

IMPLANTAÇÃO DE REDES HIDROMÉTRICAS EM BACIAS COM CONFLITO QUANTO AO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS (ESTUDO DE CASO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO JOÃO, ESTADO DO RIO DE JANEIRO)

Marcelo Wangler de Avila; Caroline Domingos de Araújo Silva; Marcelo dos Santos Salomão; Marina Santiago de Mello

RESUMO

A engenharia hidrológica deve ser vista como a ciência que estuda o comportamento físico da ocorrência e o uso da água em uma determinada bacia hidrográfica, servindo de base para planejamento dos recursos hídricos. Este trabalho tem por objetivo elaborar um plano de monitoramento dos recursos hídricos da Bacia do Rio São João, situada no Estado do Rio de Janeiro e estratégica quanto ao abastecimento de aproximadamente 650.000 habitantes. Para tal, além de uma visita de campo na região, foram levantadas algumas características geográficas da bacia, assim como, o diagnóstico do que existe atualmente, em termos de monitoramento hidrológico. Desta forma, foi possível definir as vocações e necessidades na bacia e, verificar a insuficiência do monitoramento hidrológico realizado hoje. A partir deste ponto, tornou-se possível planejar uma rede de estações com quantidade, distribuição e coleta de uma variabilidade de informações voltada para todos os objetivos e anseios da bacia. O monitoramento hidrológico da bacia hidrográfica do rio São João sugerido, passaria a contar com uma rede mista, dotada de vinte e duas estações, com instrumentação apropriada para medições de diversas variáveis hidrológicas, dentre elas: limnometria, pluviometria, evaporimetria, vazão, transporte de sedimentos e parâmetros de qualidade das águas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Monitoramento hidrológico. Gestão de Recursos Hídricos

ABSTRACT

IMPLANTATION OF HYDROMETRIC NETWORKS IN BASINS THAT HAVE CONFLICT IN RELATION TO THE USE OF WATER RESOURCES (CASE STUDY: RIVER BASIN SÃO JOÃO, THE STATE OF RIO DE JANEIRO)

The hydrologic engineering should be viewed as the science that studies the physical behavior of the occurrence and use of water in a particular river basin, used as basis to water resources planning. This work aims to develop a plan for monitoring of water resources in the Basin São João, located in the State of Rio de Janeiro and strategic as the supply of approximately 650,000 people. To this end, in addition to a field visit in the region have been raised geographical characteristics of the basin, as well as the diagnosis of what currently exists in terms of hydrological monitoring. Thus, it was possible to define the needs and vocations in the basin, and verify the insufficient hydrological monitoring done today. From this point, it became possible to plan a network of stations with quantity, distribution and collection variability of information geared towards all the goals and aspirations of the basin. Hydrological monitoring of river basin São João suggested,

would rely on a mixed network, equipped with twenty-two seasons, with appropriate instrumentation for measurements of different hydrological variables, including: limnometria, rainfall, evaporimetry, flow, sediment transport and water quality parameters.

Keywords: Watershed. Hydrological Monitoring. Water Resources Management.

1 – INTRODUÇÃO

Os estudos hidrológicos têm como principal objetivo subsidiar projetos que envolvem recursos hídricos com enfoque em seu uso, no planejamento, no manejo, na proteção e na defesa destes, conforme visto em Santos (2001). A execução de estudos referentes a recursos hídricos depende diretamente das medidas coletadas em campo. Toda modelagem para o desenvolvimento de pesquisa de uma determinada bacia depende diretamente da coleta dos dados hidrológicos em campo de forma contínua e precisa. Como forma de garantir a disponibilidade de dados hidrológicos em nosso país, a Agência Nacional de Águas (ANA) é responsável pela rede básica nacional, incluindo o armazenamento dos dados provenientes destas estações e o planejamento da evolução da rede. Em funções dos conflitos pelo uso da água em diversas bacias, os dados provenientes da rede básica nacional nem sempre são suficientes para atender a demanda de estudos. Os Planos de Bacias deveriam prever uma rede de estações complementares, levando em conta as estações existentes na rede básica nacional, no intuito de evitar duplicidade nas mesmas.

