

Análise morfométrica automatizada para bacia do rio Maranhão

Luciana Lira Barros¹
Dr. Valdir Adilson Steinke²

¹ Centro Universitário de Brasília - UNICEUB
AOS 01 Bloco E apto. 301 - 70660-015 – Brasília - DF, Brasil
lucorall@gmail.com

² Centro Universitário de Brasília - UNICEUB
SEPN 707/907 -70790-075 –Brasília -DF, Brasil
valdirsteinke@gmail.com

Abstract: The issue of water resources demand an improvement in databases relevant watersheds, and worried about the quality of information means giving attention to key elements of basin analysis, with due attention to issues of basic cartography as the theme in this sense, detailing aspects such as geology and geomorphology are crucial. The understanding of the geomorphological aspects of a hydrographic basin helps the allowance of the actions of management of water resources. Thus, the characterization is fundamental to geomorphological you have a reliable basis for consideration of the environment. In this sense the morphometric analysis of a watershed is essential for the qualification of the basin, thus, it is prerequisite to qualify to quantify, or the mathematical parameters of a watershed features allow it to be accurately, without any space for false truths. This study aimed to make the main morphometric characterization of the basin of the river Maranhão and thus provide an assessment of the equations of morphometry for basins of large, subsidize mapping geoenvironmental an outline of the basin in question and analyze the characteristics of use and occupation of basin in its various compartments. The methodology used was based on geographical information systems with cartographic products available on the scale of 1:250.000 from different sources, mainly from the SRTM - Shuttle Radar Topography Mission. The results show an outline of important information for the analysis of this basin studies and determination of the main compartments geomorphological, interfluve such as, in region dissection and funds from valley.

Palavras-chave: geomorphology, morphometry, watershed, geomorfologia, morfometria, bacia hidrográfica.

1. Introdução

O entendimento dos aspectos geomorfológicos de uma bacia hidrografia auxilia no subsídio das ações de gestão de seus recursos hídricos. Desta forma, a caracterização geomorfológica é fundamental para que se tenha uma base confiável para análise do ambiente. Neste sentido a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é imprescindível para a qualificação da bacia, assim, parte-se do pressuposto de quantificar para qualificar, ou seja, os parâmetros matemáticos de uma bacia hidrográfica permitem caracterizá-la de modo preciso, sem deixar espaço para falsas verdades.

No entanto, a análise morfométrica de bacias hidrográficas, principalmente no Brasil, ainda é pouco difundida e aplicada, mesmo sendo um conhecimento de longa data. Diante da atual situação dos recursos hídricos, com a crescente preocupação com os problemas ambientais a nível local, regional e global é relevante considerar que a Geografia, que no Brasil, domina os estudos morfométricos de bacias hidrográficas tenha um papel importante na difusão e aplicação desta metodologia, a qual tem base matemática e estatística, mas não se restringe a análise quantitativa e procura propor subsídios para gestão integrada dos elementos que compõem a paisagem complexa das bacias de drenagem.

As formas do relevo, do mesmo modo que as demais componentes da natureza são elementos cartografáveis como também se apresentam em diferentes tamanhos e formas. Suas dimensões e formatos são elementos importantes para o entendimento de sua gênese e dinâmica atual, e sua representação cartográfica é um recurso técnico-científico importante para efeito de sua aplicação. Por essa razão, desde a década de sessenta, do século XX, a

questão da cartografia geomorfológica e sua classificação tem sido objeto de pesquisas e experimentações em diferentes países, sobretudo nos europeus (ROSS, 2000).

A geomorfologia nos oferece subsídios para diversos estudos posteriores, como no uso e gestão dos solos, na agricultura, entre outros, para compreender racionalmente a forma de apropriação do relevo. Casseti (2001) conceitua geomorfologia como a ciência que tem em seu objetivo, principal, analisar as diversas formas de relevo, buscando entender as relações dos processos passados e atuais.

