



Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil

Giselle Lemos Moreira^{1*}, Eduardo Alves Araújo², Maria Sueliane Santos de Andrade², Máida Cynthia Duca de Lima³, Francielle Rodrigues de Oliveira²

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo analisar os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES. Inicialmente, realizou-se a delimitação automática da bacia hidrográfica do rio Alegre, com o auxílio do aplicativo computacional ArcGIS 10.2®, a partir da extensão ArcHydro Tools. Após a delimitação da bacia, foram calculados os parâmetros morfométricos para a caracterização da mesma, sendo eles: área de drenagem total, perímetro total, coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade, padrão de drenagem, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, índice de rugosidade, ordem dos cursos d'água, altitude e declividade. Os resultados obtidos permitem inferir que: a bacia hidrográfica do rio Alegre obteve uma área de 204,124 Km², com perímetro de 104,880 Km, possuindo forma alongada, não sendo propícia a enchentes; o padrão de drenagem dendrítico proporciona a atenuação da erosão, corroborando com o resultado encontrado pelo índice de rugosidade; o sistema de drenagem apresentou grau 6 de ramificação, entretanto, o parâmetro densidade de drenagem teve resultado considerado baixo, indicando que a bacia apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido e; amplitude altimétrica, bem como, a predominância do relevo forte ondulado, favorece o escoamento superficial.

Palavras-chave: manejo de bacias, enchentes, escoamento superficial.

Morphometric analysis of the Alegre river basin, ES, Brazil

ABSTRACT: The present work aimed to analyze the morphometric parameters of the Alegre river basin, ES. Initially, the automatic delimitation of the Alegre river basin was performed, with the help of the ArcGIS 10.2® computational application, from the ArcHydro Tools extension. After the delimitation of the basin, the morphometric parameters were calculated for the characterization of the basin, being: total drainage area, total perimeter, compactness coefficient, form factor, circularity index, drainage pattern, drainage density, maintenance coefficient, roughness index, order watercourses, altitude and slope. The obtained results allow to infer that: the Alegre river basin obtained an area of 204,124 km², with perimeter of 104,880 km, having an elongated form, not being propitious to floods; the dendritic drainage pattern provides erosion attenuation, corroborating with the result found by the roughness index; the drainage system presented degree 6 of branching, however, the parameter drainage density was considered low, indicating that the basin has a drainage system little developed and; Altimetric amplitude, as well as, the predominance of the strong relief wavy, favors surface runoff.

Keywords: watershed management, floods, surface runoff.

INTRODUÇÃO

No decorrer da história, o homem tem desempenhado um importante papel na alteração da paisagem. A interferência antrópica, se deu historicamente através do uso desordenado da terra, afetando diretamente os ecossistemas. Tais modificações afetam tanto a estrutura do ecossistema como seus processos e funcionamento, comprometendo a capacidade de oferta de serviços ecossistêmicos

(MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Dentre os serviços ecossistêmicos pode-se destacar aqueles relacionados aos processos hidrológicos, tais como, água potável, alimentos e regulação do clima (WILLAARTS et al., 2012). As mudanças promovidas nos ambientes, como a alteração da cobertura vegetal e topografia do terreno, associadas a outros fatores podem desestabilizar os serviços hidrológicos fornecidos

Aceito para publicação em 07/04/2017

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

² Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

³ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

* Celly_eng.florestal@hotmail.com

pelos ecossistemas (QIU, TURNER, 2015). Assim, existe uma estreita ligação entre o uso e manejo da terra com as características qualiquantitativas do fluxo hidrológico, bem como com o fornecimento dos serviços ecossistêmicos relacionados (QIU, TURNER, 2015; WILLAARTS, et al., 2012).

