

## **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE REDES DE MONITORAMENTO: ESTUDO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO MACAÉ**

*Duarte W.A.<sup>1</sup>, Rodrigues S.M.<sup>2</sup>, Benassuly, C.C.L.<sup>3</sup>, Ferreira M.I.P.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>IFF/Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais, wanessaduarte@yahoo.com.br

<sup>2</sup>IFF/Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais, smrodrigues.uned@gmail.com

<sup>3</sup>IFF/Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais; PETROBRÁS/UN-BC,  
carolbenassuly@petrobras.com.br

<sup>4</sup>IFF/Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais, ines\_paes@yahoo.com.br

### **Resumo**

A gestão integrada dos recursos hídricos só é possível através do monitoramento dos fenômenos hidrológicos em uma bacia hidrográfica, de forma a atender aos seus usos múltiplos e ao mesmo tempo permitir o controle e a preservação desse recurso. A rede de monitoramento formada pelas estações deverá ser adequada aos seus objetivos e ótima em sua locação. Os dados assim obtidos devem permitir modelar o comportamento hidrológico na bacia, possibilitando interpolação. A bacia hidrográfica elencada como objeto deste estudo foi a do Rio Macaé, cuja importância se justifica por ser responsável pelo abastecimento público e industrial de toda a cidade de Macaé, a qual produz cerca de 80% de todo o petróleo nacional. Para avaliar as séries históricas das estações em operação na bacia do Rio Macaé, quanto à redundância e a relevância das informações transmitidas empregou-se o “método da entropia” e o objetivo principal de uma rede ótima de monitoramento foi estabelecido em pesquisa participativa com as representações do Comitê de Bacia. Como resultado evidenciou-se a alta relevância das estações do alto curso da bacia e a necessidade de adensamento da rede para as regiões sem dados.

**Palavras-chave:** bacia hidrográfica do rio Macaé, gestão participativa dos recursos hídricos, redes de monitoramento.

**Área do Conhecimento:** engenharia ambiental

### **Introdução**

A manutenção da qualidade dos recursos hídricos está diretamente ligada ao conhecimento e ao controle das variáveis que interferem no problema. No Brasil, a Lei das Águas (BRASIL, 1997) propõe uma política participativa e um processo decisório que envolva os diferentes atores sociais ligados ao uso da água, revisando as atribuições do Estado, a função dos usuários e também o uso da água, criando com isso o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos alicerces são os Comitês de Bacias e

respectivas Agências de Águas. A Bacia do Rio Macaé, a mais extensa das bacias hidrográficas totalmente dentro do Estado do Rio de Janeiro (SEMADS, 2001), foi uma das primeiras a por em prática seu sistema de gestão (FERREIRA e MARINHO, 2006). O presente trabalho visa corroborar com a construção do Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Macaé propondo um arranjo de redes de monitoramento que sejam capazes de permitir a interpolação entre os dados provenientes de estações distintas e possibilitar o acompanhamento de parâmetros utilizados no

planejamento, controle e gerenciamento dos recursos hídricos.

### **Metodologia**

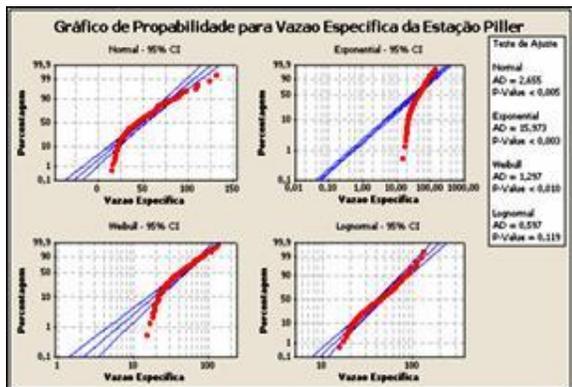
Para adequar os objetivos propostos na pesquisa, foram empregados os seguintes procedimentos metodológicos: i) revisão bibliográfica e análise documental; ii) pesquisas de campo; e iii) análise da redundância da transmissão de informações das estações existentes e hierarquização das mesmas. Além da utilização de dados de estações existentes na bacia foi realizada uma campanha de campo, com objetivo de verificação das condições encontradas na análise documental e como forma de atualização das informações e dos registros dos pontos críticos de degradação do corpo hídrico e definição da microlocalização da infraestrutura de monitoramento já instalada. Para o diagnóstico do objetivo da rede, foi apresentada a proposta do presente estudo em reunião ordinária da Plenária do Comitê de Bacia do Rio Macaé e das Ostras (CBH Macaé e das Ostras), e aplicado questionário elaborado para esta finalidade, de forma a conhecer o estado da arte do monitoramento na bacia propiciar o intercâmbio de informações entre as representações. O método selecionado e aplicado para redimensionamento da rede de monitoramento foi proposto por Soares (2001) e ratificado por Gontijo Jr. (2007), e utiliza o conceito de entropia da rede. Para sua aplicação são obedecidas quatro etapas: (i) avaliação da rede de drenagem e das condições de ergodicidade das séries de vazões; (ii) definição das condições mínimas de aceitabilidade dessas séries (tempo de leitura e área mínima de drenagem); (iii) construção das funções de distribuição de frequência de cada uma das séries; e (iv) utilização do software estatístico Minitab 15 para análise e identificação da função distribuição padrão. O procedimento