A Bacia Hidrográfica do Rio São João (BHRSJ, Figura 01), corresponde a um dos principais cursos de água do Estado do Rio de Janeiro. Seu nome refere-se à Igreja de São João, localizada em sua barra, no município de Casemiro de Abreu. Possui um formato de "pera", tendo seu ponto mais elevado a 800 metros de altitude. Localiza-se na planície litorânea do sudeste do Estado do Rio de Janeiro e possui uma área aproximada de 2000 km². O rio São João, curso principal da bacia, nasce na Serra do Mar, no município de Cachoeiras de Macacu e seus afluentes estão distribuídos por outros sete municípios: Rio Bonito, Silva Jardim, Casimiro de Abreu, Cabo Frio, São Pedro d'aldeia, Armação de Búzios e Araruama (Pereira e Primo, 2005).

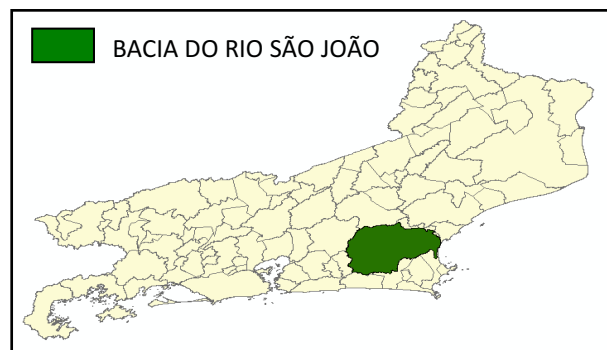


Figura 0 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio São João. (Fonte: <http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencias.shtm>)

Segundo o plano de Bacia Hidrográfica da Região dos Lagos e do Rio São João, a demanda por água é cada vez maior na BHRSJ. O grande crescimento demográfico, resultado da série de empreendimentos habitacionais e industriais que vêm se instalando na região, têm provocado diversos debates entre instituições públicas e a sociedade civil. Esta significativa pressão exercida sob a BHRSJ torna necessário um ajuste fino na gestão dos seus recursos hídricos, gerando informações precisas que permitirão a elaboração de projetos com informações confiáveis e com uso de geotecnologias modernas. Com base nesta necessidade, o objetivo geral deste trabalho foi

elaborar um plano para monitorar as variáveis hidrológicas na BHRSJ. Para alcançar este objetivo foi necessário definir as vocações atuais da bacia, diagnosticar a situação atual da rede de monitoramento hidrológico da BHRSJ e definir o posicionamento e as variáveis hidrológicas das estações de medição que irão compor a rede hidrológica proposta para a BHRSJ.

2 – METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado um levantamento de características geográficas da bacia em estudo, através das informações contidas no Plano de Bacia e em diversas outras fontes, dentre elas o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em seguida, através de informações coletadas da Agência Nacional de Águas e da elaboração de mapas temáticos, foi elaborado um diagnóstico da situação do monitoramento hidrológico. Visitas de campo à BHRSJ objetivaram identificar as condições dos principais corpos hídricos e das estações de monitoramento que estão em operação na BHRSJ. Por fim, foi possível projetar a nova rede de monitoramento para a BHRSJ.

3 – RESULTADOS

3.1 - Caracterização da BHRSJ

Obedecendo a sequência de montante para jusante para descrição da hidrografia, a seguir são apresentadas as características da Bacia para os três trechos, segundo o plano de Bacia Hidrográfica da Região dos Lagos e do Rio São João. Alto curso (tem 5km de extensão e variação altimétrica de 800m para 200m); médio curso (prolonga-se por mais de 50km até a represa de Juturnaíba, onde deságuam também os rios Capivari, Bacaxá e Piriri e; o baixo curso, que estende-se por 65km da represa de Juturnaíba até a foz. Com os canais artificiais construídos pelo Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS), as águas agora percorrem 38,5km, sendo 25km em canal reto e 13,5km no leito natural.