A ação humana, modificando a paisagem, pode intensificar também, a ocorrência de desastres naturais, como as enchentes. Tal afirmação reside no fato de que o aumento populacional e expansão urbana concentraram um maior número de pessoas e infraestruturas em zonas com maior probabilidade de ocorrência de enchentes (ROZALIS et al., 2010). Ainda segundo os mesmos autores, enchentes podem ser definidas como uma resposta da bacia à intensos índices de precipitação. No entanto, a geração da enchente é ocasionada por diversos fatores relacionados tanto à precipitação, como intensidade, duração e distribuição da chuva, bem como à características da própria bacia, tais como, área, forma, comprimento e uso do solo (ROZALIS et al., 2010).

A bacia hidrográfica torna-se a unidade apropriada para o estudo de diversos processos que ocorrem na superfície terrestre, bem como, é a unidade ideal para gestão sustentável dos recursos naturais (CHANDRASHEKAR et al., 2015; FARHAN et al., 2015).

Segundo Teodoro et al. (2007), a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais realizados nas avaliações hidrológicas e/ou ambientais, visando um melhor entendimento da dinâmica local e regional da

bacia. Segundo Strahler (1964), a análise morfométrica propicia uma descrição quantitativa do seu sistema de drenagem, o que é um fator importante na caracterização de bacias hidrográficas.

Vários estudos, a nível mundial, estão sendo desenvolvidos no intuito de analisar as características de bacias hidrográficas (APARNA et al., 2015; CALIL et al., 2012; FARHAN et al., 2015; FERRARI et al., 2012; THOMAS et al., 2012; SUJATHA et al., 2013), demonstrando o quanto importante é este tipo de análise para estratégias de tomada de decisões no planejamento urbano, agrícola e florestal e como o SIG (geographic information systems) pode ser um aliado na obtenção dos dados necessário para este tipo de análise.

Neste contexto, o presente trabalho objetivou analisar os parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre (BHRA), localizada no município de Alegre, ES (Figura 1), entre os paralelos 20° 43' e 20° 55' de latitudes Sul e entre os meridianos 41° 28' e 41° 37' de longitudes a Oeste de Greewinch, abrangendo uma área de aproximadamente 204,1236 km², correspondente a 26,42% da área total do município. Segundo a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Cwa, com inverno seco e verão chuvoso.

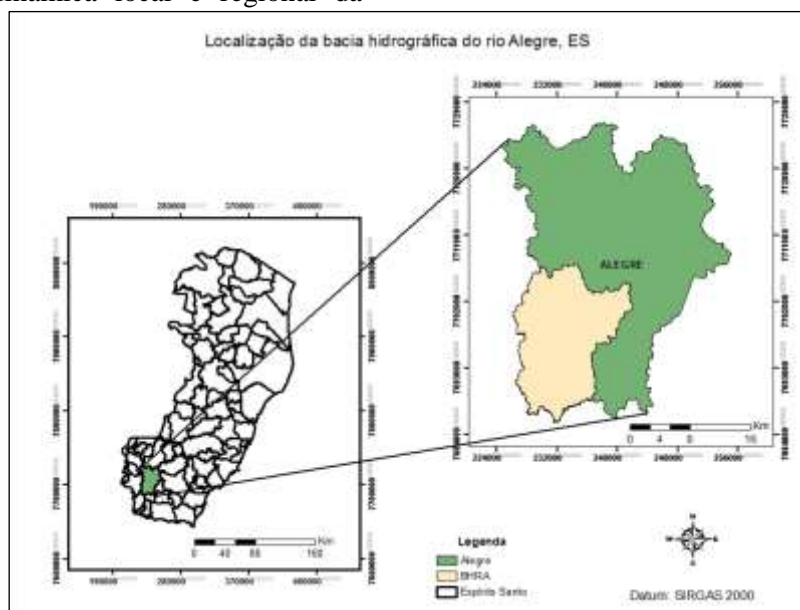


Figura 1. Localização da área de estudo, ES.

O solo é caracterizado principalmente por Latossolos Vermelho-Amarelos Húmicos

(Lvd10), Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos (LVd3), que ocorrem na maior parte

da área, associados com Cambissolos (LVd4), e os Argissolos (Pv3) em uma faixa a nordeste da área urbanizada do município de Alegre (BRASIL, 1999).

