

## ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ AMARO, ACRE-BRASIL

Elisandra Moreira de Lira  
Universidade Federal do Acre  
elisandrageo@yahoo.com.br

Francisco Ivam Castro do Nascimento  
Universidade Federal do Acre  
ivam.nc@gmail.com

Gleiciane Oliveira de Almeida  
Universidade Federal do Acre  
gleiciane.almeida@ac.gov.br

### EIXO TEMÁTICO: GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS, BACIA HIDROGRÁFICAS, PLANEJAMENTO AMBIENTAL E TERRITORIAL

#### Resumo:

O processo de ocupação do espaço amazônico trouxe vários prejuízos ao meio ambiente e sociedade, pela rápida degradação do espaço. A busca de informações sobre as condições ambientais de bacias hidrográficas fornece subsídios para ações mitigadoras de possíveis impactos negativos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Igarapé Amaro, localizada na cidade de Rio Branco, no Acre. Os índices morfométricos foram encontrados através de análise Linear, Areal e Hipsométrica, para tanto, fez-se necessário levantamento cartográfico da área em estudo, confecção de mapas temáticos, utilizando o software ArcGis 10, Spring 5.1 e Surfer 10, além do trabalho de campo, para verificação *in locus* da área em estudo. Os resultados apontaram que a Bacia do Igarapé Amaro possui uma área de 602 Km<sup>2</sup> e forma triangular. O comportamento hidrológico foi considerado baixo (Densidade de rios de 0,0006Km), os estudos mostraram uma baixa densidade de drenagem (1,48 Km/Km<sup>2</sup>). Possui escoamento lento, considerando os baixos índices de amplitude altimétrica máxima (42 m), a relação de relevo (6,99 m/Km) e o índice de rugosidade (28,38). Com os resultados da pesquisa espera-se que os gestores públicos possam atuar com mais rigor no que se refere à conservação de áreas já protegidas por lei.

**Palavras-chave:** Bacia Hidrográfica, Morfometria, Acre.

#### Abstract:

The process of occupation of the Amazon region brought more damage to the environment and society, the rapid degradation of space. The search for information on the environmental conditions of watersheds provides grants for mitigation actions possible negative impacts. The aim of this study was a morphometric analysis of the Basin Igarapé Amaro, located in the city of Rio Branco, in Acre. The morphometric indices were found through analysis Linear and Areal hypsometric, so much it was necessary mapping the area of study, preparation of thematic maps using the ArcGis 10, Spring Surfer 5.1 and 10, in addition to field work for verification *in locus* of the study area. The results showed that Amaro Igarapé Basin has an area and 602 km<sup>2</sup> and a triangular shape. The hydrological behavior was considered low (density of 0.0006 km<sup>2</sup> rivers), studies have shown a low drainage density (1.48 km/km<sup>2</sup>). It has slow runoff, considering the low rates of altimetric amplitude maximum (42 m), the relief ratio (6.99 m/km) and the roughness index (28.38). With the survey results it is expected that public managers can act with more rigor in that respect to conservation areas already protected by law.

**Keywords:** hydrographic Basin, Morphometry, Acre.

## **Justificativa e Problemática**

Para Tucci (1993), a Bacia Hidrográfica (BH) é o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Já sobre o estuário, Guerra (1997, p. 258) caracteriza como sendo “as porções finais de um rio, estando sujeitos aos efeitos das marés. Por conseguinte, o estuário de um rio é a parte vizinha da costa invadida pelas marés, correntes e vagas”.

Vilella e Mattos (1975), afirmam existir uma grande correspondência entre as características físicas de uma BH e o regime hidrológico, pois através de relações e comparações entre esses dois elementos pode-se determinar indiretamente valores hidrológicos em regiões onde esses dados são escassos.

