

XII-047 - ESTUDO COMPARATIVO DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS RELACIONADO COM CHEIAS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ALTO JACUÍ E VACACAÍ

Gislayne Alves Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Mestranda em Engenharia Ambiental, área de concentração em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Elvis Carissimi⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Passo Fundo. Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela UFRGS e na University of Utah (Estados Unidos). Professor Adjunto Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSM. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSM.

Ana Lúcia Denardin da Rosa⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Civil (UFSM) e doutoranda na área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Jordana Georgin⁽⁴⁾

Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestranda em Engenharia Ambiental, área de concentração em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais

Endereço⁽¹⁾: Av. Roraima nº 1000 Cidade Universitária Bairro Camobi. Santa Maria – RS. CEP: 97105-900.
- e-mail: gislaynealvesoliveira@gmail.com

RESUMO

O conhecimento das características morfométricas de uma bacia hidrográfica é essencial para o desenvolvimento de planos que visem à compreensão dos processos neste meio. O objetivo do presente estudo foi analisar e comparar a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas do Alto Jacuí e Vacacaí, no Estado do Rio Grande do Sul e relacionar com possíveis ocorrências de cheias. Para isso, a partir de dados de imagens SRTM e *shapefiles* das bacias hidrográficas do terreno foram calculados os parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. As bacias hidrográficas do Alto Jacuí e Vacacaí apresentam perfil alongado, coeficiente de compacidade de 1.4 e 1.36, fator de forma de 0.3547 e 0.4344 e índice de circularidade de 0.4977 e 0.5312, respectivamente, indicando que são pouco susceptíveis a enchentes. A altitude máxima encontrada foi de 773 m e a mínima 4 m e o relevo do terreno apresentou declividade menor que 4%. A forma mais alongada da bacia hidrográfica indica que a precipitação sobre ela se concentra em diferentes pontos, concorrendo para amenizar a influência da intensidade de chuvas, as quais poderiam causar maiores variações da vazão do curso d'água

PALAVRAS-CHAVE: Morfometria, bacia hidrográfica, escoamento superficial.

INTRODUÇÃO

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, dentre outros) e do tipo de cobertura vegetal (LIMA, 1986). Desse modo, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial (TONELLO, 2005).

A análise das características fisiográficas da bacia são importantes fatores a serem observados, pois esses parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais. Do ponto de vista quantitativo, utiliza-se o método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade e forma da bacia, dentre outros (ALVES e CASTRO, 2003).

Segundo Oliveira *et. al* (2008), a análise morfométrica das bacias hidrográficas consiste no levantamento de índices e valores numéricos de vários atributos da bacia, permitindo a compreensão do funcionamento do sistema de drenagem.

Para Villela e Mattos (1975), as características físicas de uma bacia hidrográfica constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltam dados.

A quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para o projeto e planejamento dos recursos hídricos. Para tanto, é preciso expressar, quantitativamente, todas as características de forma, de processos e de suas inter-relações. Cabe ressaltar que nenhum desses índices, isoladamente, deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia, a qual inclusive tem magnitude temporal (TONELLO, 2006).

Além do mais a forma de uma bacia hidrográfica indica possibilidade de ocorrência de cheias, sendo mais comum em bacias arredondadas, devido ao tempo de concentração dos cursos d' água até o rio principal ser praticamente o mesmo, gerando uma grande vazão que pode causar assoreamento e tendo como agravante o mau uso e ocupação do solo.

O escoamento superficial é uma das parcelas do ciclo hidrológico mais importante, sendo utilizado como indicativo da adequabilidade do sistema de manejo de uma bacia hidrográfica. Ele ocorre após o início de um evento de chuva, e se efetiva quando a camada superior do solo, a vegetação e as depressões não têm mais capacidade de interceptar a água da mesma, resultando o seu escoamento. Sendo assim, o escoamento refletirá as características da precipitação e principalmente de sua intensidade (TUCCI, 1993).

Partindo do pressuposto, esse trabalho tem por objetivo analisar e comparar a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas do Alto Jacuí e Vacacaí e relacionar com possíveis ocorrências de cheias, a partir do levantamento de alguns parâmetros físicos, sendo eles: área da bacia, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, altitude, declividade da bacia e declividade do curso d' água, de maneira a compreender a sua dinâmica as suas principais características.