Na área de estudo, encontram-se na maioria da sua extensão a presença de pastagens, culturas de subsistência, café e remanescentes de florestas nativas, principalmente, nos topos dos morros (NASCIMENTO, 2006).

Delimitação da bacia

A manipulação dos dados e a delimitação da bacia do rio Alegre foram realizadas no aplicativo computacional *ArcGIS* 10.2®, a partir da extensão *ArcHydro Tools*, disponibilizada gratuitamente pela ESRI. Para a delimitação automática da bacia em estudo, foi utilizado imagens raster MDE (Modelo Digital de Elevação), obtidas pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

Análise morfométrica da bacia

Após a delimitação da bacia hidrográfica do rio Alegre, foram calculados os parâmetros morfométricos para a caracterização da bacia. Os parâmetros e as equações utilizadas são apresentados a seguir:

Área de Drenagem (A)

A área de drenagem de uma bacia hidrográfica é a área plana (projetada sobre o plano horizontal) delimitada pelos seus divisores topográficos, sendo um dado fundamental para a definição de outras características físicas da bacia. É expressa em km² ou hectares e normalmente é determinada em mapas topográficos (VILLELA, MATTOS 1975), mas podem ser determinadas de forma automática em um SIG, como realizado neste estudo.

Perímetro (P)

O perímetro é o comprimento da linha ao longo dos divisores topográficos da bacia (TONELLO, 2005).

Coefficiente de compacidade (Kc)

Esse coeficiente (Equação 1) é um número adimensional e varia de acordo com a forma da bacia, onde um coeficiente mínimo de 1,0 corresponde a uma bacia circular e coeficientes maiores que 1,0 correspondem a uma bacia alongada, portando, quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade (VILLELA, MATTOS 1975). Inexistindo outros

fatores, a bacia será menos propensa a enchentes, quanto maior for o Kc (SANTOS, 2013).

De acordo com Silva e Mello (2008) as bacias podem ser classificadas, de acordo o valor do Kc, em:

1,00 – 1,25 = bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 – 1,50 = bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

> 1,50 = bacia não sujeita a grandes enchentes.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

Kc: coeficiente de compacidade (adimensional);

P: perímetro da bacia (km);

A: área da bacia (km²).

Fator de forma (Kf)

O fator de forma (Equação 2) é um índice que também indica a maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia, em que uma bacia com Kf baixo, ou seja, com um grande comprimento do rio principal (L), será menos propensa a enchentes do que outra bacia que tenha a mesma área, porém com um Kf maior.

Segundo Silva e Mello (2008) o fator de forma pode assumir os seguintes valores:

1,00 – 0,75 = bacia sujeita a enchentes;

0,75 – 0,50 = bacia com tendência mediana;

< 0,50 = bacia não sujeita a enchentes.

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

Em que:

Kf: fator de forma (adimensional);

A: área da bacia (km²);

L: comprimento axial do curso d'água (comprimento do curso d'água principal) (km).

Índice de circularidade (IC)

Esse é outro índice (Equação 3) que indica a forma da bacia e foi proposto por Miller em 1953 (citado por CHRISTOFOLETTI, 1974), onde, quanto mais perto de 1,0 mais próxima da forma circular e mais propensa a enchentes será a bacia hidrográfica.

Conforme Schumm (1956), bacias que apresentam índices de circularidade superiores à 0,51 indicam que a bacia tende a forma circular, favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas) já os valores inferiores à 0,51 indicam que a bacia tende a forma mais alongada, o que favorece o processo de escoamento, diminuindo a probabilidade de ocorrência de enchentes.

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

IC: índice de circularidade (adimensional);

A: área da bacia (km²);

P: perímetro da bacia (km).

Padrão de drenagem

Dentro de uma bacia hidrográfica, a forma da rede de drenagem apresenta variações. A classificação da drenagem da bacia do rio Alegre foi realizada de acordo Christofolletti (1974).

Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem (Equação 4) foi proposta por Horton (1932) e aponta o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, indicando a eficiência da drenagem da bacia. Christofolletti (1974), utilizou a seguinte classificação para os valores de Dd:

$Dd \leq 7,5 \text{ km/km}^2$ = baixa densidade;

$7,5 \text{ km/km}^2 < Dd < 10 \text{ km/km}^2$ = média densidade;

$Dd \geq 10 \text{ km/km}^2$ = alta densidade.

Este índice é considerado importante na análise da bacia, pois reflete a influência da vegetação, do relevo, do tipo de solo, entre outros fatores, no sistema de drenagem, estando relacionado com o tempo levado para a saída do escoamento superficial da bacia (LIMA, 2008).

$$Dd = \frac{L_{total}}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

Dd: densidade de drenagem (km/km²);

A: área da bacia (km²);

Ltotal: somatório dos comprimentos de todos os canais de rede (km).

Coefficiente de manutenção (Cm)

O coeficiente de manutenção (Equação 5) visa a determinação da área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de drenagem permanente, sendo expresso em m²/m (SANTOS, MORAIS, 2012).

Segundo Strahler (1964) a medida que aumenta a dissecação do relevo, a área disponível para o entalhamento de novos canais vai diminuindo.

Na equação, a multiplicação por 1000 é utilizada para que se possa expressar o valor de Cm em m²/m (COLLARES, 2000).

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Cm: coeficiente de manutenção (m²/m);

Dd: densidade de drenagem (km/km²).

Índice de rugosidade (Ct)

Segundo Strahler (1958) o índice de rugosidade (Equação 6) é um número adimensional, o qual representa aspectos da declividade e comprimento da vertente a partir do contrabalanço da amplitude altimétrica (H) à densidade de drenagem (Dd).

$$Ct = Dd \times Hm \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

Ct: índice de rugosidade (adimensional);

Dd: densidade de drenagem (km/km²);

Hm: amplitude altimétrica (km).

Relação relevo (Rr)

De acordo com Schumm (1956), quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e a foz, e conseqüentemente maior será a declividade média da bacia.

$$Rr = \frac{Hm}{L} \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

Rr: relação relevo (m/km);

Hm: amplitude altimétrica (m);

L: comprimento axial do curso d'água (comprimento do curso d'água principal) (km).

Declividade

A declividade segundo Tonello (2005) é a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância entre eles.

O MDE, utilizado no estudo, serviu de base para a geração do mapa de declividade da bacia do rio Alegre e após a geração das classes de declividade, o mapa foi reclassificado em 6 intervalos distintos, segundo o modelo proposto pela Embrapa (2006).

Ordem dos cursos d'água

A ordem dos cursos d'água é uma classificação que demonstra o grau de ramificação dentro de uma bacia (TUCCI, 2001). Para esse estudo utilizou-se a classificação proposta por Horton (1945) e modificada por Strahler (1957) onde os canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem e assim sucessivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia hidrográfica do rio Alegre, resultante da delimitação automática, obteve uma área de

204,124 Km², com perímetro de 104,880 Km (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros morfométricos da bacia Hidrográfica do Rio Alegre, ES.

Características geométricas	
Área de drenagem total (A)	204,124 Km ²
Perímetro total (P)	104,880 Km
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,055
Fator de forma (Kf)	0,202
Índice de circularidade (IC)	0,233
Padrão de drenagem	Dendrítico
Características da rede de drenagem	
Densidade de drenagem (Dd)	1,517 Km/Km ²
Coefficiente de manutenção (Cm)	659,196 m ² /m
Índice de rugosidade (Ct)	1,709
Comprimento do curso d'água principal (L)	31,770 Km
Comprimento do talvegue (L _t)	18,710 Km
Comprimento total dos cursos d'água (L _{total})	309,680 Km
Ordem dos cursos d'água	6 ^a
Características do relevo	
Altitude média	587,46 m
Altitude máxima	1239 m
Altitude mínima	112 m
Amplitude altimétrica (Hm)	1127 m
Declividade média	17,27 °
Declividade máxima	57,67°
Declividade mínima	0°

Os resultados encontrados para os parâmetros coeficiente de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf), permitem inferir que a bacia hidrográfica do rio Alegre possui uma forma estreita e alongada, sendo classificada, de acordo com Silva e Melo (2008), como não propensa a grandes enchentes.