Neste sentido, o estudo de Bacias Hidrográficas tem se tornado freqüente nos últimos anos, em face da escassez e mau gerenciamento dos recursos hídricos, ocasionado pelo fenômeno da expansão urbana acelerada e desorganizada, levando à ocupação irregular do solo às margens de rios e igarapés, contribuindo para degradação do ambiente natural de bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas e rurais.

Nos dias atuais, apesar das inúmeras instituições governamentais e não governamentais envolvidas na questão ambiental, podemos ainda constatar intervenções antrópicas acontecendo em nosso dia a dia, principalmente às margens de rios e igarapés, cujos danos podem causar transtornos e consequências irreparáveis ao meio ambiente, e conseqüentemente prejuízos ao próprio Homem.

## **Objetivo**

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Igarapé Amaro, localizada no meio urbano e rural da cidade de Rio Branco-AC, a partir de software de geoprocessamento e produtos de sensoriamento remoto, obtendo assim, os índices de análise Linear, Areal e Hipsométrica.

## **Materiais e Métodos**

A bacia do Igarapé Amaro está localizada no município de Rio Branco, entre as coordenadas geográficas de 10°00'35,7''S e 67°50'59,1''W em sua nascente, e 09°57'21,5''S e 67°50'33,4''W na foz, localizada entre a zona urbana e rural da capital (Figura 1).



(km), Comprimento do rio principal (km), relação de bifurcação, Índice de sinuosidade (%), Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (m), Ordem da bacia, Área da bacia (km<sup>2</sup>), Forma da bacia, Densidade de rios, Densidade de Drenagem (km/km<sup>2</sup>), Amplitude Altimétrica (m), Relação de relevo (m/km) e Índice de rugosidade.

**Análise linear** - A análise linear refere-se aos índices e relação ao longo do fluxo da rede de drenagem, como relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, comprimento do rio principal, perímetro e o índice de sinuosidade.

Tabela 1 Análise linear da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro – Acre

| Características Físicas  |        | Resultados     |         |  |
|--|--------|----------------|---------|--|
| Perímetro (km)   |        | 13,940         |         |  |
| Comprimento do rio principal (km)                              |        | 6,790          |         |  |
| Relação de Bifurcação  |        | 2              |         |  |
| Índice de sinuosidade (%)                                      |        | 10             |         |  |
| Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (m) | Ordem1 | Ordem 2        | Ordem 3 |  |
|  | 475    | 2150           | 2500    |  |
| Ordem da bacia   |        | 3 <sup>a</sup> |         |  |

**Comprimento do canal principal** - O perímetro da bacia do Igarapé Amaro atinge 13,940 metros e o comprimento do canal principal, que é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a nascente principal até a desembocadura, é de quase 7 km.

**Relação de bifurcação** - Definida por Horton (1945) apud Christofolletti (1980), a relação de bifurcação pode ser definida como sendo a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior. Onde: **Nu** é o número de segmentos de determinada ordem e **Nu+1** é o número de segmentos da ordem imediatamente superior.

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

na qual:

Rb: relação de bifurcação

Nu: número de segmentos de determinada ordem;

Nu+1: número de segmentos da ordem imediatamente superior

Segundo Horton (1945) apud Christofolletti, 1980) em uma bacia determinada, a soma do número de canais de cada ordem forma uma série geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade de primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação.

No caso em estudo, a Relação de bifurcação da bacia do Igarapé Amaro apresentou valor de 2,0 indicando que se trata de uma bacia com mediano grau de dissecação do relevo. Considerando-se a metodologia exposta por Strahler (1952) para a ordenação dos canais da bacia, esses índices podem ser vistos na tabela 2, que também é demonstrada na figura ilustrativa de hierarquia e ordem dos canais da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro (figura 1).

