

## **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas**

Wougran Soares Galvão<sup>1</sup>  
Paulo Roberto Meneses<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL  
SGAN Quadra 603 / Módulos I e J - 70830-030 - Brasília - DF, Brasil  
wougran@aneel.gov.br

<sup>2</sup> Instituto de Geociências - UnB  
Caixa Postal 04457 – 70919-970 - Brasília - DF, Brasil  
pmeneses@unb.br

**Abstract.** The available classification and codification systems of river basin used by ANEEL, ANA, IBGE, SRH e CNRH were evaluated and the Otto Pfafstetter' system was selected as the more appropriate in the planning of hydrometric networks.

**Palavras-chave:** river basin, classification and codification systems, hydrometric networks, Otto-basin, bacias hidrográficas, sistemas de classificação e codificação, redes hidrométricas, ottobacias.

### **1. Introdução**

Ao longo da década de 70 e, mais acentuadamente na de 80, a sociedade começou a despertar para as ameaças a que estava sujeita se não mudasse de comportamento quanto ao uso de seus recursos hídricos. Nesse período, várias comissões interministeriais foram instituídas para encontrar meios de aprimorar nosso sistema de uso múltiplo dos recursos hídricos e minimizar os riscos de comprometimento de sua qualidade, principalmente no que se refere às futuras gerações, pois a vulnerabilidade desse recurso natural já havia começado a se fazer sentir. O Brasil já dispunha de um texto sobre o direito da água desde 1934, o Código de Águas. Porém, tal ordenamento não havia sido capaz de incorporar meios para combater o desconforto hídrico, a contaminação das águas e conflitos de uso, tampouco para promover os meios de uma gestão descentralizada e participativa, exigências dos dias de hoje. Foi exatamente para preencher essa lacuna que foi elaborada a Lei nº 9.433 de 08.01.1997, cujo projeto havia sido exaustivamente debatido durante os anos 80 e 90, até a sua promulgação (Setti et al., 2001).

Alguns princípios fundamentais que devem sempre nortear qualquer processo de gerenciamento de recursos hídricos que se queira implementar são:

- o acesso aos recursos hídricos é um direito de todos;
- a água deve constituir um bem econômico;
- existe um sistema de planejamento e controle;
- critérios sociais, econômicos e ambientais determinam a distribuição;
- a educação ambiental está presente em toda ação programada;
- os usuários participam da administração da água;
- quando os rios atravessam ou servem de fronteiras entre países, a cooperação internacional é indispensável;
- o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento de recursos humanos são constantes;

- a avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país é uma responsabilidade nacional e são assegurados os recursos financeiros necessários;
- dados e informações sobre os recursos hídricos, coletados e gerados, são disseminados ao governo (federal, estadual e municipal) e à sociedade, de forma rápida, consistida e sem ônus, por intermédio de relatórios, livros, etc., e por meio de sistemas de informações (internet, intranet, CDs);
- **a bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento.**

A Lei 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, definiu que a “**Bacia Hidrográfica**” é a “**unidade territorial**” para a operacionalização dessa política e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Logo, os Planos Básicos de Recursos Hídricos deverão ser elaborados por bacia hidrográfica, para cada Estado e para o país, o que torna imprescindível a definição de um sistema único de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras.

## **2. Sistemas de Classificação e Codificação das bacias hidrográficas brasileiras**

Atualmente, na área federal, quatro importantes órgãos utilizam sistemas distintos de classificação e codificação de bacias hidrográficas.

### **2.1 A classificação adotada pelo DNAEE/ANEEL**

No início da década de 70, com o propósito de melhorar o conhecimento e adaptar a sua estrutura para atender à área hidrológica, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), órgão já extinto e substituído pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), firmou um Acordo de Cooperação Técnica com o U.S. Geological Survey – Water Resources Division, através do Programa da USAID (Agency For International Development). Num trabalho conjunto entre os técnicos brasileiros e americanos, foi criado o Sistema de Informações Hidrológicas – SIH, marco de maior importância na modernização dos trabalhos do DNAEE, possibilitando o tratamento informatizado dos dados hidrológicos.