Entender o relevo, e os processos que o modelam, no qual está inserido, é de fundamental importância para utilizá-lo da melhor forma possível, provocando os mínimos danos à natureza. Nesse âmbito, para Christofolletti (1980), a rede hidrográfica que é um processo dos mais ativos atuando na transformação e na alteração do relevo, deve ser estudada e analisada, pois se constitui “o processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre”. A importância de se explorar, analisar e compreender morfometricamente uma bacia hidrográfica, além de ser um aspecto do objeto de estudo da geomorfologia, está no fato da bacia hidrográfica ser considerada como uma das principais unidades geográficas de planejamento no Brasil.

A expansão urbana, ocupação do solo, ocupação das encostas, populações ribeirinhas, etc., são elementos que compõem o cenário de uma bacia e, ao mesmo tempo, implicam na mesma, ações que calham em conseqüências nem sempre positivas (retirada da vegetação, lixo, etc). Segundo Mendonça *et al* (2002), a ação antrópica ocorre em maior intensidade nas áreas urbanas, uma vez que o homem, na busca do progresso econômico causa, na maioria das vezes, a degradação dos recursos naturais.

O crescimento urbano tem sido caracterizado por expansão irregular de periferia com pouca obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de loteamentos (TUCCI, 2003). A tendência da urbanização nas cidades brasileiras provoca impactos na população e no meio ambiente, o que acaba por deteriorar a qualidade de água, Faulkner (2004) defende que a manutenção da boa qualidade d'água é responsabilidade da vegetação, e aumentar os materiais sólidos no escoamento pluvial. Elevação da temperatura (maior absorção de energia) e o aumento do material sólido e dos sedimentos (assoreamentos) são algumas conseqüências que os ecossistemas aquáticos sofrem.

Para esta pesquisa o objeto de estudo será a análise morfométrica como método para o estudo da bacia, pois fora pesquisado e utilizado por Christofolletti, em estudos anteriores. Porta-se de maneira mais adequada à este trabalho pelo fato de analisar a bacia tanto linearmente e arealmente, permitindo o detalhamento maior da bacia, possibilitando uma melhor compreensão dos fenômenos e da dinâmica ambiental presentes na área.

As linhas de escoamentos são tomadas como base para a análise linear de uma rede hidrográfica. As medições necessárias são tomadas ao longo das mesmas, e entre elas podemos distinguir os itens numéricos abaixo relacionados.

Ao relacionar o número total de segmentos de uma determinada ordem com o número total da ordem imediatamente superior, estaremos realizando a relação de bifurcação. Christofolletti (1980) ressalta a importância de se distinguir entre escoamento superficial e escoamento pluvial, onde os canais do escoamento pluvial não devem ser considerados para o estabelecimento das redes hidrográficas. A expressão utilizada para o cálculo é a seguinte:

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

na qual Nu é o número de segmentos de uma ordem e $Nu + 1$ é o número de segmentos de ordem imediatamente superior.

A relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem é:

$$RLm = \frac{Lmu}{Lmu}, (2)$$

L_{mu-1}

na qual RL_m é a relação entre os comprimentos médios dos canais; L_{mu} é o comprimento médio dos canais de determinada ordem e L_{mu-1} é o comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior.

Sendo a relação entre os dois índices acima descritos em igualdade, a média do tamanho dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção. Caso contrário (o mais comum), o tamanho dos canais poderá diminuir ou crescer progressivamente com a elevação da ordem dos canais. Segue a seguinte expressão:

$$Rlb = \frac{Rlm}{Rb}, (3)$$

na qual Rlb é a relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação; Rlm é o índice do comprimento médio entre duas ordens subseqüentes e Rb é a relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subseqüentes.

A extensão do percurso superficial, que mede a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, é uma importante variável, pois afeta no desenvolvimento hidrológico e fisiográfico. Relaciona-se diretamente com o número de canais de primeira ordem. A fórmula para calculá-la é expressa por:

$$Eps = \frac{1}{2.Dd}, (4)$$

na qual Eps representa a extensão do percurso superficial e Dd é o valor da densidade de drenagem.

A análise areal da bacia hidrográfica engloba vários índices nos quais intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os índices relacionados abaixo.