Isso se deve ao fato de que, numa bacia alongada e estreita (Kf baixo e Kc alto) menor será a possibilidade da ocorrência de chuvas intensas que abranja toda a extensão da bacia (VILLELA, MATTOS 1975; SANTOS, 2013).

Quanto ao índice de circularidade, o resultado do mesmo corrobora com os resultados encontrados pelos parâmetros anteriores, indicando que a bacia possui forma mais alongada, o que, segundo Schumm (1956), favorece o processo de escoamento, diminuindo a probabilidade de ocorrência de enchentes.

Observa-se que a bacia do rio Alegre apresenta um padrão de drenagem do tipo dendrítico, ou seja, bem ramificado. Segundo Trajano et al. (2012), o padrão de drenagem dendrítico, indica que a erosão ocasional é bem distribuída, não havendo concentração em nenhuma área específica, o que atenua a ocorrência de erosão mais severa, como as voçorocas.

Entretanto, o parâmetro Densidade de drenagem (Dd) teve um resultado considerado

baixo, indicando dessa forma, que a bacia apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido.

O resultado referente ao coeficiente de manutenção (Cm), indica que é necessária uma área mínima de 659,196 m² para a manutenção de 1 m de canal fluvial.

O índice de rugosidade (Ct) foi pouco representativo, considerado baixo, o que indica que a bacia hidrográfica possui baixa propensão à erosão. Este índice relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo, dessa forma, quanto maior for o índice de rugosidade, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (EMBRAPA, 2012).

O sistema de drenagem, de acordo com a hierarquia de Strahler, apresentou grau 6 de ramificação. Esse resultado é positivo, uma vez que, quanto mais ramificada for a rede de drenagem, mais eficiente será o sistema de drenagem (Strahler, 1957).

A amplitude altimétrica corresponde à diferença entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia. A amplitude do desnível médio da bacia hidrográfica em estudo foi de 1127 m, o que

indica que o relevo é montanhoso e que favorece o escoamento superficial.

Na tabela 2 encontram-se os resultados das classes de declive e relevo, presentes na área de

estudo, bem como suas respectivas áreas e equivalência percentual em relação à área total.

Tabela 2. Áreas das classes de declive e relevo da BHRA, Alegre - ES

Declividade (%)	Área da bacia	
	ha	%
0-3 Plano	873,54	4,28
3-8 Suave Ondulado	940,95	4,61
8-20 Ondulado	3596,31	17,62
20-45 Forte Ondulado	10450,89	51,19
45-75 Montanhoso	4267,26	20,91
>75 Escarpado	283,41	1,39
Total	20.412,36	100

Observa-se que, segundo a classificação da Embrapa (1979), 51,19% da área possui relevo forte ondulado, o que reflete diretamente na velocidade do escoamento superficial, acelerando o tempo que leva para a água da chuva concentrar-se nos leitos fluviais que compõem a rede de drenagem da bacia (VILLELA, MATTOS, 1975).

Segundo Tonello et al. (2016), o conhecimento da declividade de uma bacia hidrográfica é de extrema importância não apenas para com o cumprimento da legislação ambiental vigente, mas também, como forma de planejar o manejo e gestão dos recursos hídricos.

CONCLUSÕES

Com base na análise morfométrica pode-se concluir que:

A bacia hidrográfica do rio Alegre possui forma alongada, não sendo propensa a enchentes em condições normais de precipitação.

O padrão de drenagem dendrítico proporciona a atenuação de erosões mais severa, corroborando com o resultado encontrado pelo índice de rugosidade.

O sistema de drenagem apresentou grau 6 de ramificação, sendo considerada bem ramificada. Entretanto, o parâmetro densidade de drenagem teve um resultado considerado baixo, indicando que a bacia apresenta um sistema de drenagem pouco desenvolvido.