METODOLOGIA

A área estudada está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba situa-se na região nordeste do RS, entre os paralelos 28° S e 31°S e os meridianos 50°W e 54° W. A bacia hidrográfica do Alto Jacuí situa-se na porção centro-norte do Estado, entre as coordenadas geográficas 28°08' a 29°55' de latitude Sul e 52°15' a 53°50' de longitude Oeste (Figura 1). Abrangendo municípios como Carazinho, Cruz Alta, Passo Fundo, Sobradinho e Tupanciretã. Os principais cursos de água são os rios Jacuí, Jacuí-mirim, Jacuízinho, dos Caixões e Soturno (SEMA, 2010). No verão ocorrem problemas de navegação e abastecimento, pois alguns trechos tem vazão regulada pelas turbinas das hidrelétricas. A economia da região caracteriza-se pelo uso intensivo do solo para agricultura e pecuária (FEPAM, 2014).

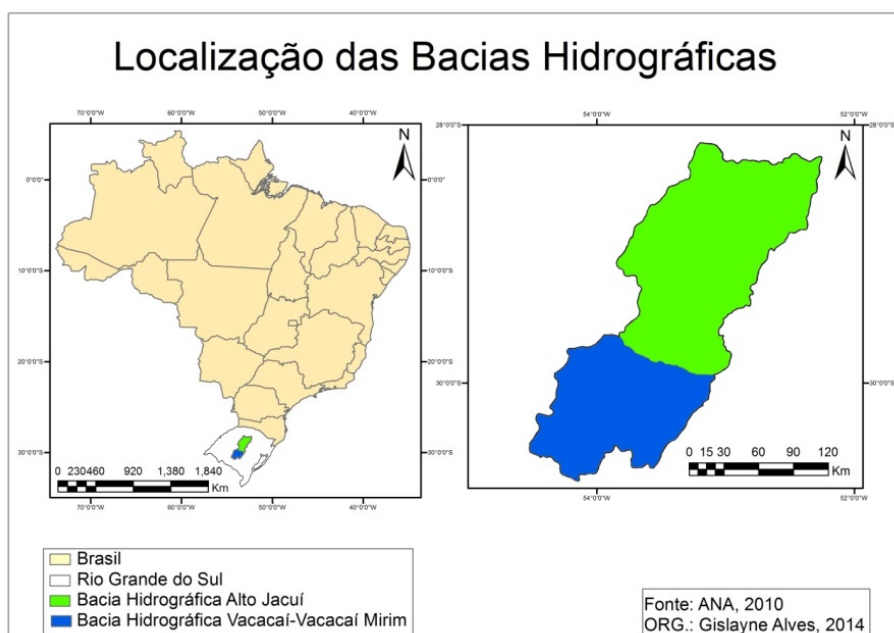


Figura 1 - Mapa de localização das bacias hidrográficas analisadas.

A Bacia Hidrográfica do Vacacaí está localizada na porção centro-ocidental do Estado, entre as coordenadas geográficas 29°35' a 30°45' de latitude Sul e 53°04' a 54°34' de longitude Oeste (Figura 1). Os principais cursos de água são os arroios Igá, Acangupa e Arenal e os rios Vacacaí, dos Corvos, São Sepé e Vacacaí Mirim (SEMA, 2010). O solo é ocupado por latifúndios, caracterizando-se pela pecuária extensiva e agricultura. O principal conflito de uso da região é gerado pela coincidência do cultivo de arroz irrigado com a época de menor disponibilidade de água (FEPAM, 2014).

Os dados de altimetria foram obtidos por meio das imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), geradas por dados de radar originais de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Monitoramento por Satélite). Estas imagens constituíram a base cartográfica do trabalho após tratamento e conversões. Os modelos numéricos de elevação são originais das cenas SH-21-X-D, SH-21-Z-B, SH-22-V-A, SH-22-V-B, SH-22-V-C, e SH-22-Y-A. Dentre suas informações técnicas constam formato GEOTIFF (16 bits), pixel com resolução espacial de 90mx90m, Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS-84 (Miranda, 2005). Sendo utilizado o software ArcGIS 10.1 para suporte à análise e integração dos dados.

Para a realização da caracterização morfométrica das bacias hidrográficas, foram necessárias as delimitações de atributos básicos, tais como: área, perímetro e comprimentos axiais. A partir desses atributos, foram calculados os índices de forma da bacia, como os valores de coeficiente de compacidade (Kc), fator de forma (Ff), índice de circularidade (Ic), declividade e altitude. Para a determinação da forma das bacias hidrográficas, alguns índices e coeficientes foram calculados, sendo eles:

- **Coeficiente de compacidade (Kc):** estabelece uma relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Segundo Villela e Mattos (1975), esse coeficiente refere-se a um valor adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular a sua forma, maior será o coeficiente de compacidade. Desse modo, um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu coeficiente for mais próximo da unidade. O Kc foi determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Equação (1)

Em que P: perímetro da bacia (m) e A: área de drenagem (m²).

