta de caatinga densa. Predominam solos rasos com espessura inferior a 2 metros nas encostas.

A cobertura da área de estudo é bioma caatinga, destacando-se coberturas de diferentes densidades e pastagem. As coberturas de vegetação natural são as seguintes: caatinga arbórea fechada, caatinga arbustiva-arbórea aberta e fechada, Caatinga arbórea-arbustiva aberta, Vale caatinga, pastagens. Pastagens e terras agricultáveis predominam nas terras baixas do vale do Mimoso (MONTENEGRO *et al.*, 2010)

## 2.2 – Morfometria

O modelo hidrológico para análise e comparação das características da área e da amplitude altimétrica foi gerado no programa ArcSWAT 2010. Este programa usa para calcular a área e as

variáveis de relevo o modelo de elevação digital (DEM). A interface foi determinada também no sistema de informação geográfica ArcGIS 10.0, versão ArcMap 10.1 (ESRI ArcGIS 10®). A metodologia seguiu os preceitos dos trabalhos desenvolvidos na programação do SWAT realizada por Neitsch *et al.* (2000).

Para a análise dos dados da densidade de drenagem (Dd) foi usado como referência o trabalho desenvolvido por França (1968), no qual a Dd pode ser interpretada como baixa (<1,5), média (1,5 a 2,5) e alta (>2,5). Tonello *et al.* (2006), citam que a forma da microbacia é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (Villela e Matos, 1975).

A direção do fluxo de água foi gerada na base DEM e a área limite para definir as sub-bacias possuem uma posição geográfica espacialmente relacionada aos pontos pré-determinados para a análise morfométrica realizada no sistema de informação geográfica.

Em cada ponto foi estimado a partir do DEM da bacia a direção do fluxo corrente de água, a declividade, a área e os canais de drenagem (NEITSCH *et al.*, 2000). O MDE foi, então, recortado no ArcSWAT, a partir dos polígonos referentes às bacias. Desta forma, foi obtido um plano de informação com os dados de elevação da bacia hidrográfica, sendo o arquivo convertido para formato de texto tabular (x, y, z) e importados em planilha eletrônica Excel 2007. Assim, foi elaborado gráfico representando as frequências acumuladas das altitudes. Toda a base de dados foi georreferenciada na base cartográfica Projeção Universal Transversa de Mercator – UTM, WGS 84.

### **3 – RESULTADOS**

Foi realizado o mosaico do SRTM SC-24-X-B e SC-24-XD utilizando o software ArcGIS, para delimitação da área de toda a bacia. Assim com o mapa de elevação digital do terreno (Figura 1), observou-se que a variação do relevo da bacia do rio Ipanema é relativamente alta. Nota-se que, das proximidades do rio São Francisco até a latitude aproximada de 9° S podem ser observadas altitudes predominantemente inferiores a 400 m, porém, pode-se observar que a partir deste ponto há um contínuo crescimento na altitude, podendo atingir valores superiores a 900 m. A altitude média na área está em torno de 498 m, mas pode atingir máximos de 1119 m no extremo norte e mínimos de 3 m na região próxima ao rio São Francisco.



Figura 1. Mapa de elevação digital da bacia do Ipanema (AL - PE)

A bacia do rio Ipanema contempla como características gerais uma área de 7,749 km<sup>2</sup>, sendo seu perímetro de 833.401 km. O coeficiente de compacidade estimado com a área e o perímetro calculado pelo o ArcSWAT foi de 2,65, como este coeficiente é bem maior que 1, indica que a bacia do rio Ipanema possui uma forma mais alongada.

O mapa hipsométrico da bacia gerado com dados obtidos no ArcSWAT é mostrado na figura 2; os estudos hipsométricos possibilitam conhecer o relevo de uma região de forma mais aprofundada e os fenômenos que se processam em sua superfície.

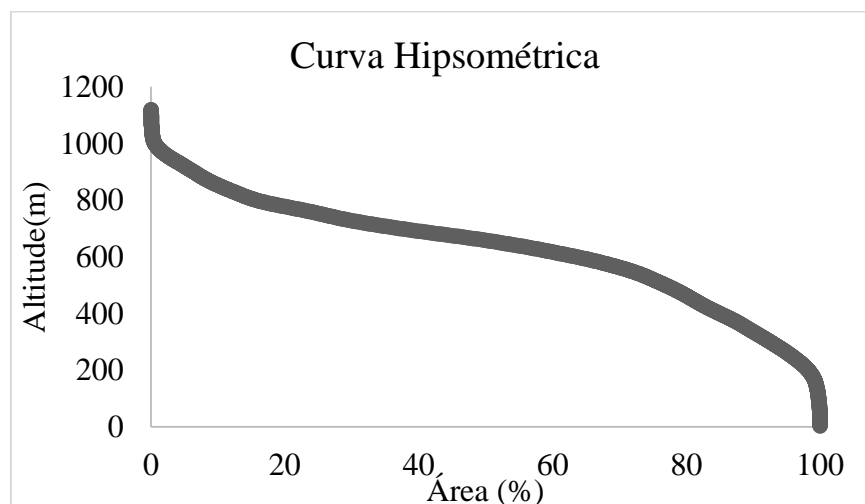


Figura 2. Curva hipsométrica na bacia do Ipanema.

