

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DE ÁGUA NA BACIA DO RIO PIABANHA/RJ

Molinari, B.S.^{1}, Rotunno Filho, O. C.²*

Resumo – O estudo do espectro de eventos de natureza hidrológica, incluindo eventos extremos de inundações e de secas, assume papel de relevância essencial como subsídio à adequada gestão dos recursos hídricos, abrangendo os correspondentes aspectos de disponibilidade em quantidade e em qualidade. Diante desse referencial, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade de água na bacia do rio Piabanha/RJ mediante metodologia de diagnóstico anual baseada em geoprocessamento. Adotou-se, no estudo, essa bacia afluente do rio Paraíba do Sul, localizada na região serrana do Rio de Janeiro, abrangendo porções urbanas, agrícolas e florestadas, constituindo-se em bacia de natureza representativa e experimental. A modelagem de longo curso proposta para a bacia mostrou ser uma boa ferramenta para diagnosticar a situação da qualidade de suas águas na escala anual.

Palavras-Chave – Qualidade de água, Bacia do Rio Piabanha

WATER QUALITY ASSESSMENT FOR THE PIABANHA RIVER WATERSHED /RJ

Abstract – The study of the spectrum of hydrological events, including extreme ones such floods and droughts requires special attention due to its importance as a proper support for water management policy, encompassing the corresponding aspects of availability in quantity and quality. Under this framework, the aim of this work was to evaluate the water quality in the Piabanha river basin Piabanha/RJ using a methodology that provides an annual diagnosis of long term based on geotechnology. The adopted river watershed, which is part of the Paraíba do Sul basin, is located in the mountainous region of Rio de Janeiro, covering urban, agricultural and forested portions, constituting a representative and an experimental basin. The long-term modeling proposed for the basin proved to be a good tool to generate a diagnostic of the situation of the water quality at an annual scale.

Keywords – : Water quality, Piabanha river watershed

¹Programa de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, E-mail: biancasm@poli.ufrj.br *Autor correspondente

²Programa de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, E-mail: otto@coc.ufjf.br

INTRODUÇÃO

Apesar de possuir uma das legislações mais avançadas do mundo (Porto, 2008), passadas mais de duas décadas da promulgação da Lei 9.433, muitos dos instrumentos de gestão ainda não foram completamente implementados. Como reflexo dessas lacunas na regulamentação e das limitadas condições de gestão dos cursos de água superficiais e mananciais subterrâneos, percebe-se uma degradação acentuada da qualidade da água em importantes rios brasileiros, o que decorre de uma precária utilização dos recursos hídricos, como o descarte de esgoto doméstico no meio urbano e o uso não controlado de aditivos agrícolas.

De alguma forma, reflete-se, localmente, uma realidade global, onde, atualmente, mais de três milhões de pessoas morrem todos os anos devido a causas relacionadas à água e ao saneamento (Jury and Vaux Jr., 2007). Os aspectos qualitativos dos mananciais evidenciam que o recurso água é limitado e deveria ser visto como prioridade em termos de quantidade e qualidade, requerendo, portanto, uma gestão eficiente com apoio em ferramentas matemáticas de natureza hidráulica e hidrológica e em monitoramento observacional mediante medições *in situ* e de satélite em escalas apropriadas para a adequada modelagem computacional com vistas a representação dos processos físicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica.

Nesse contexto, os modelos matemáticos de qualidade da água tornam-se ferramentas úteis e extremamente eficientes na avaliação dos impactos do lançamento de cargas poluidoras bem como na análise de cenários de intervenção e medidas de controle ambiental, no sentido que possibilitam simular condições reais, dentro de uma faixa de incertezas, permitindo a apresentação de propostas e alternativas para gerenciamento dos recursos naturais (Von Sperling, 2007). A evolução desses modelos água levou ao desenvolvimento de algoritmos que representassem espacialmente a bacia e não somente a calha dos rios. A utilização de modelos com suporte de geoprocessamento é extremamente útil nos estudos ambientais, já que permite analisar o ambiente como um sistema e a poluição de forma distribuída e não apenas pontual.