Na mesma época, com o propósito de ampliar e aperfeiçoar o serviço de oferta de dados e atendimento aos usuários, bem como realizar os estudos necessários para a implantação do Sistema de Informações Hidrológicas – SIH, com capacidade para processar os dados com eficiência e em tempo hábil, de acordo com as técnicas e tecnologias existentes no período, foi instituído em fevereiro de 1972 o “PROJETO HIDROLOGIA”.

Um dos trabalhos iniciais do “PROJETO HIDROLOGIA” foi a divisão do território nacional em oito grandes bacias ou regiões hidrográficas, e cada uma delas subdividida em dez sub-bacias, objetivando, principalmente, a codificação das estações fluviométricas (Ibiapina et al., 1999).

As oito grandes bacias hidrográficas brasileiras foram codificadas e identificadas da seguinte forma: Bacia 1 – Bacia do rio Amazonas, Bacia 2 – Bacia do rio Tocantins, Bacia 3 – Bacia do Atlântico, Trecho Norte/Nordeste, Bacia 4 – Bacia do rio São Francisco, Bacia 5 – Bacia do Atlântico, Trecho Leste, Bacia 6 – Bacia do rio Paraná, Bacia 7 – Bacia do rio Uruguai e Bacia 8 – Bacia do Atlântico, Trecho Sudeste

Por extensão, atribui-se a denominação de Bacia 9 à área de drenagem de qualquer bacia hidrográfica da América do Sul que não tenha interferência na rede brasileira. A **Figura 1** apresenta a codificação e identificação das bacias e sub-bacias hidrográficas brasileiras, segundo a Classificação do DNAEE/ANEEL.

### **2.2 A classificação adotada pela SRH/Ottobacias**

O Engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter, do extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), desenvolveu um eficiente e engenhoso método de subdivisão e

codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionado com a área de drenagem dos cursos d'água (Pfafstetter, 1989).

Trata-se de um método natural, hierárquico, baseado na topografia da área drenada e na topologia (conectividade e direção) da rede de drenagem. Sua aplicabilidade em escala global, com o emprego de poucos dígitos, além da amarração nos dígitos da relação topológica entre as bacias hidrográficas, são as características marcantes do método de Otto Pfafstetter.

A técnica desenvolvida por Otto Pfafstetter, conhecida pelo nome de “Ottobacias”, caracteriza-se por sua racionalidade. Utilizando pequena quantidade de dígitos em um código específico para uma dada bacia, o método permite inferir através desse código quais as bacias hidrográficas que se localizam a montante e a jusante daquela em estudo. Cada vez que for citada uma determinada numeração, sabe-se exatamente a identificação da bacia hidrográfica, seu rio principal e seu relacionamento com as demais bacias da mesma região hidrográfica, até o nível continental (Silva, 1999).

Neste método, inicialmente utilizado pela extinta Secretaria Nacional de Irrigação (atual Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente), sendo adotado em seu Cadastro Nacional de Irrigantes (Rubert e Figueiredo, 2001), a importância de qualquer rio está relacionada com a área de sua bacia hidrográfica. É feita uma distinção entre rio principal e tributário em função do critério de área drenada. De acordo com Pfafstetter (1989), as bacias são divididas em três tipos: bacias, interbacias e bacias internas. Uma bacia é uma área que não recebe drenagem de qualquer outra área de drenagem; uma interbacia é uma bacia que recebe fluxo de água de bacias a montante; e, uma bacia interna é uma área de drenagem que não contribui com fluxo de água para outra sub-bacia ou para um corpo d'água (tais como oceano ou lago).