Tabela 2 Ordem, número de canais, extensão e relação de bifurcação da Bacia Hidrográfica do Igarapé Amaro, Acre.

| Ordem (Strahler) | Numero de canais | Extensão (km) | Relação de Bifurcação |
|------------------|------------------|---------------|-----------------------|
| 1°               | 4                | 1,9           |                       |
| 2°               | 2                | 4,3           | 2                     |
| 3°               | 1                | 2,5           | 2                     |

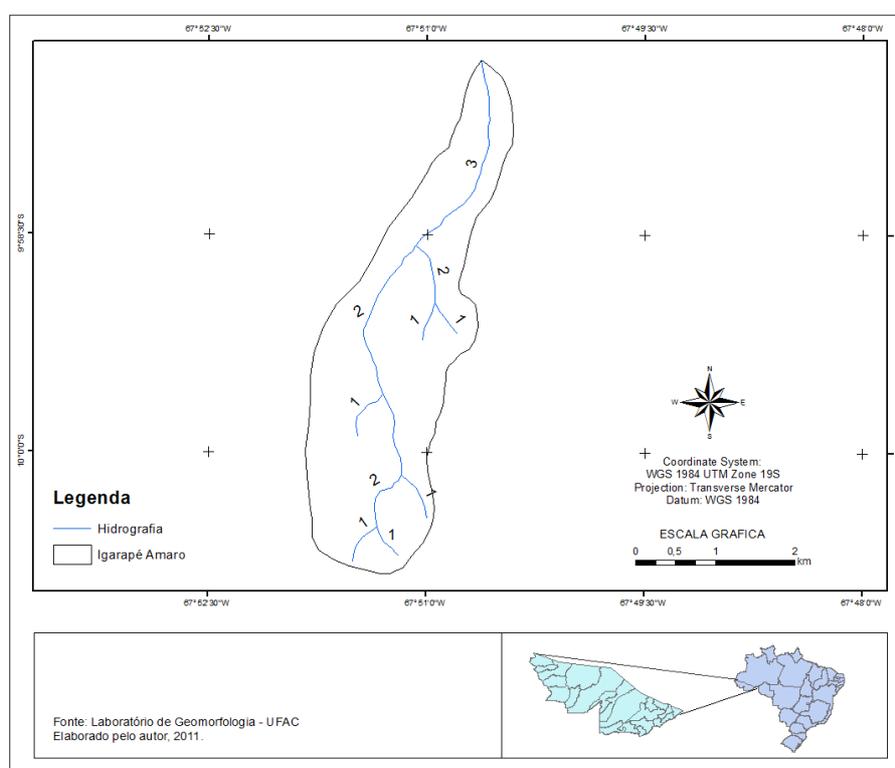


Figura 2 Hierarquia fluvial e ordem dos canais da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro

**Índice de Sinuosidade** - Segundo Pissara (2004) o índice de sinuosidade é a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante (equivalente vetorial), medida em linha reta (Ev), e o comprimento do canal principal (L). O índice de sinuosidade possui algumas classes:

Tabela 3 Classes do índice de sinuosidade

| Classe | Descrição  | Limites  |
|--------|------------|----------|
| I      | Muito reto | <20%     |
| II     | Reto       | 20-29%   |
| III    | Divagante  | 30-39,9% |

|    |               |          |
|----|---------------|----------|
| IV | Sinuoso       | 40-49,9% |
| V  | Muito sinuoso | >50%     |

$$I_s = \frac{100 (L - E_v)}{L}$$

na qual:

Is: Índice de sinuosidade

L: Comprimento do canal principal

Ev: Medida em linha reta da bacia (comprimento vetorial)

Portanto, a bacia do Igarapé Amaro apresentou um índice de sinuosidade de 10% indicando que os cursos d'água da bacia são muito retos.

**Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (m) -** No tocante a relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (m) da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro utilizou-se a seguinte formula (Christofletti, 1980):

$$L_m = \frac{L_u}{N_u}$$

na qual:

Lm: Comprimento médio dos seguimentos fluviais

Lu: Soma total dos cumprimentos dos canais de cada ordem

Nu: Seguimentos encontrados na respectiva ordem.