De forma geral, curvas hipsométricas convexas sugerem terrenos com baixo grau de dissecção, que têm potencial de serem mais jovens. Por outro lado, curvas hipsométricas retilíneas a côncavas

sugerem terrenos com maior exposição temporal a efeitos erosivos e, portanto, com potencial de serem mais antigos (figura 2).

#### 4 – CONCLUSÕES

As características da bacia do Rio Ipanema apontam para uma bacia de forma bastante alongada, os dados geomorfométricos referentes à curva hipsométrica extraída de MDE-SRTM se constitui em parâmetro de grande significado na distinção entre a formação barreiras e os sedimentos pós-barreiras na Bacia do Ipanema. Tais características distinguem as duas unidades geológicas que incluem a maior convexidade da curva hipsométrica.

#### BIBLIOGRAFIA

ALAGOAS. *Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema*. Maceió: Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais, 1998.

CAMPOS, S.; SILVA, C. O. da; GARCIA, Y. M. *Avaliação morfométrica da microbacia do Ribeirão Benfica – Piquete (SP)*. In: Anais VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n. 2, p. 407-421, 2012.

CARABALLO-ARIAS, N. A.; CONOSCENTI, C.; DI STEFANO, C.; FERRO, V. N. A. *Testing GIS-morphometric analysis of some Sicilian badlands*. Catena, 2013.

CPRM, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Diagnóstico do Município de Santana do Ipanema*. Recife: Ministério de Minas e Energia, 2005.

FRANÇA, G. V. *Interpretação fotográfica de bacias e de rede de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba – SP*. 1968. 151 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

GARCIA, G. J.; GAMERO, H. G.; GARCIA, L. B. R.; VETTORAZZI, C. A.; KRÖENERT, R.; VOLK, M.; LAUCH, A.; MEYER, B. *Impacto do uso da terra na erosão do solo e no balanço e qualidade de água na bacia do rio Corumbataí – SP*. Holos Environment, v. 6, n. 2, p. 118-136, 2006

GASSMAN, P. W.; REYES, M. R.; GREEN, C. H.; ARNOLD, J.G. *The soil and water assessment tool: historical development, applications, and futures research directions*. Transactions of the ASABE, v. 50, n. 4, p. 1211-1250, 2007.

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

LIMA, V. C. G. da R. *Aplicação do Modelo MGB-IPH à Bacia do Rio Ipanema –AL*. Parte I: Preparação do Arquivo de Entrada Principal. Monografia de graduação, Universidade Federal de Alagoas UFAL, 2007.

- MATTOS, J. B.; LOURENÇO, R. A.; NASCIMENTO, S. da H. *O uso do geoprocessamento como instrumento de análise morfométrica da microbacia do rio capivara, município de Lençóis - BA*. In Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.
- MINOTI, R. T. *Microbacias hidrográficas e áreas alagáveis de um compartimento do médio Mogi superior/SP*. 2006. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2006.
- MONTENEGRO, S., MONTENEGRO, A. A. A., R.Ragab. *Improving agricultural water management in the semi-arid region of Brazil: experimental and modelling study*. Irrigation Science, v.28, p.301 - 316, 2010
- NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. & KING, K. W. *Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2000*. Disponível em: <http://www.brc.tamus.edu/swat/downloads/doc/swat2000theory.pdf>. Acesso em 22 de agosto de 2010. 212p.
- PERES-NETO, P. R.; VALENTIN, J. L.; FERNANDES, F. A. S. *Introdução a análises morfométricas*. O Ecologia Brasiliensis, p. 57-89, 1995.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. *Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 28, n. 2, 2004.
- POLLO, R. A.; BARROS, B. S. X. de; BARROS, Z. X. de; CARDOSO, L. G.; RODRIGUES, V. A. *Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu-SP*. Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR, v. 5, n. 1, p. 163-174, 2012.
- ROCHA, S. R. A. G. *Simulação do Escoamento Superficial na Bacia Experimental de Santana do Ipanema*. Dissertação de Mestrado. UFAL. Maceió, 2008.
- RODRIGUES, V. A. *Morfometria e Mata Ciliar da Microbacia Hidrográfica*. In: RODRIGUES, V. A.; STARZYNSKI, R. Anais Workshop em Manejo de Bacias Hidrográficas. Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2004. p. 7-18.
- SILVA, I. C. O.; ALVES, R. E.; RODRIGUES, T. L. *Análise de variáveis morfométricas extraídas a partir de imagem SRTM para elaboração de mapa pedológico*. Geoambiente, v. 20, 2013.
- STRAHLER, A. N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. Trans. Amer. Geophys. Um. New Haven, v. 38, p. 913-920, 1957.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. *Morfometria da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhões - MG*. Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-57, 2006.



VALLE JÚNIOR, R. F. do; PISSARRA, T. C. T.; PASSOS, A. de O.; RAMOS, T. G.; ABDALA V. L. *Diagnóstico das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Tijuco, Ituiutaba - MG, utilizando tecnologia SIG*. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 495-503, 2010.

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

ZANATA, M.; PISSARRA, T. C. T.; ARRAES, C. L.; RODRIGUES, F. M.; CAMPOS, S. Influência da escala na análise morfométrica de microbacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.1062–67, 2011.