A metodologia de Otto Pfafstetter é aplicada inicialmente para o continente (nível 1), com numeração seqüencial no sentido horário, a partir do norte. Os códigos são aplicados às quatro maiores bacias hidrográficas identificadas que drenam diretamente para o mar, sendo-lhes atribuídos os algarismos pares 2, 4, 6 e 8, no sentido de jusante para montante do fluxo do rio principal. Os outros tributários do rio principal são agrupados nas áreas restantes, denominadas interbacias, que recebem, no mesmo sentido, os algarismos ímpares 1, 3, 5, 7 e 9. A interbacia 3 encontra-se entre as bacias 2 e 4, a interbacia 5 encontra-se entre as bacias 4 e 6, e assim sucessivamente (**Figura 2**). A maior bacia fechada é atribuído o código 0 (zero). Cada uma dessas bacias e interbacias, resultantes dessa primeira subdivisão, pode ser subdividida da mesma maneira, de modo que a subdivisão da bacia 8 gera as bacias 82, 84, 86 e 88 e as interbacias 81, 83, 85, 87 e 89. O mesmo processo aplica-se às interbacias resultantes da primeira divisão, de modo que a interbacia 5, por exemplo, se subdivide nas bacias 52, 54, 56 e 58 e nas interbacias 51, 53, 55, 57 e 59. Os algarismos da subdivisão são simplesmente acrescidos ao código da bacia (ou interbacia) que está sendo subdividida. Os algarismos de um código dão informações de conectividade da rede hidrográfica. Um último algarismo par caracteriza uma bacia hidrográfica (área que drena para um determinado rio). Da mesma forma, um último algarismo ímpar caracteriza uma interbacia, e não uma bacia hidrográfica. A **Figura 3** representa o Nível 3 de codificação de Pfafstetter (1989) para as bacias hidrográficas brasileiras.

### 2.3 A classificação adotada pelo IBGE

No ano de 2000, o IBGE lançou pela primeira vez uma classificação geral das bacias hidrográficas brasileiras, a partir de critérios geográficos. Os limites das bacias foram definidos com base na Carta Internacional ao Milionésimo - CIM, onde se observou os interflúvios principais a partir de curvas de nível. Por limitação da escala, as áreas insulares

(ilhas de São Luís, Itaparica, Fernando de Noronha e outras) foram associadas às bacias mais próximas; na Região Sul, as lagoas dos Patos e Mirim e os rios que nelas deságuam foram considerados como um único sistema hidrográfico.

As bacias que ocupam grandes extensões espaciais (Amazonas, Tocantins e Prata) foram individualizadas e permitiram a compartimentação nas principais sub-bacias. As bacias costeiras menores foram reunidas adotando-se o critério de conjugá-las a um rio principal, eleito pela sua importância regional. Numerais romanos associados a cores identificam os dez compartimentos maiores; números arábicos associam-se às subdivisões internas.

A partir dos critérios adotados anteriormente, o IBGE (2000) classificou e codificou as bacias hidrográficas brasileiras, na escala 1:1.000.000, em 10 (dez) bacias e 57 (cinquenta e sete) sub-bacias.

#### **2.4 A classificação adotada pelo CNRH**

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH promoveu nos últimos anos uma ampla discussão sobre os sistemas de classificação e codificação de bacias hidrográficas adotados no Brasil, levando em consideração:

- a importância da redefinição da sistemática para codificação de bacias hidrográficas para a Política Nacional de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e a gestão dos recursos hídricos no âmbito nacional, em particular para a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos;
- a necessidade de se adotar metodologia de referência que permita procedimentos padronizados de subdivisões e agrupamentos de bacias e regiões hidrográficas; e
- a necessidade de sistematização e compartilhamento de informações, preconizadas na Lei nº 9.433, de 1997, requer o referenciamento de bases de dados por bacias hidrográficas, unidade básica do gerenciamento de recursos hídricos.

Em 19 de março de 2003, foi publicado no Diário Oficial da União a Resolução nº 30 do CNRH, aprovada em 11 de dezembro de 2002, adotando, para efeito de codificação das bacias hidrográficas no âmbito nacional, a metodologia desenvolvida pelo Pfafstetter (1989). Foram publicados os limites geográficos correspondentes aos níveis 1 e 2 da referida codificação, como anexos da resolução.

Em 15 de outubro de 2003, foi aprovada pelo CNRH a Resolução nº 32, publicada no Diário oficial da União em 17 de dezembro de 2003, que instituiu a Divisão Hidrográfica Nacional em regiões hidrográficas, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Nela foi considerada, como região hidrográfica, o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. A Divisão Hidrográfica Nacional adotada foi a defendida pelo IBGE, através de uma Nota Técnica encaminhada ao CNRH, contendo dois níveis de classificação (nível I – 12 regiões hidrográficas; nível II – 30 bacias/regiões hidrográficas).