Este cálculo nos dá aproximadamente o comprimento médio dos canais de cada ordem. No caso da bacia do Igarapé em estudo foi feito o cálculo de ordem da bacia, chegando ao seguinte resultado: os canais de 1.<sup>a</sup> ordem apresentaram um comprimento médio de 475 m, os de 2.<sup>a</sup> ordem 2150 m e os de 3.<sup>a</sup> ordem 2500 m. Já em relação à ordem da bacia, a mesma foi classificada como de 3.<sup>a</sup> Ordem.

**Análise areal -** A Análise areal abrange vários parâmetros nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares.

Tabela 4 Análise areal da Bacia Hidrográfica do Igarapé Amaro – Acre

| Características Físicas                       | Resultados |
|---|------------|
| Área da bacia hidrográfica (km <sup>2</sup> ) | 602        |
| Forma da bacia                                | Triangular |
| Densidade de rios (km)                        | 0,006      |
| Densidade de Drenagem (km/km <sup>2</sup> )   | 1,48       |

**Área da bacia hidrográfica -** Segundo Christofletti (1980) a área da bacia é toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal. A área pode ser calculada de forma manual

ou através de técnicas mais sofisticadas com uso do computador. No caso da bacia do Igarapé Amaro, a área foi calculada via software chegando a um valor de aproximadamente 602 km<sup>2</sup>.

**Forma da bacia** - Para obter a forma da bacia utilizamos o método desenvolvido por David R. Lee e G. Tomas Salle, 1970 *apud* Christofolletti (1980), onde primeiramente delimitamos a bacia, após a delimitação traçou-se uma figura geométrica (triângulo, retângulo ou círculo), procurando cobrir a bacia da melhor maneira possível. Depois relacionou-se a área englobada simultaneamente pelas duas com a área total pertencente à bacia e/ou à figura geométrica obtendo assim um índice de forma, de acordo com a fórmula:

$$If = 1 - \frac{(área K \cap L)}{(área K \cup L)}$$

na qual:

If: índice de forma

K: área da bacia

L: área da figura geométrica

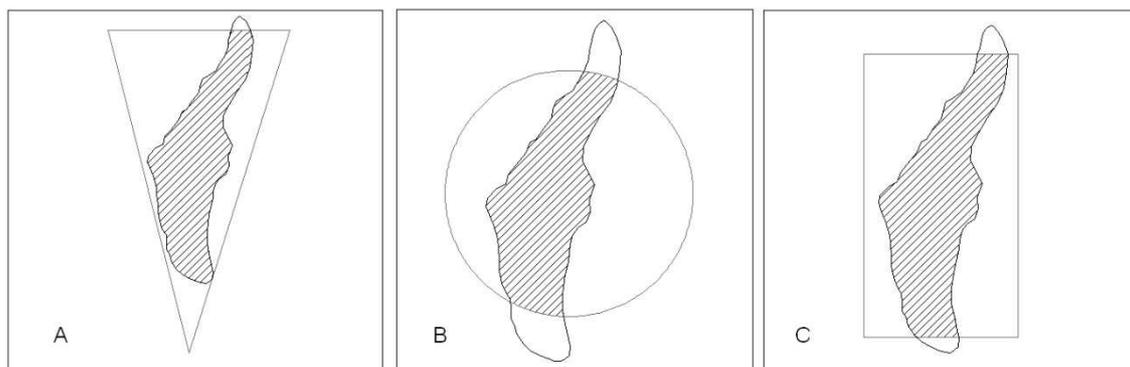


Figura 3 Determinação da forma da bacia segundo metodologia de Lee & Salle (1970 *apud* Christofolletti, 1980)

Este método nos permitiu obter os seguintes valores: para a área do Triângulo (figura A), o valor foi de 0,601, o círculo (figura B) 0,670 e o retângulo (figura C) 0,618. Portanto, seguindo o critério deste método que diz que, quanto menor for o índice de forma, mais próxima da figura geométrica respectiva estará a forma da bacia, podemos afirmar que a forma da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro é a triangular. Considerado um valor de forma baixo, a Bacia do Igarapé Amaro está menos sujeita a enchente do que outra com a mesma forma, porém com um fator maior (Vilella & Matos, 1075).