A Região possui também uma grande diversidade climática, variando do regime tropical ao semi-árido, com grande distribuição de chuvas, que ocorrem devido à ação combinada das mudanças das massas de ar que se instalam na região ao longo do ano (Pereira e Primo, 2005).

Quanto às características referentes ao relevo, destacam-se: a Serra do Mar, que delimita a área a norte, com altitudes entre 500 a mais de 1400m; o planalto entre o Rio São João e os rios Bacaxá e Capivari; as colinas, com altitudes inferiores a 100m, em especial nas bacias dos rios São João, do Una, das Ostras e da lagoa de Araruama; e as baixadas e restingas, notadamente nas bacias das lagoas de Saquarema, Jaconé, e Jacarepiá e dos rios Una, São João e das Ostras.

Em referência a cobertura vegetal, a BHRSJ apresenta vastas áreas marcadas por gramíneas e por remanescentes da Mata Atlântica. Segundo Oliveira (1978), esta última ocorre nas encostas das serras e no trecho médio-inferior do rio São João. A devastação da cobertura vegetal da BHRSJ deve-se ao período da colonização do Brasil para a retirada de madeiras nobres. Porém o maior desmatamento ocorreu após a implantação do cultivo irrigado (IBDF, 1981). Atualmente, o uso do solo é intenso, principalmente na parte sul da bacia, que exhibe terrenos descobertos e esgotados devido ao cultivo de cítricos. Nos trechos do Rio São João onde se explorou areia, a mata ciliar é praticamente inexistente.

Quanto à distribuição socioeconômica, a BHRSJ possui na totalidade dos municípios integrantes 564.563 habitantes (IBGE, 2010). Os principais empreendimentos existentes na BHRSJ são: Barragem e represa de Juturnaíba; o sistema de canais de drenagem construídos pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento – DNOS, nas décadas de 70 e 80; gasodutos que

transportam hidrocarbonetos de Macaé para a Refinaria Duque de Caxias; rodovias e estradas vicinais; ferrovia Rio de Janeiro – Vitória; linhas de transmissão; redes de saneamento básico; empresas agropecuárias e florestais; assentamentos rurais; exploração mineral; distritos e condomínios industriais e áreas protegidas.

3.2 - Diagnóstico da situação atual do monitoramento hidrológico da BHRSJ

No intuito de determinar a situação do monitoramento hidrológico na BHRSJ, foi elaborado um diagnóstico da rede existente e das condições atuais desta. Para tal, foi realizada visita de campo. Quanto ao monitoramento pluviométrico, a BHRSJ é contemplada com 03 (três) estações pluviométricas, como exposto na figura 02.

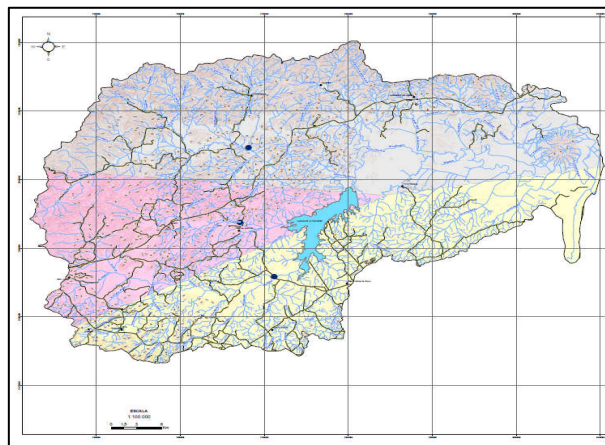


Figura 02 – Mapa da BHRSJ com a localização das 3 estações pluviométricas existentes (pontos azuis) com traçado de polígono de Thiessen (FONTE: Silva e Ávila, 2012)