#### **2.5 A classificação adotada pela ANA**

Com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), a mesma assumiu a responsabilidade pela administração da rede hidrométrica nacional. A ANEEL, em 01 de janeiro de 2002, efetuou a transferência das atribuições do planejamento e operação da rede nacional para a ANA, repassando toda a infra-estrutura associada à mesma.

Atualmente, a ANA opera a rede hidrométrica nacional seguindo a classificação de bacias hidrográficas adotada pelo DNAEE/ANEEL.

### **3. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação de bacias hidrográficas com fins ao planejamento de redes hidrométricas**

Foi feita uma avaliação e comparação entre os métodos de classificação e codificação de bacias hidrográficas empregados no Brasil pelo DNAEE/ANEEL, IBGE, SRH e CNRH, e a relação das mesmas com a bacia do rio São Francisco, para fins de identificação daquele mais apropriado para apoiar o processo de planejamento de redes hidrometeorológicas.

A classificação e codificação de bacias hidrográficas adotada pela ANEEL durante a sua fase de administração da rede hidrometeorológica nacional (1997-2001), foi aquela desenvolvida pelo DNAEE em 1972, em parceria com o U. S. Geological Survey, tendo sido definidos dois níveis. No primeiro nível de classificação, o território nacional foi dividido em 8 (oito) grandes bacias ou regiões hidrográficas, e, no segundo nível, cada uma delas foi subdividida em 10 (dez) sub-bacias hidrográficas, totalizando para o país 76 (setenta e seis) sub-bacias. No segundo nível de classificação para o Brasil, as áreas das sub-bacias variam de 3.093 Km<sup>2</sup> a 672.731 Km<sup>2</sup>, com um tamanho médio de 116.993 Km<sup>2</sup>. No caso da bacia do rio São Francisco, as áreas das sub-bacias variam de 29.060 Km<sup>2</sup> a 119.087 Km<sup>2</sup>, com um tamanho médio de 63.712 Km<sup>2</sup>. A delimitação cartográfica das bacias e sub-bacias hidrográficas do sistema de classificação do DNAEE/ANEEL foi realizada na escala 1:1.000.000. Todo o planejamento e gerenciamento da rede hidrometeorológica nacional foi conduzido pelo DNAEE/ANEEL com base em apenas dois níveis de classificação de sub-bacias, objetivando principalmente a codificação das estações fluviométricas.

A classificação e codificação de bacias hidrográficas brasileiras adotada pelo IBGE em 2000, tomou como base critérios geográficos, sendo adotados dois níveis. No primeiro nível de classificação, o território nacional foi dividido em 10 (dez) grandes bacias ou regiões hidrográficas, e, no segundo nível, o país foi subdividido em 57 (cinquenta e sete) sub-bacias hidrográficas. No segundo nível de classificação para o Brasil, as áreas das sub-bacias variam de 8.559 Km<sup>2</sup> a 893.305 Km<sup>2</sup>, com um tamanho médio de 152.270 Km<sup>2</sup>. No caso da bacia do rio São Francisco, não foram delimitadas sub-bacias no nível 02 do sistema de classificação do IBGE. A delimitação cartográfica das bacias e sub-bacias hidrográficas do sistema de classificação do IBGE (2000) também foi realizada na escala 1:1.000.000.

A classificação e codificação de bacias hidrográficas brasileiras adotada pelo CNRH em 2003, tomou como base critérios naturais, sociais e econômicos para a definição do primeiro nível de classificação com 12 regiões geográficas, e o segundo nível com trinta bacias/regiões hidrográficas. No caso da bacia do rio São Francisco, não foram delimitadas sub-bacias no nível 02 do sistema de classificação do CNRH. A delimitação cartográfica das bacias e sub-bacias hidrográficas do sistema de classificação do CNRH também foi realizada na escala 1:1.000.000.