- **Fator de forma (Ff):** Também conhecido como fator de Gravellius, é expresso como sendo a razão entre a área da bacia (A) e o comprimento axial (L) da mesma, uma bacia com um fator de forma baixo está menos sujeita a enchentes que outra com o mesmo tamanho, mas com fator de forma maior, como na equação a seguir, especificado por Villela e Matto (1975):

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Equação (2)

Onde, A: área (m²) e L: comprimento axial da bacia (m).

- **Índice de circularidade (Ic):** Conforme Cardoso et al. (2006), o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada, simultaneamente ao coeficiente de compacidade. Para obter o índice de circularidade, utilizou-se a seguinte equação:

$$Ic = 12.75 * \frac{A}{P^2}$$

Equação (3)

Sendo o A: área de drenagem (m²) e P: perímetro (m).

Já para a construção dos Hidrogramas Unitários Foram utilizados os dados disponíveis no hidroweb da Agência Nacional de Águas - ANA, esses dados são diários de pluviometria (precipitação) e fluviometria (vazão), as estações são apresentadas nas tabelas 1 e 2, respectivamente. Foi utilizado os dados de 2013 selecionando um pico de chuva do mesmo período para as duas bacias e posteriormente construído um Hidrograma Unitário.

Tabela 1 - Localização das estações fluviométricas das bacias Alto Jacuí e Vacacaí.

| Código | Nome da estação | Latitude (Sul) | Longitude (Oeste) | Altitude (m) |
|----------|--------------------|----------------|-------------------|--------------|
| 85600000 | PASSO DAS TUNAS | 29°55' | 53°25' | 31 |
| 85642000 | PASSO SÃO LOURENÇO | 30°0' | 53°0' | 21,1 |

Tabela 2 - Localização das estações pluviométricas das bacias Alto Jacuí e Vacacaí.

| Código | Nome da estação | Latitude (Sul) | Longitude (Oeste) | Altitude (m) |
|---------|--------------------|----------------|-------------------|--------------|
| 2953037 | PASSO SÃO LOURENÇO | 30°0" | 53°0' | 20 |
| 3053021 | BARRO VERMELHO | 30°8' | 53°9' | 100 |

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores obtidos a partir das equações de parâmetros morfométricos, são fundamentais para o controle dos fatores hidrológicos que interferem na dinâmica da bacia e indicam que as duas bacias apresentam poucas tendências a inundações, pois os índices de compacidade se encontram afastados da unidade, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros morfométricos das Bacias Hidrográficas.

| Características Geomorfológicas | Bacia Alto Jacuí | Bacia Vacacaí |
|--|-------------------------|----------------------|
| Área (km ²) | 17.242,7 | 9.994,56 |
| Perímetro (km) | 659,93 | 486,31 |
| Comprimento da Bacia (km) | 220,48 | 151,68 |
| Comp. Rio principal (km) | 305,56 | 234,35 |
| Altitude mínima (m) | 4 | 21 |
| Altitude máxima (m) | 773 | 463 |
| Declividade média (m/m) | 0.0035 | 0.0029 |
| Fator de forma | 0.3547 | 0.4344 |
| Índice de circularidade | 0.4977 | 0.5312 |
| Índice de compacidade | 1.4072 | 1.3620 |
| Declividade média do rio principal (m/m) | 0.0025 | 0.0019 |

Observando a tabela 3, os valores de fator de forma encontrados para as duas bacias foram baixos, sendo 0.3547 e 0.4344 para a bacia do Alto Jacuí e Vacacaí, respectivamente, sendo assim, pode-se classificá-la como uma rede de drenagem alongada, valores próximos a 1,0, indicam bacias circulares. Através deste valor, pode-se inferir que a bacia tem pequeno risco de inundações e cheias instantâneas. Coutinho e Cecílio (2009) também destacam em seu trabalho comparando as sub-bacias dos rios Fumaça e Glória localizadas ao sudeste de Minas Gerais que esses seriam valores ideais já que são inferiores a 0,50.