Segundo Santos (2001) para análise de posicionamento das estações pluviométricas devem ser levados em consideração alguns fatores. A seguir são apresentados os fatores a serem analisados e seus respectivos resultados:

a) Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (OMM), para a análise quanto à densidade e ao raio de abrangência de cada uma das Estações Pluviométricas existentes na Bacia Hidrográfica do Rio São João, devemos utilizar as seguintes expressões:

$$D = A/N \quad (1)$$

$$R = \sqrt{D / \pi} \quad (2)$$

Ao determinar o raio de abrangência de cada estação, deve-se verificar se o mesmo ultrapassa os 25 km estipulados pela OMM como mínimo necessário para cada bacia. Para a BHRSJ, temos:

$$D = 2096\text{km}^2/3 \quad D = 698,67 \text{ km}^2/\text{estação} \quad R = \sqrt{698,67 / \pi} \quad R = 14,91\text{km}$$

Desta forma seria possível dizer que as estações pluviométricas existentes na bacia supririam as demandas de estudo quanto ao item densidade. Deve-se então passar a próxima análise.

b) Para a análise quanto a distribuição geográfica de estações na bacia foi realizado o Mapa da Rede Pluviométrica Atual com o traçado do polígono de Thiessen, representado pela figura 02. Em um primeiro diagnóstico é possível perceber que as estações não estão uniformemente distribuídas na bacia e, desta forma, a análise quanto ao número de estações na bacia já se torna frágil. Analisando

o mapa, é possível verificar também que, por conta de sua distribuição, algumas estações têm área de atuação maior que os 25 km recomendados pela OMM. Pode-se notar, através das curvas altimétricas, que as estações responsáveis pelo monitoramento na Bacia encontram-se na parte de média para baixa da mesma. Desta forma, verifica-se que os índices pluviométricos medidos representam apenas os locais referentes às partes média e baixa da bacia. Qualquer estudo que demande dados referentes à chuva na parte alta será prejudicado, uma vez que existe uma considerável variação entre os índices pluviométricos na parte alta e baixa da bacia.

Fazendo a verificação espacial da rede pelo polígono de Thiessen verifica-se que as três estações pluviométricas teriam abrangência em áreas cujas características geográficas são totalmente diferentes no que diz respeito ao relevo. Além disso, não existem estações no entorno da bacia que possibilitem apoio na caracterização pluviométrica regional. Concluindo esta análise, deve-se, então, considerar o número de estações pluviométricas insuficientes para as características da BHRSJ, assim como a distribuição espacial das mesmas.

Para um diagnóstico referente à fluviometria é necessário verificar, com base nas estações existentes, se o monitoramento permite um controle total da bacia e se atende às demandas. Para atender a estes pré-requisitos de elaboração da Rede foi necessário produzir um Mapa da Rede Fluviométrica Atual (Figura 03).

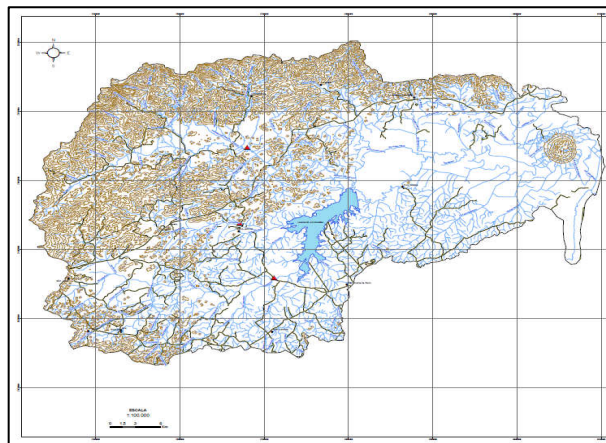


Figura 03 – Mapa da BHRSJ com a Rede Fluviométrica Atual (Fonte: Silva e Ávila, 2012)

Analisando este mapa verificamos que as estações responsáveis pela produção de dados fluviométricos da bacia encontram-se próximas a Lagoa de Juturnaíba, na parte de média para baixa da bacia, nos três principais corpos hídricos da mesma (São João, Capivari e Bacaxá). Estas estações permitem o controle da descarga resultante destes três corpos hídricos. Além disso, permitem a análise de dados de descarga sólida e da qualidade das águas destes rios.