A classificação e codificação de bacias hidrográficas brasileiras adotada pela SRH em 1998 foi aquela desenvolvida por Pfafstetter (1989), baseada na topografia da área drenada e na topologia (conectividade e direção) da rede de drenagem, sendo o detalhamento dos níveis de classificação função da escala das folhas topográficas existentes para a região. A delimitação cartográfica das bacias e sub-bacias hidrográficas do sistema de classificação da SRH foi realizada na escala 1:1.000.000, até o nível 5 da classificação de Pfafstetter. No primeiro nível de classificação, o território nacional encontra-se dividido em 6 (seis) grandes bacias ou regiões hidrográficas, no segundo nível em 30 (trinta) sub-bacias hidrográficas, no terceiro nível em 217 (duzentos e dezessete), no quarto nível em 892 (oitocentos e noventa e dois) e no quinto nível em 1347 (mil trezentos e quarenta e sete). No quinto nível de classificação para o Brasil, as áreas das sub-bacias variam de 3 Km<sup>2</sup> a 143.204 Km<sup>2</sup>, com um tamanho médio de 6.198 Km<sup>2</sup>. No caso da bacia do rio São Francisco foram definidas 297 sub-bacias no nível 5 de Pfafstetter, com áreas de drenagem variando de 5 Km<sup>2</sup> a 19.716 Km<sup>2</sup>,

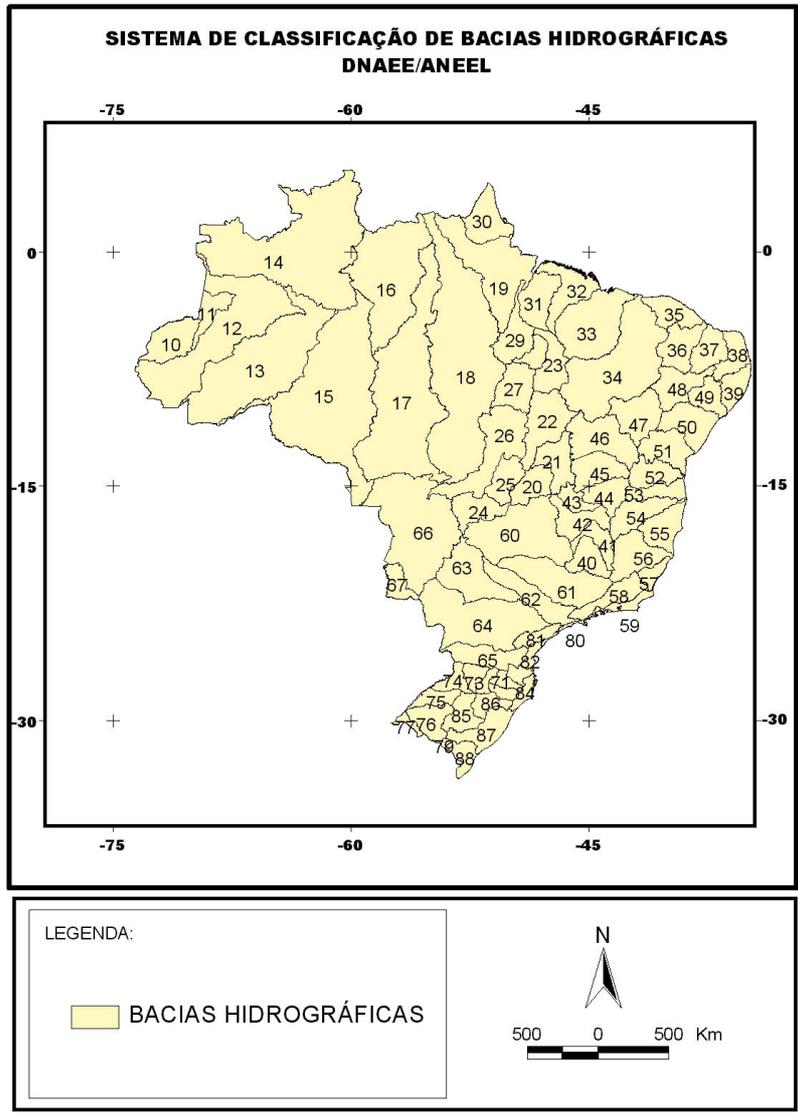
com um tamanho médio de 2.137 Km<sup>2</sup>. Esta metodologia de classificação de bacias encontra-se amplamente utilizada, com destaque a trabalhos realizados no Brasil e no exterior. Verdin (1997) utilizou o método de otobacias e o Modelo Numérico de Terreno (MNT) com 1 x 1 Km de resolução para classificar a América do Norte até o Nível 5, gerando 5020 sub-bacias com uma área de superfície média de 3.640 Km<sup>2</sup>. Os resultados apontaram que uma codificação de 5 dígitos é suficiente para identificar sub-bacias com área de superfície média menor do que 4.000 Km<sup>2</sup> para todas as massas de terra do globo. Verdin e Verdin (1999), também baseados na metodologia de classificação e codificação de bacias hidrográficas de Pfafstetter (1989), desenvolveram um sistema topológico para a delimitação e codificação de todas as bacias hidrográficas da terra.