BACIA DO RIO PIABANHA

A bacia do rio Piabanha é uma sub-bacia do rio Paraíba do Sul, localizada na região serrana do estado do Rio de Janeiro. Sua escolha foi devido a sua natureza representativa e experimental, onde estudos e trabalhos de diversos autores e órgãos, vem sendo conduzidos, dotada de crescente quantidade de dados disponíveis (Gonçalves, 2008; Lou, 2010; EIBEX I, 2010; Paula, 2011).

A região estudada possui área de drenagem de 2.065 km² e está totalmente contida no estado do Rio de Janeiro, abrangendo quatro municípios fluminenses – Areal, Petrópolis, Teresópolis e São José do Vale do Rio Preto, com uma população de 488 mil pessoas, segundo IBGE. A sua ocupação remonta ao período colonial do início do século XIX. Os principais núcleos urbanos, Petrópolis e Teresópolis, mais recentemente, apresentaram um acentuado crescimento urbano devido a sua proximidade com a capital. Esse crescimento, no entanto, foi desordenado, e não houve um aumento adequado de infraestrutura.

Existe uma elevada pluviosidade na região devido à orientação da Serra do Mar, pela localização da bacia em região tropical e pela proximidade da superfície oceânica. Nas encostas

íngremes, a pluviosidade média anual ultrapassa os 2.500 mm, como nas cidades de Petrópolis e Teresópolis. O ano hidrológico na bacia do Piabanha coincide com o da bacia do Paraíba do Sul, onde as maiores vazões ocorrem de dezembro a março e as mínimas de julho a setembro.

QUALIDADE DAS ÁGUAS

O estado do Rio de Janeiro não possui legislação específica de classificação das águas e enquadramento dos seus corpos hídricos utilizando, portanto, o sistema de classificação e as recomendações da resolução CONAMA 357. O artigo 42 dessa resolução estabelece que, enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas como Classe 2. Dessa forma, como ainda não foi realizado o enquadramento dos rios fluminenses da bacia do rio Paraíba do Sul, dentre eles o rio Piabanha, não houve o seu correspondente enquadramento nessa classe.

Os parâmetros de qualidade de água estudados são: nitrato e fosfato. Para a classe em que o rio Piabanha está enquadrado, os teores máximos permitidos são: fósforo total em ambientes lênticos: 0,030 mg.L⁻¹; e o teor de nitrato: 10 mg.L⁻¹.

Apesar de estar enquadrado na classe 2, o rio Piabanha apresenta, em muitos trechos, a qualidade inferior a essa classe. A infraestrutura em saneamento básico não acompanhou o crescimento da população e não cobre todas as áreas urbanizadas. Em virtude do lançamento de esgoto sanitário *in natura*, do esgoto gerado, somente 58% é coletado, e, desse volume, apenas 22% é devidamente tratado. Em muitos pontos ao longo de seu curso, principalmente nas localidades com maior densidade de população (Petrópolis e Teresópolis), há um agravamento da qualidade de água, principalmente no que se refere à matéria orgânica e à concentração de fósforo (Gonçalves, 2008).

METODOLOGIA

A avaliação da qualidade da água na bacia do rio Piabanha foi realizada considerando as contribuições efluentes oriundas da poluição difusa e concentrada através de modelagem hidrológica de longo curso abrangendo o período de 2011 a 2013. O procedimento consiste em uma metodologia simplificada de modelagem do tipo chuva-vazão de longo curso, em escala anual, integrada à estimativa de concentração dos parâmetros de qualidade da água: nitrato e fosfato. Esses dois poluentes foram escolhidos para modelagem, uma vez que essa diretriz de modelagem considera que o transporte de cargas é conservativo, ou seja, não ocorre decaimento dos poluentes ao longo do escoamento. Assim, outros parâmetros não poderiam ser calculados através desse método, como, por exemplo, oxigênio dissolvido e temperatura da água que são parâmetros não conservativos.

A modelagem consiste em correlacionar, por célula, a quantidade esperada de nutrientes provenientes de poluição pontual e difusa e vazão anual, obtendo, assim, um plano de informações da concentração esperada de nutrientes. É uma metodologia simples, conforme ilustrada na Figura 1, que só necessita de séries de vazão e chuva na escala anual, além de um mapa digital de terreno e de cobertura e uso do solo. Com essas informações, foram criados mapas de direção e acumulação do volume de água na rede e mapas das concentrações médias estimadas de poluentes por uso do solo e setores censitários, permitindo a estimativa da concentração de nutrientes nitrato e fosfato.

