

A importância das Ottobacias para gestão de recursos hídricos

João Victor Pacheco Gomes ¹
Rafael Silva de Barros ²

¹Instituto Militar de Engenharia - IME
Praça General Tibúrcio 80, Seção de Engenharia Cartográfica SE/6. Praia Vermelha - Rio de Janeiro – RJ – CEP 22290-270
joaovictorpac@gmail.com

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Bloco I – Sala 012 – Cidade Universitária – Rio de Janeiro – CEP 21949-900
rafael.barros@ufrj.br

Abstract. The present work is to have a study regarding the drainage basin classification proposed by engineer Otto Pfafstatter and its application for water resources management. The growing interest of various institutions in this drainage basin classification model is due to the fact that this model is more appropriate for geoprocessing automatization. We seek to understand the working flow of this methodology and how it can be processed with support of geoprocessing, considering conservation and the use of water resources, take into account the current water crisis widely publicized by the media. Attempted to apply this methodology in a case study in the Rio São João drainage basin, located in the State of Rio de Janeiro, the automated application presented some problems. Further studies will permit the conclusion of the codification.

Palavras-chave: geoprocessing, drainage basin, Ottobasin, geoprocessamento, bacia de drenagem, Ottobacia.

1. Introdução

A disponibilidade hídrica é um tema que está em debate há alguns anos na comunidade científica. A gestão dos recursos hídricos de forma correta e consciente é um tema que ocupa cada vez mais destaque na mídia. Nos últimos anos, governos vêm implementando ações de modo a aperfeiçoar o processo de gestão, preservando a água potável para consumo das gerações atuais, futuras e para os seus diversos usos, industriais e de lazer. Gerir os diversos usos da água sem comprometer com a sua qualidade é um desafio que na atualidade enfrentamos. Para isso é necessário ter um controle dos usos industriais, agrícolas, pessoais e diversos outros que a água pode ter, evitando a contaminação dos mananciais e de todo o sistema hídrico.

A codificação de bacias proposta por Otto Pfafstatter (1989) aperfeiçoa o gerenciamento das bacias de drenagem e possibilita maior controle da ação do homem nessas áreas e das consequências que pode causar em todo o sistema. Trata-se de um método hierárquico que tem como base a topografia do terreno, permitindo um detalhamento do sistema hídrico com uma economia significativa de dígitos, facilitando a visualização dos impactos de determinadas ações na área. É um método perfeitamente adequado à gestão dos recursos hídricos e com aplicabilidade global. A importância desta metodologia é evidente, tendo em vista a sua adoção por diversas instituições e órgãos governamentais (Rupert, 2000).

O objetivo deste trabalho, portanto, é demonstrar uma metodologia de geração de Ottobacias, compatível com a superfície topográfica, em um processo automatizado a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

1.1 Ottobacias

Na década de 1980 o engenheiro Otto Pfafstatter, do extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS), desenvolveu uma metodologia de classificação de bacias hidrográficas baseado na configuração natural do sistema de drenagem. A metodologia veio

contrapor a classificação usual na época que se baseava na numeração dos afluentes de um rio principal de maneira crescente e na direção de jusante a montante, sendo necessário utilizar um grande número de dígitos na classificação de cursos d'água quanto maior fosse o seu nível de detalhamento.

A delimitação das bacias é feita a partir da identificação do rio principal, neste caso Pfafstatter (1989) ressalta que o rio principal será o que possuir a maior área drenada e não o que possuir maior deflúvio anual, como é considerado em muitos estudos. Isso se dá porque a identificação do rio de maior deflúvio demanda um estudo histórico da área e nem sempre esse levantamento é possível. O autor chama a atenção de que em geral a área drenada dos rios é proporcional ao seu deflúvio anual, por isso estabeleceu, para fins de seu método, a área drenada como principal critério de classificação de um rio principal. Dessa forma, o afluente é aquele que drena uma menor área se comparado ao rio principal. A classificação das bacias se dará nessa lógica, das bacias que drenam uma maior área para aquelas que drenam menores áreas.