#### 4. Conclusões e recomendações

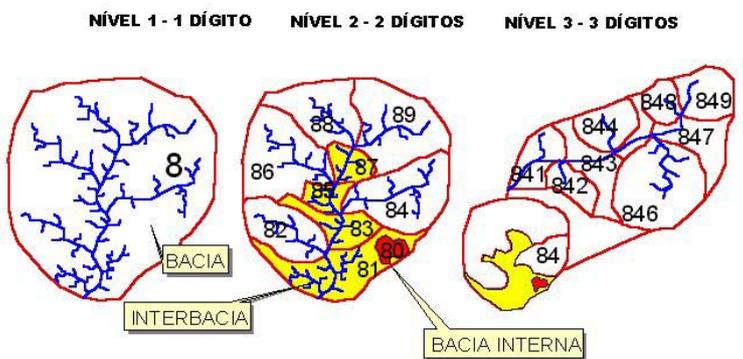
O método de classificação e codificação de bacias hidrográficas desenvolvido por Pfafstetter (1989), no nível 5 de codificação, deve ser adotado pela ANA e demais entidades operadoras para fins de planejamento de redes hidrométricas, por tratar-se de um método natural, hierárquico, baseado na topografia da área drenada e na topologia da rede de drenagem, na codificação de bacias com a economia de dígitos, na informação topológica embutida nos dígitos, de fácil implementação por técnicas de programação, de aplicabilidade global, e de fácil integração com os Sistemas de Informação Geográfica-SIG. E, em especial, por permitir para o Brasil a individualização e representação, na escala 1:1.000.000, no quinto nível de classificação, de sub-bacias com um tamanho médio de aproximadamente 6.200 Km<sup>2</sup>, constituindo uma excelente unidade de área para fins de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos.