Uma de suas características é a possibilidade de ser utilizado em bacias com pouco ou nenhum monitoramento, onde as séries de dados necessárias podem ser obtidas por sensoriamento remoto.

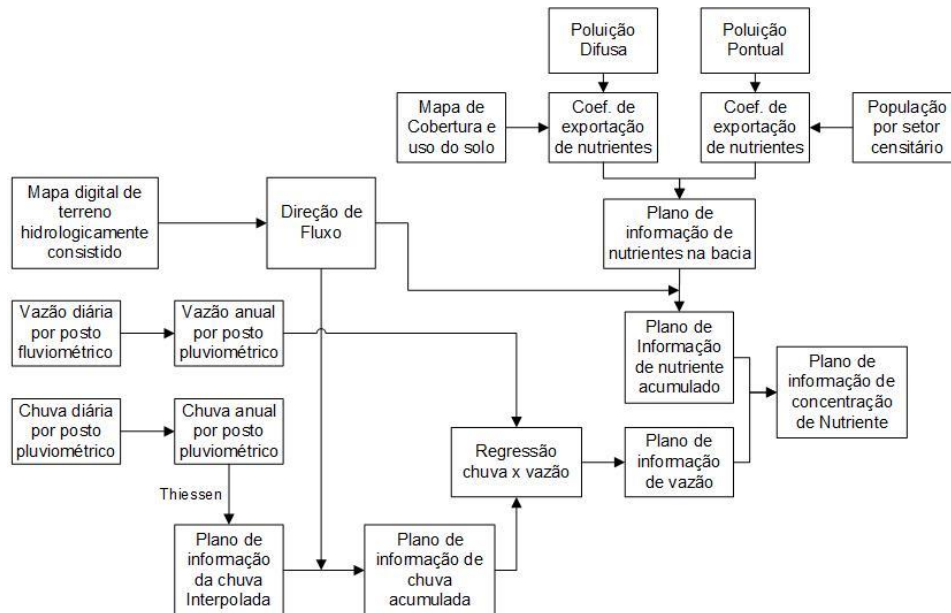


Figura 1: Fluxograma metodológico da modelagem de longo curso

RESULTADOS

Na modelagem de longo curso, ou seja, em escala anual, utilizou-se, para calibração e validação, os dados de fósforo e nitrogênio coletados em nove (9) estações nos anos de 2011, 2012 e 2013. O ano de 2011 foi utilizado para calibração dos coeficientes de exportação (quantidade esperada do poluente por uso e cobertura de solo e setor censitário), enquanto os anos de 2012 e 2013 foram utilizados para validação.

Foram utilizadas sete (7) estações pluviométricas (ANA, 2017) e o método dos polígonos de Thiessen para espacializar a série de chuva acumulada anual na bacia.

A bacia foi dividida em píxeis de 900 m². Utilizando-se geoprocessamento e o mapa digital de terreno hidrologicamente consistido, foi possível obter o plano de informações de chuva acumulada em cada píxel da bacia. Dados de cinco (5) estações fluviométricas (ANA, 2017) foram utilizados e cruzados com os dados de chuva acumulada para gerar as equações de chuva acumulada versus vazão. Através dessas equações, é possível conhecer a vazão em cada ponto da bacia.

Em seguida, foram interligados a quantidade de poluentes ao uso de solo e população através do mapa de uso e cobertura do solo e do mapa de setores censitários. Atribui-se, para cada classe de uso e cobertura do solo, o valor esperado dos poluentes nitrato e fosfato. Somou-se, também, a contribuição da poluição pontual proveniente de esgoto doméstico. Somando a essas

duas informações o plano de vazões, foi obtido o plano de informação da concentração esperada de nutrientes para os três anos estudados.

Os dados provenientes das nove (9) estações de qualidade de água foram utilizados na calibração e validação do modelo (Figura 2).