As quatro maiores bacias são identificadas ao longo do rio principal, destacadas e recebem como código os números pares 2, 4, 6 e 8 que são atribuídos de jusante à montante do rio principal em sentido horário. O código 0 é reservado para a maior bacia fechada, ou seja, uma bacia interna.

As bacias restantes são denominadas de interbacias e são divididas em cinco regiões onde recebem como códigos os números ímpares 1, 3, 5, 7 e 9, também atribuídos de jusante a montante e seguindo o sentido horário. Após a atribuição dos códigos, a configuração das bacias encontra-se de forma que a interbacia 3 se localiza entre as bacias 2 e 4, a interbacia 5, entre as bacias 4 e 6, e assim sucessivamente. Essa delimitação deve ser efetuada a nível continental, desconsiderando as divisões políticas.

Todas as bacias identificadas podem ser subdivididas novamente bastando apenas acrescentar o número a direita do código já estabelecido. Por exemplo, se destacarmos a bacia hidrográfica de número 6 podemos subdividi-la mais uma vez, encontrando as 4 maiores bacias em área de drenagem dentro desta, destacando-as e atribuindo um código de jusante à montante do rio principal, sendo que desta vez os códigos serão antecidos do código referente à bacia principal na qual estão inseridos. Neste exemplo teríamos as bacias 62, 64, 66, 68 (Figura 1).

Da mesma maneira as interbacias identificadas são classificadas atribuindo o número ímpar à direita do código da bacia principal em que estão inseridas. Neste caso teríamos as bacias 63, 65, 67 e 69 (Figura 1), configurando a classificação de nível 2 das Ottobacias. Aqui é utilizado o mesmo critério do Nível 1, onde a interbacia 63 está situada entre a confluência do rio da bacia 62 e a confluência do rio da bacia 64, e assim sucessivamente.

Segundo Pfafstatter (1989), esse processo de subdivisão das bacias e das interbacias pode ser dividido quantas vezes for necessário em vários níveis desde que o detalhamento da base cartográfica permita. O método de Pfafstatter consiste apenas na delimitação das bacias em um detalhamento maior a cada nível, a codificação das bacias seguindo um processo lógico e racional e finalmente a interpretação dos dados para a extração das informações.

A interpretação é um processo também simples, bastando apenas conhecer algumas regras para facilitar a compreensão. Para uma bacia, o último algarismo diferente de zero é sempre par, já para uma interbacia, o número é sempre ímpar. Para uma bacia, se o algarismo mais à esquerda for ímpar significa que o curso d'água deságua em uma das dez regiões marinhas do mundo. Se o número mais à esquerda for par significa que pertence a um dos quatro maiores rios de cada região marinha ou um de seus afluentes. Para uma interbacia, se o número mais à esquerda for ímpar, isso significa que a interbacia pertence a uma das regiões costeiras, principais. Se o número for par, significa que pertence a uma das quatro bacias principais que

deságuam no oceano. Se os dois números forem ímpares, trata-se de uma subdivisão de uma interbacia de ordem superior.