A amplitude altimétrica, bem como, a predominância do relevo forte ondulado, favorece o escoamento superficial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARNA, P.; NIGEE, K.; SHIMNA, P.; DRISSIA, T. K. Quantitative Analysis of Geomorphology and Flow Pattern Analysis of Muvattupuzha River Basin Using Geographic Information System. *ScienceDirect*. v. 4, p. 609-616, 2015.

BRASIL. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**; Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412p.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do

uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*. Campina Grande, PB, v. 16, n. 4, p. 433-442, 2012.

CHANDRASHEKAR, H.; LOKESH, K. V.; SAMEENA, M.; ROOPA, J.; RANGANNA, G. GIS-Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. *ScienceDirect*. v. 4, p. 1345-1353, 2015.

CHRISTOFOLETTI, A., 1974. Geomorfologia. Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídios ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia do Rio Capivari, SP**. 2000, 193 f. Tese (Doutorado em Geotecnica) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.

FARHAN, Y.; ANBAR, A.; ENABA, O.; AL-SHAikh, N. Quantitative analysis of geomorphometric parameters of Wadi Kerak, Jordan, using remote sensing and GIS. *Journal of Water Resource and Protection*. v. 7, p. 456-475, abr. 2015.

FERRARI, J. L.; SILVA, S. F.; SANTOS, A. R.; GARCIA, R. F. Análise morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 8, n. 2, p. 181-188, 2013.

- HORTON, R. E., 1932. **Drainage Basin Characteristics**. Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361.
- LIMA, W.P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. Piracicaba-SP: ESAUQ, 2008. 253p. (Apostila).
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. **Ecosystems and Human Well-being: Summary for Decision Makers**, In Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Island Press, Washington, DC, pp. 1-16.
- NASCIMENTO, Melchior Carlos do et al . Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite IKONOS II. **Revista Árvore**, Viçosa , v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006 .
- QIU, J., TURNER, M.G. Importance of landscape heterogeneity in sustaining hydrologic ecosystem services in an agricultural watershed. **Ecosphere**, Florida, v. 6, n. 11, p. 1-19, 2015.
- SANTOS, A. R. dos. **Apostila de elementos da cartografia**. Alegre, ES: UFES – Campus de Alegre, 2013 (Apostila).
- SANTOS, D. A. R. dos; MORAIS, de F. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio lago verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de lagoa da confusão – TO. **Revista Geonorte**. Manaus, v. 3, n. 4, p. 617-629, 2012.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Bulletin of Geological Society of America**, n. 67, 1956. p. 597-646
- SILVA, A. M. da; MELLO, C.R, de; **Apostila de Hidrologia**. UFLA-MG, 2008.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.
- STRAHLER, A. N. Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms. **Geological Society of America Bulletin**, v.69, p.279-300, 1958.
- STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In CHOW, Ven Ten (Ed.). **Handbook of applied hidrology**. NEW York: McGraw-Hill, 1964. p. 4.39-4.76.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRO, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica Para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Uniara**, Araraquara, n. 20, 2007.
- THOMAS, J.; JOSEPH, S.; THRIVIKRAMJI, K.; ABE, G.; KANNAN, N. Morphometrical Analysis of Two Tropical River Basins of Contrasting Environmental Settings, the Southern Western Ghats, India. **Environmental Earth Sciences**, v. 66, p. 2353-2366, 2012.
- TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. DE; RIBEIRO, C. A. A. S. R.; LEITE, F. P. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.5, n.30, p.849-857, 2006.
- TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTIO, J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B.O.;TOSCHI, H. H.; LISBOA F. S. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica – subsídio à gestão territorial estudo de caso no alto e médio Mamanguape**. Campinas, SP: EMBRAPA, 2012. 35p. (Boletim).
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, RS: Editora da Universidade (UFRGS)/Edusp/ABRH, 2001.943p.
- WILLAARTS, B. A.; VOLK, M.; AGUILERA, P. A. Assessing the ecosystem services supplied by freshwater flows in **Mediterranean agroecosystems**. **Agricultural Water Management**, v. 105, p. 21–31, 2012.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil. 245p., 1975