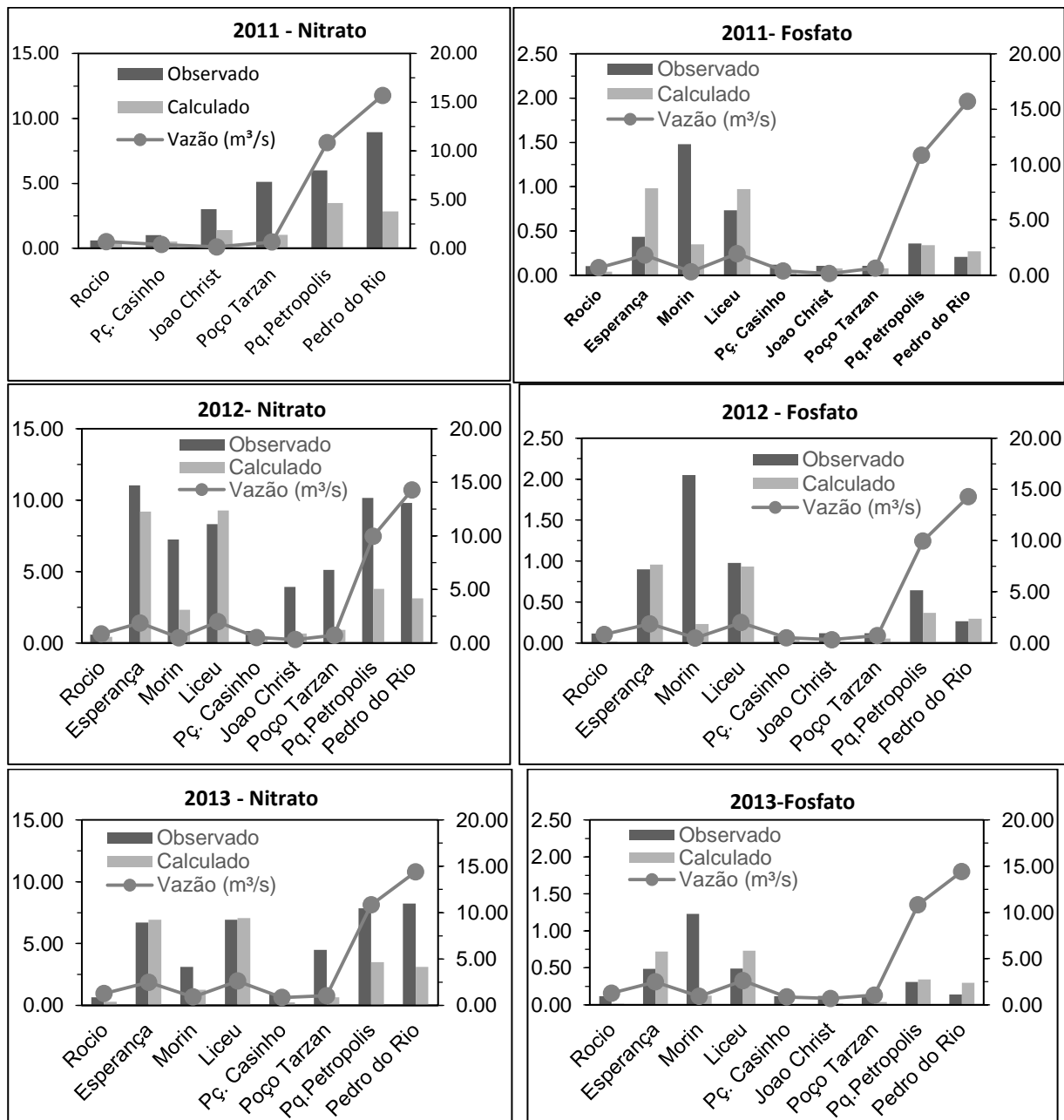


Figura 2: Valores da concentração de fosfato e nitrato, calculados e observados, no período de estudo.

Observou-se que os valores calculados se encontram, em sua maioria, inferiores aos valores médios observados. Para o nitrogênio, foi encontrado um melhor ajuste nas áreas urbanas e na região mais preservada do Rocio. Os resultados são ainda inferiores nas estações de João Christ e Tarzan (área agrícola). Esse fato pode ser explicado por uma possível subestimação nos valores esperados para este uso, visto que o uso de fertilizantes é feito de forma não controlada, com uso potencialmente abusivo e não consciente. Os baixos valores calculados nessas estações acabaram também por abaixar os valores nas estações a jusante, Parque Petrópolis e Pedro do Rio, pois o modelo interpretou que essas águas estavam vindo mais limpas e diluindo o poluente advindo da área urbana, o que não acontece na realidade.