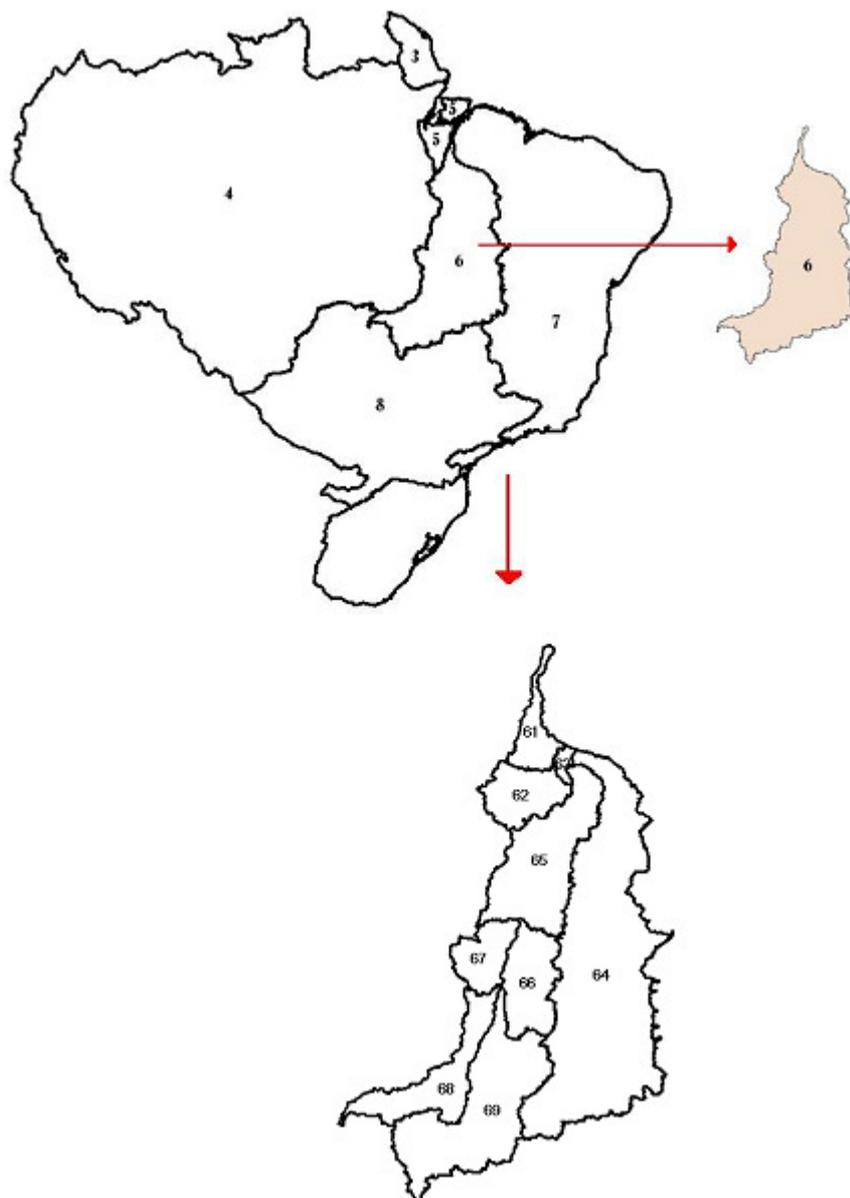


Figura 1: Classificação das Ottobacias (Adaptação dos dados disponíveis em: <http://www.ana.gov.br>).

A Ottocodificação é também aplicada à classificação dos cursos d'água, neste caso o código de curso d'água deriva do próprio código da bacia, mas excluídos os últimos algarismos ímpares, que identificam as interbacias, até o próximo número par (ANA, 2006).

Dentre as vantagens da Ottobacia, como ficou conhecida essa metodologia, pode-se citar: a economia de caracteres do código; a característica de possuir embutida nos dígitos a informação topológica da bacia; e a sua aplicabilidade global. A partir desta técnica é possível realizar de forma otimizada, o controle das atividades implementadas na região, pois é possível identificar rapidamente quais bacias se encontram a montante ou jusante daquela estudada, realizar a identificação da bacia hidrográfica, seu rio principal e o seu relacionamento com as demais bacias da região (Galvão e Meneses, 2005).

Gomes e Lobão (2007), destacam que reconhecendo as limitações dos métodos manuais de delimitação e codificação de bacias, devido à carga de subjetividade inerente a eles, tem sido comum a utilização de dados em formato digital, principalmente a partir de Modelos Digitais de Elevação. Estes autores afirmam, ainda que a Ottobacia é o modelo de classificação mais adequado para se trabalhar em sistemas computacionais.

A utilização da Ottobacias em Sistema de Informações Geográficas, conforme destaca Teixeira (2007), ajuda os gestores na tomada de decisão em recursos hídricos, principalmente no que diz respeito à divisão de unidades de Gestão que se baseia na divisão por bacias e a determinação de dominialidade de cursos d'água.