consiste em: 1º considerar um mesmo período de tempo ( $\Delta t$ ) para todas as séries amostrais das estações, privilegiando aqueles períodos suscetíveis a menores influências com relação à dependência espacial e temporal dos dados coletados; 2º considerar um mesmo intervalo de valores para os dados das amostras ( $\Delta X$ ) para todas as estações (o número de dados “N” nesse intervalo poderá ser menor que o número máximo já que podem existir valores perdidos ou intervalos sem amostragem na série considerada); 3º utilizar a vazão específica como a variável a ser analisada; 4º selecionar estações localizadas nas bacias com comportamento hidrológico ergódico, com auxílio da função densidade de probabilidade que melhor se ajusta aos dados da série, para todas as estações (para os parâmetros relacionados à vazão fluvial foi utilizada a função Log-Normal). Calculou-se, então, os valores da entropia própria, com o valor amostral relativo ou igualando este valor a 1,0. Analisando os valores destas entropias, pode-se estabelecer uma primeira hierarquia para as estações.

### **Resultados**

A campanha de campo possibilitou o mapeamento e a caracterização dos principais pontos que poderiam ser utilizados como estações de monitoramento, assim como os principais impactos existentes na bacia, como exemplo, pontos de assoreamento, desmatamento de vegetação ciliar e retirada de areia, entre outros. Os pontos de monitoramento da rede nacional, sob responsabilidade da ANA, também foram incluídos na avaliação. Foram avaliadas as estações 59120000 (Macaé de Cima), 50125000 (Galdinópolis) e 59135000 (Piller), todas no alto curso da bacia em estudo. As Figuras 1, 2 e 3 apresentam a representação gráfica da Identificação de Distribuição Individual para cada uma das estações,

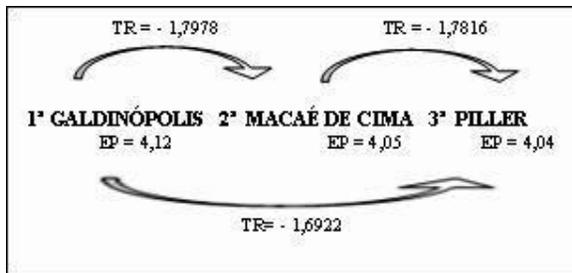
comprovando o comportamento da distribuição Log-Normal da série.



**Figuras 1, 2 e 3:** Identificação de distribuição individual das estações analisadas no alto curso da Bacia do Rio Macaé.

As três estações possuem 130 dados no intervalo de amostragem de suas séries, estabelecendo um  $\Delta X$  e  $\Delta Xi$  igual a 1, nas equações de entropia própria e condicional (SOARES, 2001).

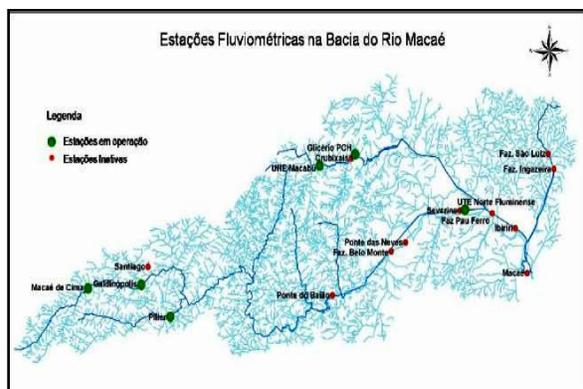
O resultado final foi a apresentação de cadeia hierarquizada de estações, devidamente otimizada pelo critério da entropia associada, e pelo máximo transporte de informações permitido. A Figura 4 apresenta os resultados dessa etapa, com a hierarquia final das estações, entropia própria de cada série (EP) e o menor transporte de informação (TR) de cada estação condicionada à outra.



**Figura 4:** Hierarquização final das estações, com o mínimo transporte de informações.

### Discussão

Sob uma perspectiva empírica, estima-se que, de fato, a redundância de informações seja mais alta nas séries das estações da mesma região geográfica, como no caso do alto curso da bacia (Figura 5).