A Rede Fluviométrica existente não torna viável a verificação do uso da água a montante, uma vez que não existem estações suficientes para estudos comparativos. Também não é possível identificar a causa de eventuais problemas na qualidade de água dos corpos hídricos da bacia, já que não existem estações na parte alta da bacia e em diversas sub-bacias. A BHRSJ é estratégica para o abastecimento da região sudeste do Estado do Rio de Janeiro, cujos mananciais hídricos são extremamente escassos. A falta de monitoramento de micro bacias pertencentes a esta bacia hidrográfica gera lacunas significativas em estudos para o desenvolvimento desta região.

Na atividade de campo foram visitados pontos de interesse como, por exemplo, o reservatório de Juturnaíba e as três estações pluviométricas e fluviométricas responsáveis pela aquisição de

dados na bacia hidrográfica. Foram verificadas “*in loco*” as condições dos principais corpos hídricos da bacia assim como das estações que monitoram as mesmas. Das três estações que monitoram a bacia, duas (nos rios São João e Capivari) estão em bom estado de conservação e a terceira (no rio Bacaxá) está em completo estado de abandono. Observaram-se também processos acelerados de erosão nas margens do rio São João, principalmente por conta da falta de mata ciliar, assim como ambientes acelerados de eutrofização no encontro dos rios Capivari e São João com o reservatório de Juturnaíba. Esta eutrofização é explicada pela alta carga de nutrientes carreados ao longo dos rios, que sofrem o remanso quando chegam ao reservatório.

3.3 – Proposta para monitoramento hidrológico na BHRSJ

As principais vocações para o uso de seus recursos hídricos são o uso da água para abastecimento humano, tendo como instrumento de apoio o Reservatório de Juturnaíba, e o uso da água como apoio aos projetos de agricultura na bacia. Estas vocações da BHRSJ são preocupantes no momento de projetar a rede de monitoramento, tendo em vista que o uso para agricultura pode ser potencialmente poluidor para a água, se não bem administrado. O uso para abastecimento humano necessita de boa qualidade da água para tornar-se viável de forma econômica, técnica e segura. A definição destas vocações interfere na escolha dos tipos dos postos que farão parte da futura rede de monitoramento. Para especificar uma rede de forma quantitativa, qualitativa e telemétrica é necessário conhecer a disponibilidade hídrica, a qualidade de água e, em diversos casos, o tempo de coleta das informações.

A coleta de dados cartográficos planimétricos (incluindo a hidrografia) e altimétricos permitiu o traçado das sub-bacias e orientou a instalação de postos de controle quantitativos (chuva, nível, vazão). O posicionamento e a importância estratégica do Reservatório de Juturnaíba implicaram na distribuição dos postos de controle nos principais mananciais afluentes ao reservatório (vazões de entrada) e no Rio São João a jusante do reservatório (vazão de saída), além da locação de estação limnimétrica no reservatório, que auxiliará no controle do volume disponível para atendimento as demandas locais. Estes postos de controle do reservatório, aliados a estação evaporimétrica projetada, permitirão acompanhar o balanço hídrico do reservatório permitindo, desta forma, o controle sobre as captações de água no local. A consequência será a possibilidade de adotar o modelo como fiscalizador das vazões de demanda no reservatório de Juturnaíba.

Desta forma, a proposta para monitoramento hidrológico na Bacia do Rio São João contempla uma rede hidrométrica com estações de diferentes tipos e com algumas características bem específicas. Além disso, é de extrema importância lembrar que a rede hidrométrica aqui proposta considera todos os fatores já abordados neste trabalho. A Rede projetada para esta bacia é uma rede mista, ou seja, é dotada de estações convencionais e automáticas. As estações automáticas foram posicionadas em locais com necessidade de dados coletados em curto espaço de tempo. Desta maneira, a rede passa a ter mais agilidade na obtenção do dado e com custo mais viável para sua implantação.