2. Metodologia de Trabalho

A área de Estudo utilizada para a codificação conforme a metodologia aqui proposta, é a bacia do Rio São João, localizada a cerca de 74 km da cidade do Rio de Janeiro. Conforme destaca Bidegain (2002), a bacia do Rio São João está localizada entre 22° 20' e 22° 50' de latitude sul e 42° 00' e 42° 40' de longitude oeste, compreendendo uma superfície de 2.160 km² e perímetro de 266 km. O ponto mais elevado está a 1.719 metros de altitude. A bacia faz limite a oeste com a bacia da Baía da Guanabara, ao norte e nordeste com as bacias dos rios Macaé e das Ostras e ao sul com as bacias do Rio Una e das lagoas de Araruama, Jacarepiá e Saquarema. Oito municípios integram o território da bacia. Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Casimiro de Abreu, Araruama, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e Rio das Ostras encontram-se parcialmente inseridos na bacia, enquanto o município de Silva Jardim está integralmente nela inserido.

2.1 Aquisição de Dados

Os MDEs, com resolução espacial de 30 metros, foram adquiridos gratuitamente a partir do website do ASTER GDEM (<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/search.jsp>). Não foi possível dar conta de toda a área de estudo a partir de um modelo apenas, pois parte ficava de fora e por esse motivo, para compreender toda a área de estudo, foi necessário adquirir dois modelos.

As informações sobre as Ottobacias estão disponíveis no website da ANA (<http://www.ana.gov.br>). Foi possível obter a rede hidrográfica codificada para todo o Brasil em um arquivo *shp* em formato vetorial, compreendendo ottobacias do nível 1 ao 6 em um arquivo vetorial em formato *shapefile*, e a divisão hidrográfica nacional estabelecida pela Resolução n° 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e adotada pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) também em arquivo vetorial no formato *shapefile*.

O aplicativo OTTOSIS foi desenvolvido por Rubert (2000) para a realização de uma Ottocodificação automática a partir de MDEs. O aplicativo foi criado a partir da linguagem AML – *Arc Macro language*, um conjunto de rotinas desenvolvidas pela ESRI. O OTTOSIS implementa e automatiza os conceitos apresentados por Pfafstatter(1989) e aplica correções necessárias ao MDE ao longo da hidrografia mapeada. Para a sua utilização é necessário ter um MDEHC (Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente) da área de interesse e as informações de hidrografia mapeada. O aplicativo pode ser adquirido gratuitamente na internet (www.esri.com).

2.2 Operacionalização

Seguindo o procedimento descrito por Silva (2007), foi realizado um *Stream Burning* que consiste na imposição forçada da hidrografia vetorial, extraída das bases cartográficas, através do aprofundamento do relevo ao longo desta hidrografia no MDE (Figura 2). Esta etapa foi realizada através da aplicação do algoritmo *AgreeDEM*, é um tipo de *stream burning*, que

realiza a diminuição do valor de altitude das células do MDE ao longo da hidrografia vetorial (Silva, 2007).

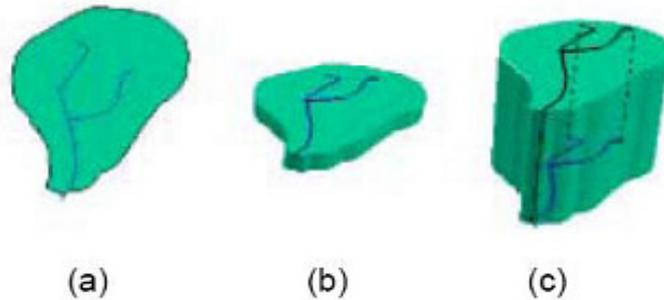


Figura 2: Stream Burning. Adaptado de SILVA (2007).

Em seguida foi realizado o preenchimento de depressões espúrias. Esta etapa consiste na eliminação de depressões existentes no MDE ou aquelas introduzidas durante o processo do *Stream Burning*, ou ainda células sem valores no MDE. Conforme explica Silva (2007), depressões são células cercadas por outras células com valores maiores de elevação e provocam a descontinuidade do escoamento superficial para a célula vizinha, o que não é desejável.

No entanto, apenas esses procedimentos ainda não proporcionam uma maior coincidência entre o MDE e a hidrografia, para isso foi necessária a constituição de talwegues no MDE. Segundo Guerra (1966), o talvegue consiste na linha de maior profundidade no leito fluvial, o termo talvegue significa “caminho do vale”. Para executar esse procedimento foi utilizado o algoritmo *AgreeDEM* (Silva, 2007) disponível no aplicativo ArcHydroTools.