**Figura 5:** Cartograma das estações de monitoramento fluviométrico na Bacia do Rio Macaé.

O significado do transporte de informação é a dependência de uma estação de monitoramento com relação à informação gerada pela outra, ou seja, quanto maior o transporte de informação entre as estações, quando estas se associam, mais redundante ou desnecessária será a informação. Contrariando a hipótese inicialmente estabelecida de que na região do alto curso há redundância de informações pela proximidade das estações, os resultados da avaliação das séries históricas das vazões específicas comprovaram a relevância das informações geradas pelas três estações existentes no alto curso ( $TR < 0$ ), que carece, contudo de estações de monitoramento nos seus médio e baixo cursos.

A apresentação do trabalho ao Comitê de Bacia do Rio Macaé foi importantíssima, pois

as representações validaram a proposta e se envolveram com a pesquisa respondendo o questionário, aplicado para definir os objetivos da rede de monitoramento de forma participativa. Como a literatura pertinente não dispõe, de forma sistematizada da definição clara e direcionada para alcançar os objetivos do monitoramento, diferentes autores estabelecem estratégias diversas para o enfrentamento dessa questão. De forma genérica, esses objetivos subdividem-se em duas vertentes: de hidrologia e de gestão (SOARES, 2001; GONTIJO JR., 2007). O objetivo de gestão foi elencado como prioritário pelas representações do CBH Macaé e das Ostras, e deve atender aos seguintes interesses: a) fornecer subsídios para o planejamento de uso dos recursos hídricos, atendendo aos múltiplos usuários, às metas de qualidade e quantidade expressas no enquadramento dos corpos d'água e à compatibilização com as demais políticas públicas correlatas; b) fornecer subsídios à regulação dos usos, principalmente quanto: à alocação dos recursos hídricos, à autorização de seus usos por intermédio da outorga de direito, à fiscalização dos usos e à investigação de fontes clandestinas; e c) implantar monitoramento preventivo para sistemas de alerta.

Cabe ressaltar que para alcançar o principal objetivo da Política Nacional de Recursos Hídricos, que é a gestão descentralizada e participativa das águas, é necessário formar um grande banco de dados da região hidrográfica em estudo, com vistas à Implantação do Sistema de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Macaé. Tal sistema deve funcionar com uma coordenação unificada, mas que seja descentralizado na alimentação de dados e informações, de acesso amplo pela sociedade e que dê suporte à tomada de decisões ambientais. Para garantir o controle social desse processo de gestão, é imprescindível

também disponibilizar as informações geradas pelo monitoramento ambiental da bacia em sítios da *internet*, observatórios e relatórios, ou mesmo em boletins da qualidade ambiental da mesma. Tais ações possibilitarão ao Comitê maior integração com a sociedade, mas só poderão ser efetivamente implementadas quando a rede de monitoramento da bacia estiver melhor integrada e estruturada.

### **Conclusão**

Os resultados deste trabalho conduzem ao entendimento de que há a necessidade de repensar a localização dos pontos de monitoramento dos médio e baixo cursos da bacia em estudo, e de integrar os dados dos pontos existentes no alto curso entre si, e com os do baixo curso para que não haja dificuldades a mais no planejamento das ações de gestão a serem apontadas no Plano de Bacia. Observou-se também que o Comitê deve instituir uma entidade para dinamizar e operar essa rede de monitoramento quantitativo, de forma a captar os dados brutos, trabalhá-los e disponibilizá-los em linguagem acessível aos gestores, representações e sociedade em geral.

### **Referências**

BRASIL. Lei das Águas – Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 12 de Março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1989. Brasília.

FERREIRA, M.I.P., MARINHO, P.A. In: II Congresso Acadêmico sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CADMA). **Avaliação dos processos de criação e implantação dos Comitês de Bacia Hidrográfica de corpos**

**hídricos de domínio estadual na MRA-5 (Macrorregião Ambiental 5 do Estado do Rio de Janeiro).** Rio de Janeiro: UFF, 2006.

GONTIJO JR., W.C. **Avaliação e redimensionamento de redes para o monitoramento fluviométrico utilizando o método Sharp e o conceito de entropia.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF. (2007).

SEMADS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Bacias hidrográficas e rios fluminenses – síntese informativa por macrorregião.** Projeto PLANAGUA SEMADS/ GTZ de Cooperação Técnica Brasil – Alemanha. Rio de Janeiro, 2001.

SOARES, P.F. **Projeto e avaliação de desempenho de redes de monitoramento de qualidade da água utilizando o conceito de entropia.** Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. USP. São Paulo, 2001.