O índice de circularidade das bacias indicam valores (0.4977 e 0.5312) que reflete sua forma mais alongada, favorecendo um melhor escoamento. Isso indica que a precipitação sobre a bacia hidrográfica se concentra em diferentes pontos, contribuindo para amenizar a influência da intensidade de chuvas. Este parâmetro deve ser analisado com atenção, pois chuvas intensas e simultâneas na extensão de uma bacia pode se concentrar rapidamente no canal principal. Mesmo a bacia do Vacacaí apresentando visualmente uma forma mais circular os valores calculados não apresentaram problemas quanto sua forma.

Dentre as características relacionadas ao relevo da bacia, a declividade do rio principal é de grande relevância pelo fato de que a velocidade de escoamento da água de um rio depende da declividade dos canais fluviais e quanto maior a declividade maior a capacidade de erosão de determinada área, sendo encontrados valores entre 1.9 a 3.5% nas duas bacias. Na bacia do Vacacaí a declividade média foi 2.9% e de acordo com EMBRAPA (2006), este relevo é classificado como plano, onde os desnivelamentos são muito pequenos. E a declividade média da bacia do Alto Jacuí de 3.5% sendo classificado como suave ondulado, apresentando declives suaves (EMBRAPA, 2006). Segundo Tucci e Clarke (1997), o grau desta medida está correlacionado com o escoamento superficial, em virtude dos processos erosivos que implicam potencialmente na degradação dos componentes da bacia hidrográfica. Ainda, segundo estes autores, para minimizar esse impacto, a cobertura vegetal possui um papel prático na absorção dos excessos hídricos, sejam eles de origem superficial ou por meio das precipitações.

Os valores de altitude apresentados na figura 2 variam bastante a bacia do Alto Jacuí apresenta uma altitude mais elevada variando de 773 a 4 metros, isso faz com que aumente a velocidade de escoamento superficial, já a bacia do Vacacaí tem uma altitude menor 463 a 21 metros.

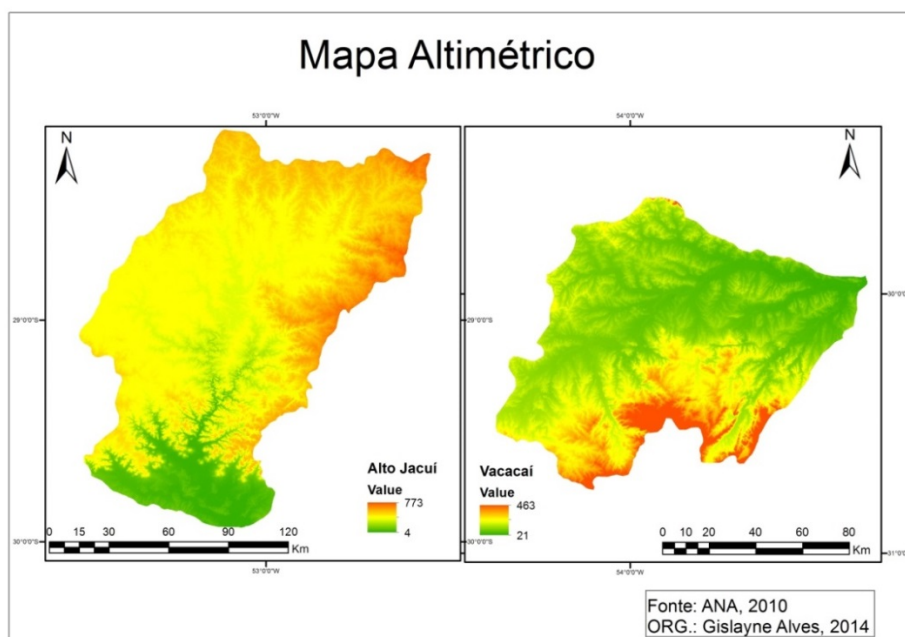


Figura 2 – Mapa altimétrico das bacias analisadas.

Podemos observar na figura 2 que o padrão de drenagem apresentado pelas bacias são dendríticos, que lembra as nervuras de uma folha vegetal, na bacia do Alto Jacuí o rio principal passa no centro da bacia e o comprimento dos rios é parecido entre si. O fato de a bacia ser alongada, diante de um evento de chuva em toda sua região o tempo de concentração desses cursos d' água são diferentes, ficando bem distribuídos na bacia, os primeiros volumes da chuva escoados chegam mais rápido pelas redes de drenagem próxima ao exultório, aumentado de acordo com a proximidade com a parte mais elevada onde seria a nascente.