O passo seguinte foi a geração de um plano de informação referente à direção de escoamento. A partir desse ponto, tem-se em mãos um MDEHC, tendo em vista as correções efetuadas e por esse motivo foi dada a continuidade no procedimento a partir da utilização do aplicativo OTTOSIS (Figura 3) a fim de gerar as Ottobacias a partir da inserção de uma linha de comando para a sua execução.

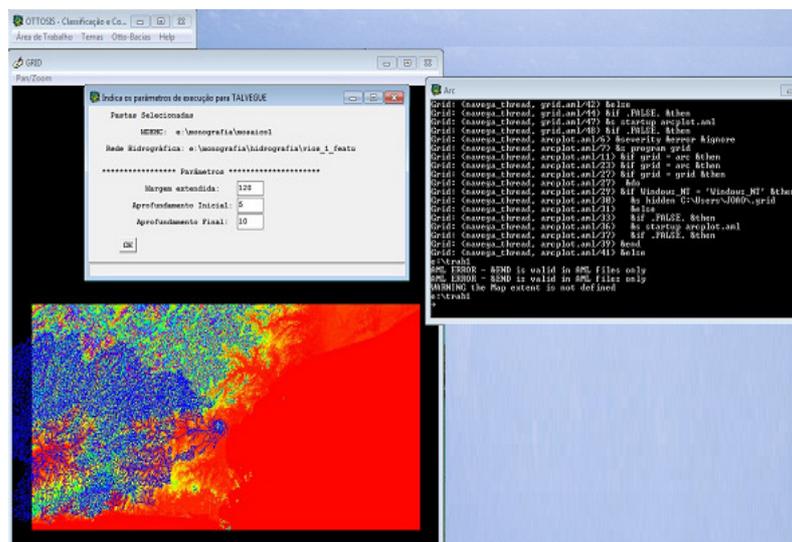


Figura 3: tela do aplicativo OTTOSIS.

Para a geração das Ottobacias é necessário informar o código final da bacia a ser delimitada. Para a obtenção desse código foi utilizado o arquivo disponível pela ANA: a codificação de nível 4. Neste arquivo foi realizado um trabalho de análise para identificar a ottobacia que coincidia com a área da bacia do Rio São João, compreendendo assim a área de estudo. A região Ottocodificada que compreende a área é identificada sob o código 7736.

No entanto o processo do programa se revelou insatisfatório, pois a Ottocodificação não foi realizada como deveria. Após os procedimentos listados acima e a delimitação da área a ser codificada, o programa informou uma mensagem de erro e não efetuou o processo. Foram realizadas diversas tentativas, com o retrabalho sobre o material, modificação na forma de introduzir os dados, mas em nenhum dos casos foram obtidos resultados diferentes.

O autor do aplicativo, Og Arão de Oliveira Rupert, foi contatado várias vezes e se mostrou totalmente disposto a ajudar a solucionar os problemas encontrados no processamento dos dados. No entanto a cada avanço um novo obstáculo aparecia e o procedimento aqui descrito atinge o ponto em que nos encontramos atualmente: a revisão bibliográfica e a geração do MDEHC.

3. Resultados

Como resultados obtidos até este momento, tem-se a construção de um modelo digital de elevação hidrologicamente consistente, além disso, obtemos também um modelo de direção de escoamento do fluxo d'água (figura 4).