#### Referências

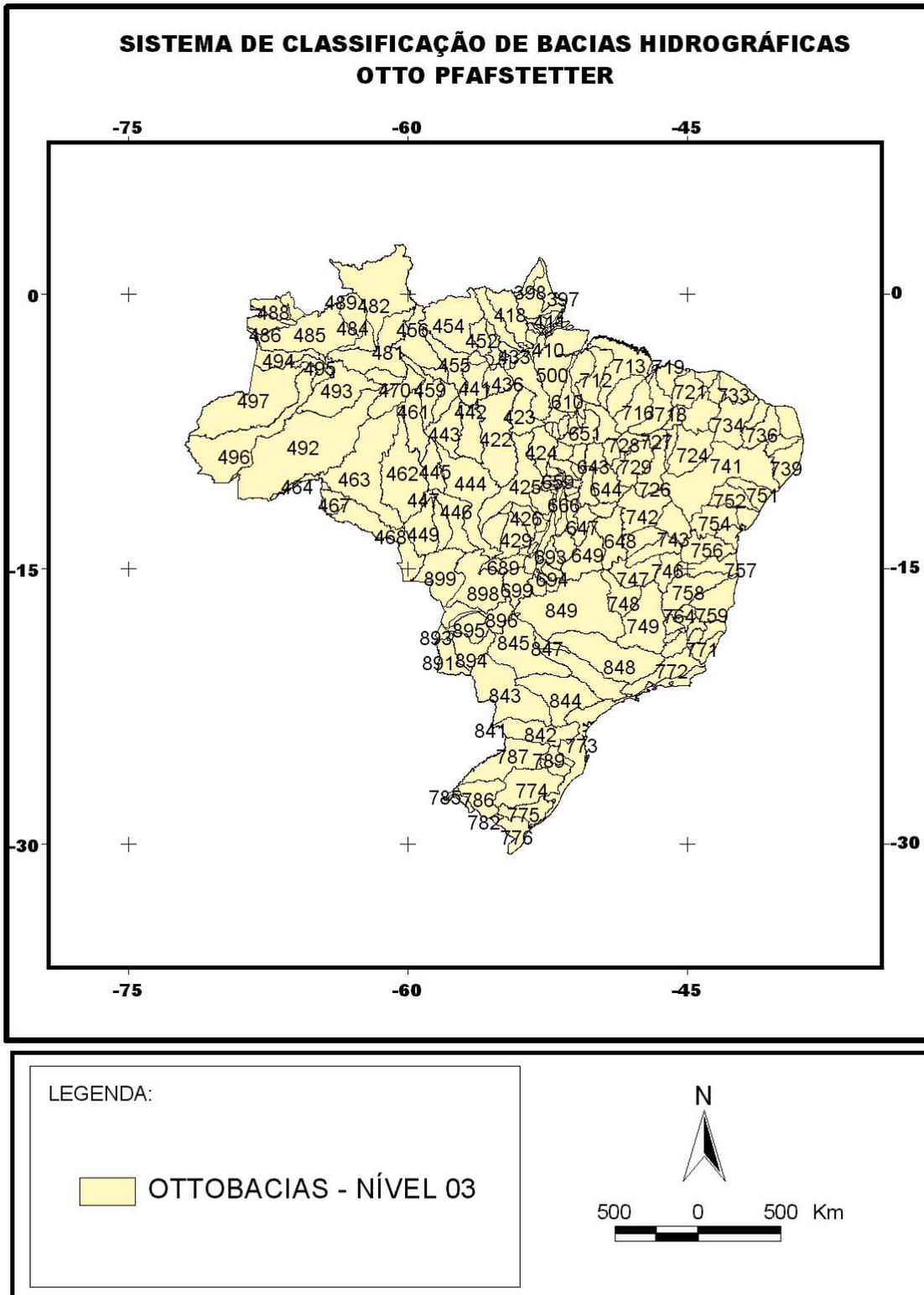
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Brasil - Bacias Hidrográficas - 2000**. Departamento de Cartografia (DECAR). Documento publicado em CD-ROM, 2000.
- Ibiapina, A. V.; Fernandes, D.; Carvalho, D. C.; Oliveira, E.; Silva, M. C. M.; Guimarães, V. S. Evolução da Hidrometria no Brasil. In: O Estado das Águas no Brasil – Perspectivas de Gestão e Informação de Recursos Hídricos. **Parte 4 – Item 4.1**. Ministério de Minas e Energia – MME, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Organização Meteorológica Mundial – OMM, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento -PNUD. Brasília, Distrito Federal, 1999, 334 p.
- Pfafstetter, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação**. Rio de Janeiro, RJ: Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), 1989, p. 19. Manuscrito não publicado.
- Rubert, O. A. V.; Figueiredo, L. C. C. Divisão Hidrográfica Nacional – Aplicação da Metodologia de Otto Pfafstetter. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, 25 a 29 de novembro, 2001. **Anais** (CD-ROM).
- Setti, A.A.; Werneck Lima, J. E. F.; Miranda Chaves, A. G.; Castro Pereira, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília, DF, 2001. 328 p.
- Silva, P. A. Classificação e codificação de bacias hidrográficas brasileiras segundo o método Pfafstetter, com uso de geoprocessamento. Encontro de Las Aguas, 2, 1999, Montevideo. **Proceedings...** Montevideo, Uruguay: IICA, 1999. Acesso em: 15/02/2002. Disponível em: <http://www.iica.org.uy>.
- Verdin, K. L. A System for Topological Coding Global Drainage Basin and Stream Networks. In: Annual ESRI User Conference, 17, San Diego, Califórnia. **Proceedings...** Califórnia, ESRI, 1997, 6 p.
- Verdin, K. L.; Verdin, J. P. A Topological System for Delineation and Codification of the Earth's River Basins. **Journal of Hydrology**, vol. 218, nº 1-2, 1999.



**Figura 1 – Sub-bacias hidrográficas brasileiras segundo a classificação do DNAEE/ANEEL no nível 2.**



**Figura 2 – Individualização de uma bacia hidrográfica até o Nível 3 da classificação de Otto Pfafstetter, com a identificação das bacias, interbacias e bacias internas.**



**Figura 3 – Classificação das bacias hidrográficas brasileiras no Nível 3 do Sistema de Otto Pfafstetter.**