No que tange à avaliação do fósforo na área urbana, o modelo superestimou a concentração de fosfato em Liceu e em Esperança, mas subestimou os valores em Morin. Esse fato pode ser explicado por um possível lançamento de esgoto vindo de outras regiões. Assim como para o nitrato, nas áreas agrícola e preservada, o modelo subestimou a concentração em João Christ e Tarzan. Já as estações mais a jusante, Parque Petrópolis e Pedro do Rio apresentaram bom ajuste.

Apesar disso, o coeficiente de determinação apresenta valores razoáveis, o que mostra que os dados seguem um certo padrão de comportamento passível de ser captado (Figura 3).

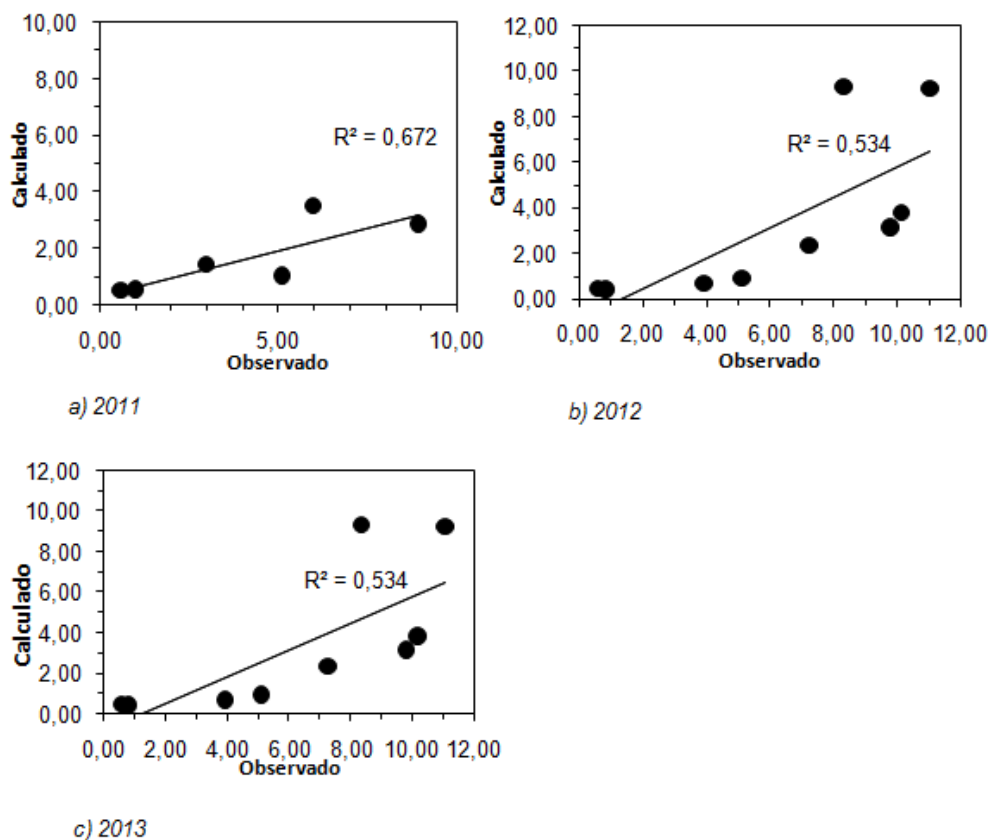


Figura 3. Dispersão entre os dados observados e calculados para o parâmetro nitrato nos anos de: a) 2011; b) 2012 e c) 2013.

Os valores abaixo do esperado podem ser explicados devido à escala do mapa de uso do solo, ou a uma possível subestimação dos coeficientes de exportação utilizados ou ainda à utilização de uma vazão média anual que não consegue capturar as flutuações no nível diário e anual.

CONCLUSÃO

A aplicação do procedimento avaliado no presente trabalho ensejou algumas conclusões, que permitem compreender a situação atual da bacia do rio Piabanha quanto ao diagnóstico da qualidade de água. Também foi possível melhor avaliar o desempenho da modelagem hidrológica no tocante à representação espaço-temporal da quantidade e da qualidade de água face à disponibilidade de dados e à área da bacia.

A relação chuva-vazão de longo curso, na escala anual, apresentou bons resultados. É necessário salientar que essa metodologia deve ser utilizada respeitando-se sua limitação, visto que a escala é anual e nem todos os parâmetros de qualidade de água podem ser considerados, aliado à premissa adotada pelo modelo de considerar o transporte de poluentes conservativo.