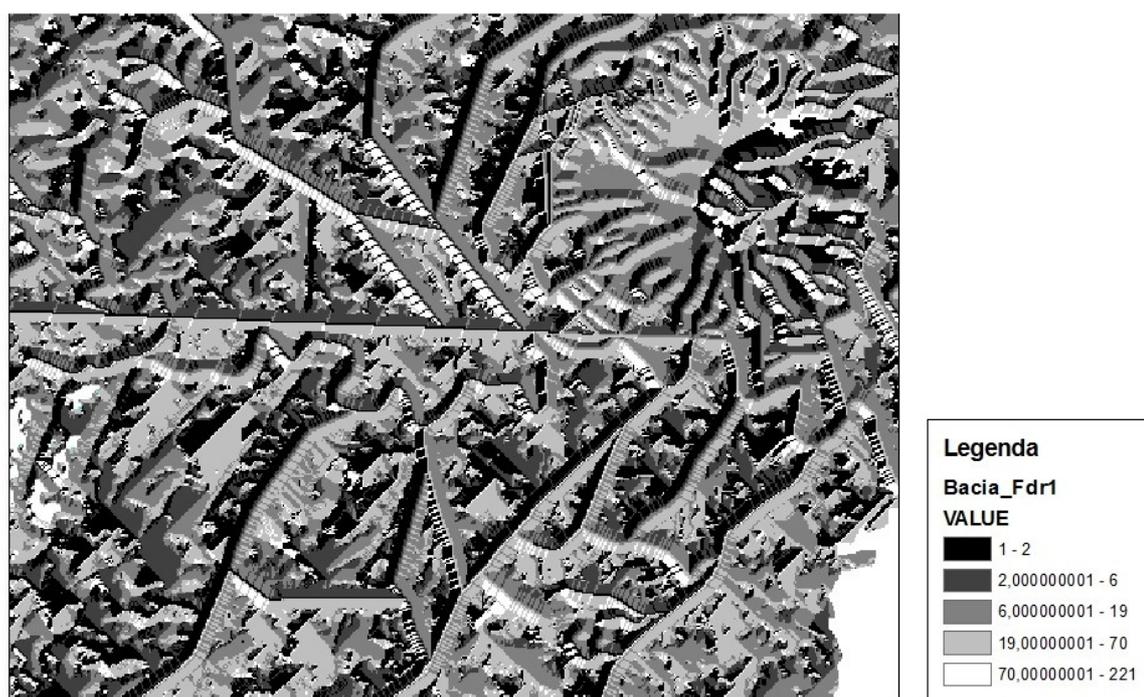


Figura 4: Direção de escoamento dos fluxos d'água

A opção neste trabalho na realização de uma codificação automática na bacia do Rio São João como exemplo de sua aplicabilidade, encontrou uma série de dificuldades no que diz respeito aos aplicativos utilizados.

O primeiro obstáculo encontrado diz respeito à necessidade de realizar sucessivas conversões nos arquivos para a utilização nos diversos aplicativos. Este problema, além de dificultar a realização das atividades, dificulta também a popularização desta metodologia. Os procedimentos de conversão de dados podem acarretar também a perda de dados e/ou qualidade que em um projeto mais minucioso pode se tornar um problema. Um exemplo disso

pode ser observado com o georreferenciamento dos dados que se perde após uma conversão desse tipo. Foi necessário realizar novamente o georreferenciamento de modo a se obter a concordância do MDE com a Hidrografia. Como neste trabalho não se dispunha de recursos e o resultado não precisava ser um produto minucioso, o georreferenciamento foi realizado com base nos dados de bacia e hidrografia em formatos *shp* disponíveis.

Outra dificuldade encontrada foi a falta de material teórico-conceitual referente ao MDEHC. Observou-se que muitos trabalhos divulgados utilizam este produto, mas ainda não é fácil encontrar um campo teórico consagrado sobre o assunto, o que gera muita confusão quando se questiona como gerar um MDEHC. As dificuldades para encontrar os procedimentos necessários para transformar um MDE em um MDEHC revelam a necessidade de se estudar a fundo este produto de modo a divulgar informações para a comunidade científica que a cada dia mais vem se preocupando com a precisão/exatidão dos dados geográficos. É necessário, portanto, desenvolver trabalhos teórico-conceituais de modo a difundir o uso deste produto nos estudos hidrológicos.

Apesar do apoio recebido do seu desenvolvedor, não se obteve sucesso em codificar as ottobacias a partir do software OTTOSIS. Sendo o OTTOSIS, até então, o único aplicativo de uso público capaz de realizar a Ottocodificação a partir de dados hidrológicos e um MDEHC, este problema apresenta uma gravidade ímpar, já que a difusão dessa metodologia se faz necessária, pois os estudos científicos devem ser de alguma maneira unificados e as Ottobacias correspondem a um modelo já adotado pela ANA e que começa a se difundir por outros países.