A distribuição dos cursos d' água na bacia do Vacacaí está mais concentrada na parte norte da bacia onde se tem as menores declividades e cursos d' água mais estreito. Na porção de maior declividade os rios são mais longos e menos concentrados, influenciando no escoamento e favorecendo a causa de cheias.

Como se pode observar na figura 3 os hidrogramas unitários das bacias tem uma forma parecida, apresentando respostas semelhantes às bacias, o tempo de resposta de uma chuva de 5 dias tem seu tempo de pico de 4 dias para a bacia do Vacacaí e de 5 dias para a do Alto Jacuí, ou seja a bacia do Vacacaí responde mais rápido a uma chuva, aumentando a chance de cheias em relação a do Alto Jacuí, isso se caracteriza pela forma mais arredondada da bacia.

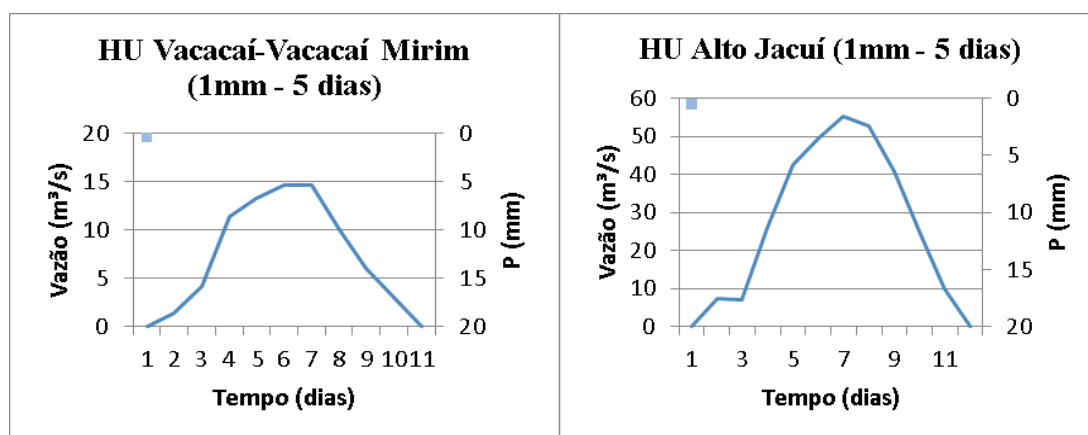


Figura 3- Hidrogramas Unitários das bacias analisadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização desse trabalho ficou clara a importância de estudos morfométricos, que se constituem como uma ferramenta de base para o entendimento da dinâmica hídrica e para o planejamento ambiental de bacias hidrográficas.

Quando comparada as duas bacias é possível dizer que a Bacia do Vacacaí em relação à do Alto Jacuí se apresenta mais susceptível a enchentes.

Os valores da análise morfométrica das bacias do Alto Jacuí e Vacacaí indicam poucas tendências a inundações quando comparadas com os índices aceitáveis propostos pela verificação dos parâmetros. Chega-se a conclusão de que a caracterização morfométrica das mesmas denota bacias de forma esguia e mais alongada, uma vez que o coeficiente de compacidade, fator de forma e o índice de conformação expressaram valores desaproximados da unidade (1), ainda mais para a do Alto Jacuí. Dessa maneira, as bacias não apresentam suscetibilidade a enchentes mais acentuadas sob condições normais de precipitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 33, n. 2, p.117-127, 2003.
2. CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P.; MARTINS, S. V. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan. *Revista Árvore*, Nova Friburgo-RJ, 2006, v. 30, p. 241- 248.
3. COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A. Estudo comparativo de índices morfométricos das sub-bacias hidrográficas dos rios Fumaça e Glória a partir de técnicas de Geoprocessamento. *Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas Serviços Ambientais e Sustentabilidade*, Taubaté, Brasil. IPABHi, p. 593-600. 2009.
4. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, 2006, 306p.
5. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM – RS). Região hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/guaiba.asp>>. Acesso em junho de 2014.
6. LIMA, W.P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.
7. MIRANDA, E. E. de (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>>. Acesso em: 16 jun. 2014.
8. OLIVEIRA, P. C. A. de; CRUZ, L. M.; SILVA, T. I. ; RODRIGUES, S. C. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia - MG. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Anais... 2008.
9. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL (SEMA-RS). Bacias Hidrográficas. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em junho de 2014.
10. VILLELA, S.M., MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil, 1975, 245p.
11. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1993.
12. TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.2, n.1, p.135-152, 1997.