Estudos realizados por Lira *et al.* (2010) na Bacia Hidrográfica do Igarapé Judia, no mesmo Estado, apresentou também baixo valor de forma (0,590). O que nos revela menor probabilidade de enchentes nestas bacias.

**Densidade de rios** - A densidade de rios é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existente em uma área de tamanho padrão como, por exemplo km<sup>2</sup>. A densidade de rios é calculada pela seguinte fórmula (Horton, 1945 apud Christofolletti, 1980):

$$D_r = \frac{N}{A}$$

na qual:

Dr: Densidade de Rios

N: Número total de Rios ou cursos de água

A: Área da bacia considerada

Segundo Christofolletti (1980) o cálculo de densidade de rios é importante por que representa o comportamento hidrográfico de determinada área. Quanto menor o valor encontrado, menor será a capacidade da bacia hidrográfica de gerar novos cursos de água. No caso do Igarapé Amaro a densidade de rios é de 0,006 km, indicando que a mesma possui uma densidade de rios pequena em relação a área da bacia. Estes índices evidenciam que esta bacia é bastante antropizada.

**Densidade de drenagem** - A densidade de drenagem foi primeiramente proposta por Horton. Com isso Horton (1945 apud Christofolletti, 1980) afirma que a densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Este índice é calculado pela seguinte equação:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

na qual:

Dd: Densidade da drenagem

Lt: Comprimento total dos canais

A: Área da bacia

Segundo Pissara (2004) a densidade de drenagem pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> (bacias mal drenadas devida a elevada permeabilidade ou precipitação escassa) a 3,5 km/km<sup>2</sup> (bacias excepcionalmente bem drenadas ocorrendo em áreas com elevada precipitação ou muito impermeável).

Na bacia hidrográfica do Igarapé Amaro o valor encontrado para a densidade de drenagem foi de aproximadamente de 1,48 (km/km<sup>2</sup>). Isto ajuda a evidenciar que a bacia é mal drenada possuindo poucos canais.

### Análise Hipsométrica

A hipsometria analisa as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base. Os dados hipsométricos da bacia do Igarapé Amaro podem ser vistos na tabela 5.

Tabela5 Análise Hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Igarapé Amaro - Acre

| Características Físicas   | Resultados |
|---------------------------|------------|
| Amplitude altimétrica (m) | 42         |
| Relação de Relevo (m/km)  | 6,99       |
| Índice de Rugosidade      | 28,38      |

**Amplitude altimétrica máxima** - A amplitude altimétrica máxima (Hm) corresponde a diferença altimétrica entre a desembocadura e o ponto mais alto da bacia. Christofolletti (1980) ainda afirma que a amplitude altimétrica pode ser caracterizada pela diferença altimétrica entre a altitude do ponto mais alto encontrado em qualquer ponto da divisória topográfica e a altitude da desembocadura.

$$Hm = Hmax - Hmin$$

na qual:

Hm: Amplitude altimétrica

Hmax: Altitude máxima

Hmin: Altitude mínima

A amplitude altimétrica da bacia do Igarapé Amaro corresponde a 42 metros, muito próxima ao nível do mar, o que nos remete uma área bastante plana. Este resultado foi ainda menor quando comparado ao valor encontrado para Bacia Hidrográfica do Igarapé Judia no mesmo Estado, que foi de 99m (Lira *et. al.*, 2010).