Segundo Santos (2001), uma estação não deve ser removida de local, uma vez que o maior produto dela é a sua série histórica produzida. Ou seja, quanto maior o tempo de operação, maior a possibilidade de manejo destes dados para um futuro projeto. Também foi considerada a possibilidade de reativação de estações da Rede extinta do DNOS. Para tal, foram levantadas, na base de dados da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB, 2012), todas as informações referentes às estações desativadas na bacia. A Figura 04 exhibe o mapa da BHRSJ com as estações propostas e tabela especificando seu tipo, rio e *status* quanto a sua situação na bacia (estação nova, existente ou que deverá ser reativada).

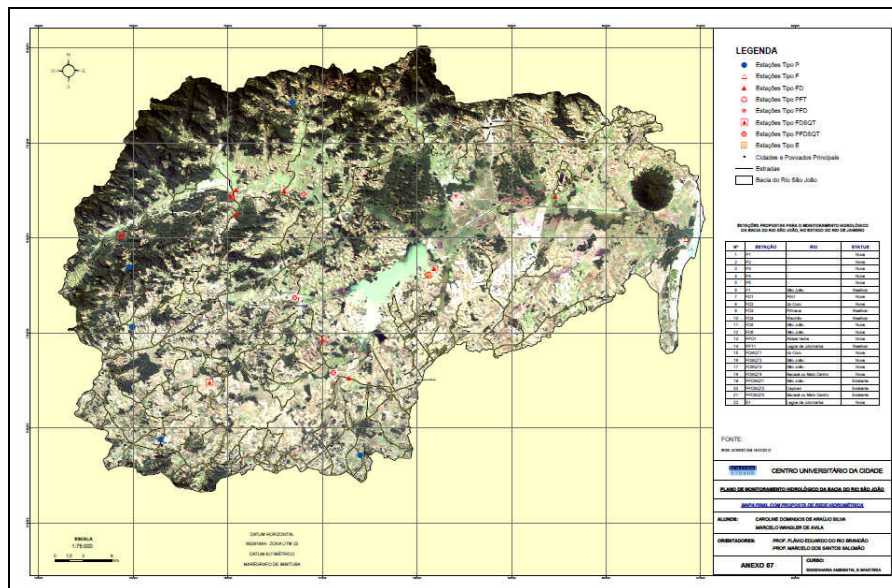


Figura 04 – Mapa da Rede Hidrométrica proposta para a Bacia do Rio São João sobre imagem Landsat5 R5G4B3 (Fonte: Silva e Ávila, 2012)

Para verificação da rede proposta foram produzidos ainda: o Mapa da Rede Fluviométrica Projetada (Figura 05), que demonstra a capacidade de controle da rede projetada sobre todas as bacias contribuintes (microbacias) a bacia do rio São João; o Mapa da Rede Pluviométrica Projetada com Polígono de Thiessen (Figura 06), que visa a demonstrar as áreas de abrangência das estações pluviométricas projetadas, contemplando toda a bacia da forma recomendada pela OMM e respeitando suas características geográficas.

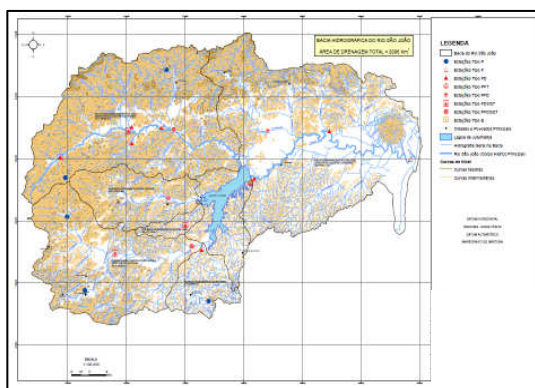


Figura 05 – Mapa com a Rede Fluviométrica projetada - Tracado de Microbacias (Fonte: Silva e Ávila, 2012)