Por outro lado, é uma abordagem de fácil aplicação e que pode ser desenvolvida a partir de dados provenientes de diversas formas de aquisição, sejam eles de monitoramento *in situ* ou ainda oriundos de sensoriamento remoto ou radar. Por conseguinte, esse procedimento pode ser empregado em bacias sem monitoramento, isto é, em bacias que não possuem qualquer estação física, seja ela convencional ou automática, onde os dados de sensoriamento remoto e de radar, para desenvolvimentos das análises, poderiam ser oriundos de bases globais.

Verificou-se que os poucos dados de qualidade monitorados dificultaram a compreensão e o ajuste do modelo. Vale ressaltar que resultados dos valores calculados esperados dos poluentes nitrato e fosfato poderiam estar mais acurados se houvesse um melhor posicionamento nas estações de qualidade de água, que ajudariam a melhor interpretação dos resultados na totalidade da bacia hidrográfica. As áreas sem monitoramento funcionam como caixas-pretas que dificultam o ajuste do modelo.

Este trabalho também destaca a importância da implementação de um plano de amostragem da qualidade da água e concepção de uma rede de dados hidrometeorológicos que se faz fundamental para que os tomadores de decisão implantem uma gestão adequada das bacias hidrográficas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos às agências de fomento CAPES, FAPERJ, CNPq e FINEP, que, por meio de suporte aos projetos FAPERJ – Pensa Rio – Edital 19/2011 (2012-2014) e Pensa Rio – Edital 34/2014 (2014-2017) – E-26/010.002980/2014, FAPERJ – Processo E-26/103.116/2011 (2012-2014) e CNPq Edital Universal No. 14/2013 – Processo 485136/2013-9, entre outros, estimulam o avanço científico-tecnológico brasileiro na temática que abrange o escopo desta pesquisa. Agradecimentos extensivos são dirigidos, em especial, a instituições como a CPRM, ANA e INEA, que têm dedicado esforços para proporcionar dados e operar o monitoramento da bacia do rio Piabanha.

REFERÊNCIAS

- a) CHAPRA, S. C., 1997, Surface water-quality modeling, 1 ed., Boston, WCB – McGraw-Hill.
- b) CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília - DF, de 8 de março de 2005, nº 53, Seção 1, páginas 58-63. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- c) EIBEX I (2010). *Estudos Integrados em Bacias Experimentais I -MCT/FINEP/CT-HIDRO - Bacias Representativas 04/2005 (2005-2010) -COPPE-UFRJ Colaboração IGEO-UFRJ-UERJ-CPRM-SERLA– CNPq Bacias Experimentais – Parametrização hidrológica EIBEX I*, Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Programa de Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, 2010
- d) GONÇALVES, R.C. (2008). *Modelagem hidrológica do tipo chuva-vazão via SMAP e TOPMODEL - Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha/RJ*. Dissertação de M.Sc, Curso de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- e) J. GONDIM. (2006). Apresentação na 51ª Reunião da CTAP – Câmara Técnica de Análise de Projetos do CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- f) LOU, R.F. (2010). *Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na Bacia Experimental do Rio Piabanha/RJ*. Dissertação de M.Sc, Curso de Engenharia Civil – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- g) PAULA, T.P. (2011). *Diagnóstico e Modelagem Matemática da Qualidade da Água em Trecho do Rio Piabanha/RJ*. Tese de M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- h) PORTO, Monica F. A. and PORTO, Rubem La Laina. *Gestão de bacias hidrográficas*. Estud. av. [online]. 2008, vol.22, n.63, pp. 43-60.
- i) ROSMAN, P. C. C., MASCARENHAS, F. C. B., MIGUEZ, M. G., CAMPOS, R.O. G., EIGER, S. (1997). *Subsídios para modelagem de sistemas estuarinos*. In: Métodos numéricos em recursos hídricos, 1 ed., capítulo 3. Rio de Janeiro, Brasil, Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- j) SHERWOOD, S. C., et al. (2014). "Spread in Model Climate Sensitivity Traced to Atmospheric Convective Mixing." *Nature* 505: 37-42.
- k) SPERLING, M. V. (2005). *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 3 ed., vol. 1. Belo Horizonte, Brasil, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.