**Relação de Relevo** - Schumm (1956, 612), propôs inicialmente a relação de relevo, considerando o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente à principal linha de drenagem, sendo calculada pela fórmula:

$$Rr = \frac{Hm}{Lh}$$

na qual:

Rr: Relação de relevo

H<sub>m</sub>: amplitude topográfica máxima

L<sub>h</sub>: comprimento da bacia

Estudando a relação de relevo da bacia hidrográfica do Igarapé Amaro encontrou-se o valor 6,99 (m/km), indicando que a mesma possui um escoamento lento, não deixando de considerar

também a declividade e a altimetria, fatores que contribuem muito ao escoamento de uma determinada bacia. Quando comparamos aos estudos realizados por Salgado *et. al.* (2009) na bacia do Córrego Santana, na Barra do Piraí/RJ, verificamos que a bacia do Igarapé Amaro possui realmente um escoamento lento, pois o valor encontrado para o índice Rr na bacia do Córrego Santana foi de 75,80 m/km, apresentando um escoamento rápido na bacia.

**Índice de rugosidade** - Para expressar um dos aspectos da análise dimensional da topografia de uma bacia hidrográfica, o índice de rugosidade proposta inicialmente por Melton (1957, *apud* Christofolletti, 1980) combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número resultante do produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem, de modo que:

$$I_r = H \cdot D_d$$

na qual:

I<sub>r</sub>: índice de rugosidade

H: amplitude altimétrica

D<sub>d</sub>: densidade de drenagem

Para o Igarapé Amaro encontrou-se o valor de 28,38 permitindo concluir que a área da bacia apresenta um índice de rugosidade pequeno, refletindo vertentes de baixa declividade e de pouca extensão.

### Conclusões

1. A Bacia Hidrográfica do Igarapé Amaro possui uma área de 602 Km<sup>2</sup>, classificado como de 3.<sup>a</sup> Ordem, ou seja, de poucos afluentes, e forma triangular. Apresenta grau de dissecação do relevo mediano e índice de sinuosidade baixo, indicando cursos d'água bastante retos;
2. A densidade de rios foi de 0,006 Km, demonstrando um comportamento hidrográfico baixo, pois a densidade dos rios foi considerada pequena em relação a área da bacia. Este indicador também revela alto grau de antropização;
3. A densidade de drenagem foi de 1,48 Km/Km<sup>2</sup> indicando que a bacia é mal drenada;
4. Com base nos resultados encontrados sobre as características morfométricas da Bacia do Igarapé Amaro, é possível concluir que se trata de uma área que merece atenção pela sua fragilidade hidrológica, merecendo recuperação e monitoramento;
5. Esta pesquisa servirá como base para próximos estudos na área de Bacias Hidrográficas, para que os gestores públicos possam monitorar seus recursos, no sentido de reter a ação antrópica degradatória em áreas legalmente protegidas por lei.

### Referências Bibliográficas

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher, 1980.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico e geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bull. Geol. Soc. Am.**, 56:275-370, 1945.

LIRA, E. M. *et. al.* Correção da Rede de Drenagem e Morfometria da Bacia do Igarapé Judia – Acre – Brasil. *In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, I Encontro Íbero-Americano de Geomorfologia III, Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Íbero-Americano do Quaternário*. Recife: Universidade Federal do Recife, setembro de 2010. 20p.

PISSARA, T.C.T. POLITANO, W. FERRAUDO, A.S. **Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal**. São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 28:297-305, 2004.

SCHUMM, S. A., Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, **Bul. Geol. Soc. Amer.**, 67, 597-646, 1956.

SALGADO, M. P. G. *et. al.* Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. **Anais... XIV Simpósio Bras. de Sensoriamento Remoto**. Natal: INPE, p. 4837 – 4843, 2009.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geol. Soc. America Bulletin**. n. 63, p. 1117-1142, 1952.

TUCCI, C.E.M. (Org.). 1993. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª ed., Editora da Universidade, 943p.

VILELLA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.