4. Conclusão

O processo de Ottocodificação, devido a todas as suas possibilidades já descritas neste trabalho, que tanto facilitam o processo de gestão e implementação de ações, deve ser tomado como base das pesquisas relacionadas às bacias hidrográficas. No entanto, é necessário buscar uma metodologia de geração de Ottobacias que possa ser facilmente absorvida por pesquisadores de diversas áreas de atuações em diversas instituições e, assim, buscar unificar os estudos hidrológicos relativos a uma mesma área, com uma mesma codificação. Isso facilitaria o cruzamento de informações, poupando tempo e ao mesmo tempo diversificando o conhecimento sobre uma determinada área sob diversos pontos de vista.

Ao realizarem estudos hidrológicos desta sendo tratada a questão das águas, um recurso cada vez mais ameaçado pelas ações do próprio homem, que agora vem tentando reverter esse processo, qualquer ferramenta que venha auxiliar a gestão de recursos hídricos, que dinamize os estudos hidrológicos, é uma ferramenta que visa o bem estar social, a vida, e é digna de toda atenção científica.

5. Bibliografia

Agência Nacional de Águas. Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos: versão 1.11, Superintendência de Gestão da Informação, Brasília: ANA, SGI, 2006.

Barbosa, Felipe Lima Ramos; Silva, Marco Antonio. [ET AL]. Delimitação de Ottobacias a partir de modelo digital de elevação para a bacia do Verde Grande. . Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 3271-3278. Florianópolis, 2007, INPE.

Barros, Rafael Silva de. Avaliação da Altimetria de Modelos Digitais de Elevação Obtidos a Partir de Sensores Orbitais [Rio de Janeiro], 2006. XIX, 172p.(IGEO/ UFRJ), Tese de Doutorado, Geografia, 2006.

Bidegain, P. e Michael, C. Bacia Hidrográfica dos Rios São João e das Ostras – Águas, Terras e Conservação Ambiental. Consórcio Intermunicipal Lagos São João: Rio de Janeiro, 2002.

Fernandes, Manoel do Couto; Menezes, Paulo Márcio Leal de. Comparação entre Métodos para a Geração de MDE para a Obtenção de Informações em Superfície Real no Maciço da Tijuca. 2005. UFRJ.

Florenzano, T.G. Imagens de Satélite para estudos ambientais. São Paulo. Oficina de Textos, 2002. 97p

Galvão, Wolgran Soares; Meneses, Paulo Roberto. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE.

Guerra, Antônio Teixeira. Dicionário Geológico-Geomorfológico. IBGE, Rio de Janeiro, 1966.

Leal, Márcia Souza. Gestão Ambiental de Recursos Hídricos: princípios e aplicações. Rio de Janeiro. CPRM. 1998.

Pfafstetter, O. Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação. Rio de Janeiro, RJ: DNOS, 1989.

Rubert, Og Arão Vieira (2000). Codificação automática de regiões hidrográficas utilizando sistemas de informação geográfica. Viçosa: UFV, 2000.

Silva, Natanael S.; Ribeiro, Carlos Antonio Alvares Soares. [ET AL]. Sistema de Otto-Codificação Modificado para Endereçamento de redes Hidrográficas. Revista *Árvore*, v.32, n.5. Viçosa, 2008.

Silva, P. A. Classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras segundo o método Pfafstetter, com uso de geoprocessamento. ENCUESTRO DE LAS AGUAS, 2, 1999, Montevideo. Proceedings... Montevideo, URUGUAY: IICA, 1999.
(<http://www.iica.org.uy>).

Silva, M. A.; Júnior, G. J. L. D. ; Pinto, M. B. P.; Teixeira, A. A.;Prado, A.; Scherer-Warren , M.;Trigo, A. J. ;Borelli, A. J. Construção De Base Hidrografica Ottocodificada: Metodologia Para Delimitação De Bacias A Partir De Modelo Digital De Elevação: o caso da bacia do rio São Francisco. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 17, 2007, São Paulo.

Valeriano, Márcio MorissonN. TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.

Verdin, K. L.; Verdin, J. P. A Topological System for Deliniation and Condification of the Earth's River Basins. *Journal of Hydrology*, v. 218, p.1-12, 1999.