A área da bacia (A): é toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em plano horizontal; e o comprimento da bacia (L): várias são as definições a propósito do comprimento da bacia, acarretando diversidade no valor do dado a ser obtido.

A densidade de rios é a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica:

$$Dr = \frac{N}{A}, (5)$$

onde Dr é a densidade de rios; N é o número total de rios ou cursos de água e A é a área da bacia considerada. Considerando a ordenação de Strahler, o número de canais corresponde à quantidade de 1ª ordem, pois implica que os rios surgem em uma nascente. A densidade de rios é importante, pois representa matematicamente a capacidade que a bacia tem de gerar novos cursos de água.

Para o cálculo da densidade da drenagem é considerada a seguinte fórmula:

$$Dd = \frac{L_t}{A}, (6)$$

na qual Dd significa a densidade de drenagem; L_t é o comprimento total dos canais e A é a área da bacia. A densidade de drenagem representa relação inversa com o comprimento dos rios, pois quanto mais aumenta o valor numérico da densidade há diminuição do tamanho dos cursos d'água.

No coeficiente de manutenção é calculada a área mínima necessária para a para que de um metro de canal de escoamento possa se manter.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000, (7)$$

na qual Cm é o coeficiente de manutenção e Dd é o valor da densidade de drenagem, expresso em metros.

A forma da bacia é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro (Miller, 1953):

$$Ic = Ac / A, (8)$$

na qual Ic é o índice de circularidade; A é a área da bacia considerada e Ac é a área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada.

A densidade de segmentos da bacia: é a quantidade de segmentos existentes em determinada bacia hidrográfica por unidade de área:

$$Fs = \sum ni / A, (9)$$

onde ni é o número de segmentos de determinada ordem: $i = 1^\circ, 2^\circ, \dots$, enésima ordem; A é a área da bacia.

De acordo com Christofletti (1980) a amplitude altimétrica máxima é representada pela diferença entre o ponto mais elevado e a desembocadura do canal principal.

A Hm do sistema hidrográfico em análise foi obtida através da diferença entre o ponto mais elevado e o de menor elevação desta forma a amplitude obtida foi igual a maior altitude.

Christofletti (1980, p. 119) menciona ainda que o cálculo da cota máxima corresponde a “média resultante dos pontos mais elevados entre os canais de primeira ordem do trecho superior da bacia considerada”.

A relação de relevo do complexo hidrográfico (RR) Schumm⁵, citado por Christofletti (1980, p. 120) considera-a como “o relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e a maior extensão da referida bacia, medida paralelamente a principal linha de drenagem”. De acordo com o autor mencionado, esta relação pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$Rr = Hm / Lb, (10)$$

onde, Hm representa a amplitude topográfica máxima e Lb o comprimento do sistema hidrográfico ao longo do principal curso hídrico.

Christofletti (1980, p. 112) menciona que “o gradiente dos canais vem a ser a relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos de água, podendo ser medido para o rio principal e para todos os segmentos de qualquer ordem”. Este parâmetro reflete o potencial de energia no canal fluvial.

Este gradiente pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$Gcp = Acp / Ccp \cdot 1000, (11)$$

onde, Acp representa a amplitude altimétrica do canal principal, Ccp o comprimento do canal principal e 1000 representa a unidade de transformação em m/Km.

As equações apresentadas anteriormente são alguns exemplos de cálculos que podem ser aplicados à análise de bacias hidrográficas.

2. Metodologia

A metodologia empregada nesta pesquisa constou de análise criteriosa de procedimentos matemáticos para a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas publicadas na bibliografia mais atualizada comparada aos modelos clássicos, desta forma, somente após a revisão conceitual dos procedimentos sugeridos na bibliografia é que serão aplicados os mais adequados ao propósito desta pesquisa.

A segunda etapa do estudo foi a preparação de uma base de dados georreferenciada da bacia hidrográfica do Rio Maranhão, esta base irá alimentar um Sistema de Informações Geográficas - SIG, o qual tem a capacidade de aglutinar todas as informações pertinentes à área de estudo.