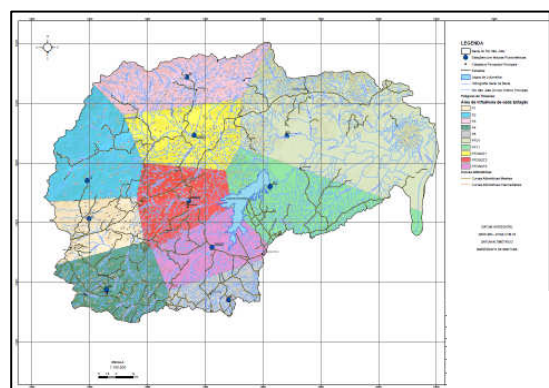


Figura 06 – Mapa com a Rede Pluviométrica projetada - Polígono de Thiessen (Fonte: Silva e Ávila, 2012)

4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Verificou-se que a Rede Hidrométrica existente na BHR SJ é insuficiente no ponto de vista quantitativo (número de estações) quanto qualitativo (distribuição espacial das mesmas). A rede hidrométrica deve dispor de estações de diferentes tipos e de instrumentação variada. Desta forma, a BHR SJ, assim como outras bacias, está seguindo o caminho inverso do ponto de vista de gestão, uma vez que primeiro tem-se a preocupação na elaboração de projetos em sua região quando deveria se priorizar o monitoramento de seus recursos.

Além da implantação da Rede Hidrométrica aqui proposta, recomenda-se a) a criação de um plano para execução de batimetrias anuais do reservatório de Juturnaíba, a fim de se acompanhar a

evolução de processos de assoreamento do mesmo; b) a atualização periódica do mapa de uso e ocupação do solo na bacia, com base em sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento, como forma de se verificar a evolução da ação antrópica e seus respectivos pontos críticos, podendo apoiar a projetos de recuperação de mata ciliar e de nascentes; c) a capacitação de técnicos para operação e manutenção da rede; d) investimento necessário à aquisição da instrumentação necessária para operação da Rede Hidrométrica e; e) a criação de um centro supervisorio para a Rede, de forma a permitir a aquisição, análise e armazenamento dos dados provenientes de sua operação e que dê suporte técnico a tomadas de decisão referentes a ações promovidas na bacia.

Seguindo o proposto, neste trabalho, será possível colocar a gestão dos recursos hídricos da BHRSJ em um fluxo coerente, de tal sorte que, com esse exemplo, se possa dizer que nesta bacia, efetivamente, a Gestão dos Recursos Hídricos começa pelo monitoramento hidrológico.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 23 nov. 2011 às 19:15hs.

COMITÊ DE BACIA LAGOS SÃO JOÃO. Características Gerais da Bacia Hidrográfica do Rio São João. Disponível em: <<http://www.lagossaojoao.org.br/indexcomite.php>>. Acesso em: 7 abr. 2012 às 17:30hs, 52 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Plano de Manejo - Reserva Biológica de Poço das Antas. Rio Janeiro, 1981, 95 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; Imagem LandSat 5, Bacia do Rio São João, Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/home/download/geociencias.shtm>>. Acesso em: 04 set. 2012, às 14:50hs.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA; Shape files de rodovias, principais cidades, hidrografia e altimetria, disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/download/geociencias.shtm>>. Acesso em 04 set. 2012 às 15:15hs.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental; SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre o saneamento, atualizado em 2010.

OLIVEIRA L.P.H., Araújo D.S.D. Vianna M.C., Carauta J.P. Cobertura vegetal na bacia do rio São João. Rio de Janeiro, FEEMA, Relatório Final, 1978.

PRIMO, P.B.S.; PEREIRA, L.F.M. Plano de Bacia Hidrográfica da Região dos Lagos e do Rio São João. Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira – CILSJ; Rio de Janeiro – RJ, 2005, 156 p.

SANTOS, Irani dos, et. al. Hidrometria Aplicada. Ed. LACTEC – Instituto de Tecnologia para desenvolvimento. Curitiba- PR, 2001, 372p.

SILVA, C.D.A. AVILA, M.W. Plano de Monitoramento Hidrológico para a Bacia do Rio São João – RJ; Projeto Final apresentado a Escola de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário da Cidade - Rio de Janeiro, 2012, 126p.