A terceira etapa consistiu em realizar os cálculos adequados para a caracterização morfométrica da bacia em questão, os resultados destes cálculos irão constar do banco de dados em SIG, o que irá subsidiar as análises propostas nos objetivos específicos.

A área de estudo selecionada foi a bacia hidrográfica do rio Maranhão, a qual tem parte de suas nascentes em território do Distrito Federal, mais especificamente ao Norte do DF, se estendendo até a região norte do Estado de Goiás e Sul de Tocantins, região está mais conhecida como “Serra da Mesa”.

3. Resultados

Os resultados obtidos apresentam um arcabouço de informações importantes para o aprofundamento dos estudos nessa bacia, ou seja, buscar detalhar mais a escala de análise e principalmente os principais compartimentos geomorfológicos, os quais foram divididos em: Interflúvios, Região em Dissecação e Fundos de Vale.

Foram gerados a partir da interpolação Modelo Digital de Elevação (MDE) curvas de nível na escala 1:250.000, como também a rede de drenagem representada na Figura 1 extraída pela extensão WATERSHED para ARCVIEW 3.2. a partir da modelagem do MDE, além do mapa de declividade representado na Figura 2 gerado a partir de processamento digital do MDE em ambiente 3D do ARCVIEW 3.2. e das áreas de inundação, fonte IBGE, representada na Figura 3.

A geração da base de dados georreferenciada e do Modelo Digital de Elevação, extraído das informações disponibilizadas pelo SRTM (NASA) possibilitaram maior consistência nos dados hidrológicos, morfométricos, planialtimétricos da bacia de drenagem, bem como refinar a modelagem hidrológica auxiliando na delimitação da bacia e no cálculo do número de canais de drenagem.

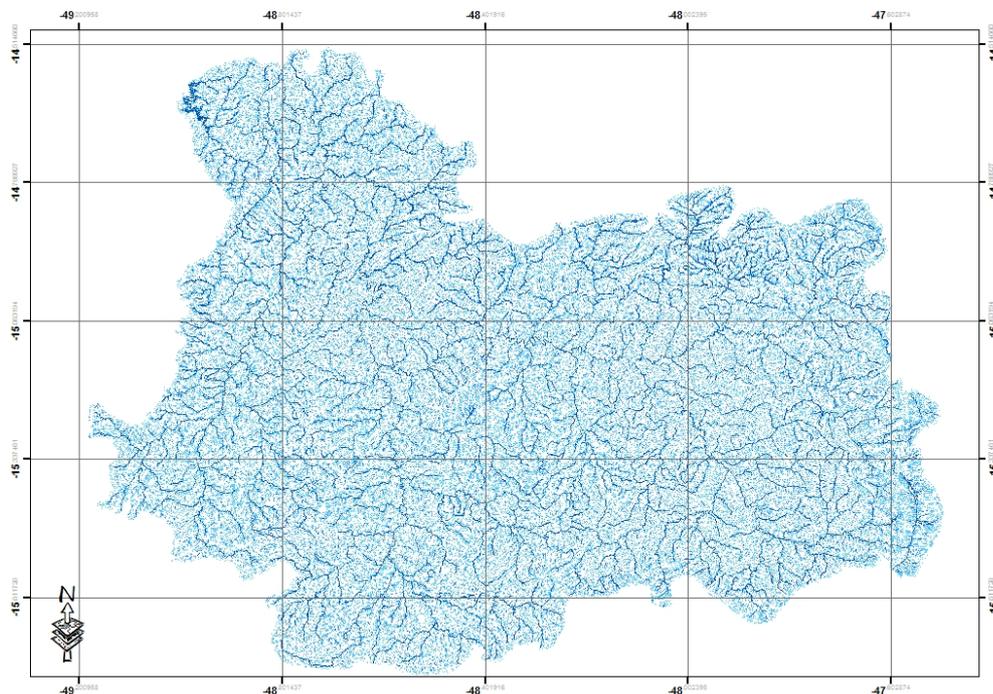


Figura 1. Rede de drenagem

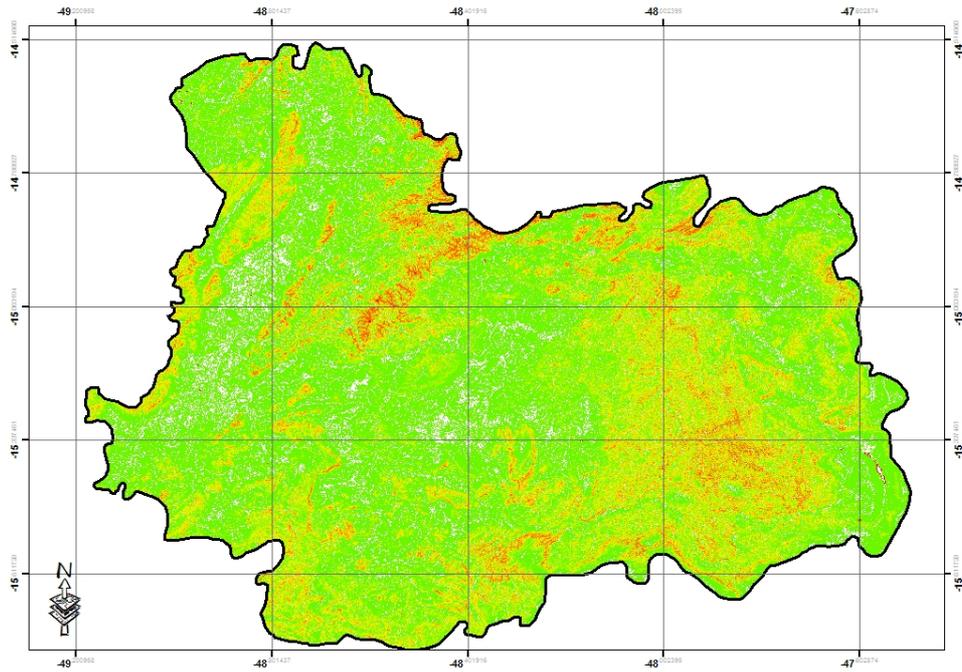


Figura 2. Declividade do terreno

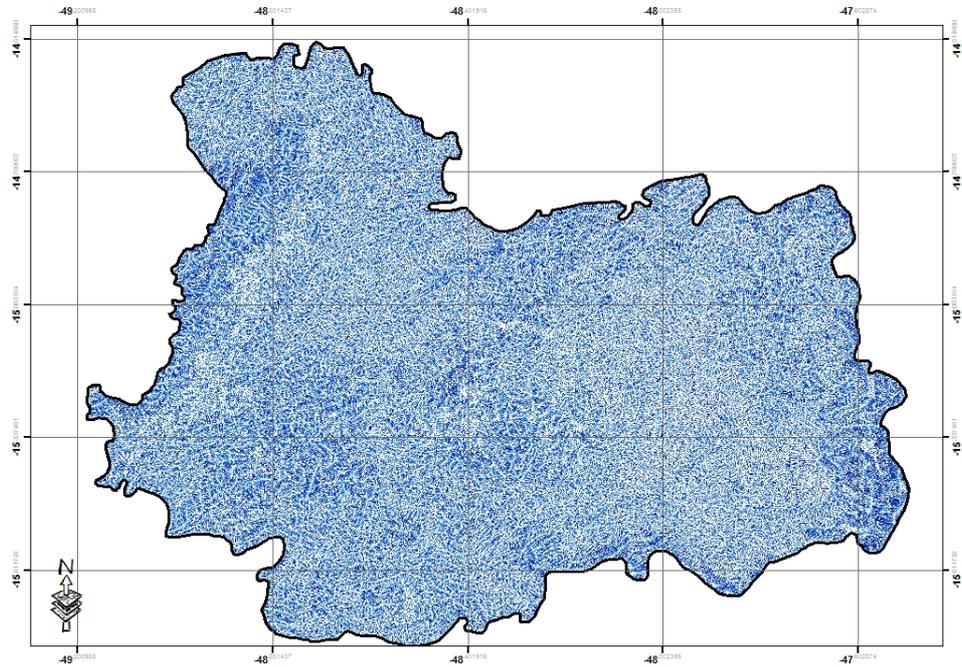


Figura 3. Áreas de inundação

4. Conclusão

O estudo sobre os aspectos geomorfológicos de uma bacia hidrográfica têm grande relevância, por ser esta uma das principais unidades de gerenciamento territorial onde ocorrem as mais variadas atividades econômicas e sociais, pois auxilia no subsídio das ações de gestão de seus recursos hídricos.

Em função do desenvolvimento da sociedade, as bacias têm sido alteradas em sua estrutura física, de acordo com o uso e ocupação do solo, as quais são modeladas também pelas condições geológicas e climáticas locais. Essas alterações provocam efeitos tanto na produção e no transportes de sedimentos, como no regime hídrico e na estrutura dos canais.

Os produtos oriundos da base de dados georreferenciada e das análises dos procedimentos de cálculos morfométricos contribuíram ao refinamento da pesquisa e da aplicação das técnicas, uma vez que o ordenamento hidrográfico pelo uso do SIG permite o ordenamento dos canais conforme Strahler, possibilitando o cálculo posterior da densidade de drenagem da bacia.

A partir dos dados obtidos através dos mapas de hidrografia, drenagem (figura 1), declividade do terreno (figura 2), e escoamento (figura 3) será possível analisar com maior precisão toda a área que compreende a bacia do Rio Maranhão e a partir desta análise indicar as possibilidades de ocupação de áreas por loteamentos e novos agregados, assim como outras formas de uso e ocupação do solo.

Assim sendo é possível determinar as áreas que merecem maior atenção nos processos de gestão ambiental, principalmente as áreas de maior possibilidade de ocupação urbana, com infra-estrutura já existente, associado às áreas com acesso fácil e às áreas onde a declividade não é acentuada. Desta forma, a caracterização geomorfológica é fundamental para que se tenha uma base confiável para análise do ambiente.

Referências Bibliográficas

- BULL, W. B. Discontinuous ephemeral streams. **Geomorphology**, volume 19, p 227-276, 1997.
- CAMPOS, J.E.G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a Gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociência**, vol.34, p 41-48, 2004.
- CASSETI, V. **Fundamentos de Geomorfologia**, Goiânia: UFGO, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**, São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- FAULKNER, S. Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands. **Urban Ecosystems**, LOCAL, volume (v.7), número (n.1), pág. 89 – 106, 2004.
- GUERRA, A. J. T., BOTELHO, R. G. M., Erosão dos Solos. In: GUERRA, A. J. T., CUNHA, S. B. (org). **Geomorfologia do Brasil**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p 181-228.
- MENDONÇA, J. K. S., MENDES, M. R., ALVES, I. S., GUERRA, A. J. T., FEITOSA, A. C. Mapeamento e Monitoramento dos Processo Erosivos no Município de São Luís – MA.. IN: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, IX, São Luís - MA, **Anais**. São Luís, 2002. CD-ROM.
- RESENDE, M. *et al.* **Pedologia: base para distinção de ambientes**, NEPUT, 4ª Edição, 2002.
- STEINKE, V. A. Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal. **Tese de Mestrado**. Brasília – DF., 2003.
- STEINKE, V. A., DA SILVA, G.B.S, SANO, E.E., STEINKE, E. T. A Importância da Escala no Estudo Geomorfológico: O caso da Bacia do Rio Preto no Distrito Federal. IN: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA – I ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, X, Santa Maria – RS, **Anais**. Santa Maria – RS, 2004. CD-ROM.
- STRAHLER, A. N. **Physical Geography**, Nova Iorque: J Wiley, 1945.
- TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. (org.) **Inundações Urbanas na América do Sul**, Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2003, p 45-150.
- TUCCI, C.E.M., SILVEIRA, A., GOLDENFUM, J., GERMANO, A.. Brasil. In: TUCCI, C. E. M., BERTONI, J. C. (org.) **Inundações Urbanas na América do Sul**, Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2003, p 275-324.