



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ESTUDO COMPARATIVO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA EXPERIMENTAL E REPRESENTATIVA DO RIO PIABANHA – REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO – RJ, COM APLICAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA).

Bruno Rocha Silva Setta (UFF)¹; Fátima de Paiva Canesin (UFF)²; Janaína Gomes Pires da Silva (CPRM)³; Mariana Dias Villas-Boas (CPRM)⁴

RESUMO – No presente trabalho foi aplicado o índice de qualidade da água em nove estações do projeto EIBEX (Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas da Região Serrana – RJ), desenvolvido pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), no período de 2010, 2011 e 2012. O índice de qualidade de água é uma ferramenta útil na avaliação da qualidade da água de uma bacia, bem como, do próprio monitoramento, em razão da sua facilidade de aplicação e compreensão por parte do público em geral. A metodologia selecionada foi o Sistema de Cálculo da Qualidade da Água – IQA/SCQA, utilizado pelo IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) e foi aplicada nas bacias experimentais urbana, agrícola, preservada e de controle inseridas na bacia do Piabanha, objeto do projeto EIBEX. Os resultados dos valores médios de IQA/SCQA por bacias foram: 38,33 (bacia urbana), 67,47 (bacia agrícola), 62,46 (bacia preservada) e 47,87 (bacia controle). Tais resultados evidenciaram o problema alarmante da bacia que é a deficiência no tratamento de esgoto doméstico, sobretudo na bacia urbana, e possibilitaram a compreensão do comportamento da qualidade de água na área de estudo como um todo, bem como, a avaliação da rede de monitoramento.

ABSTRACT– In this study the water quality index was applied in nine monitoring gauges of the EIBEX's project, developed by CPRM (Geological Survey of Brazil), for 2010, 2011 and 2012. The water quality index is an useful tool in assessing the water quality, as well as the monitoring network, because of its ease of application and understanding by the general public. The selected methodology was the System Calculation of Water Quality (IQA/SCQA) used by IGAM and it was applied in the Piabanha River watershed experimental basins: urban, agricultural, preserved and control. Results of mean values of IQA / SCQA by basins were: 38.33 (urban basin), 67.47 (agricultural basin) , 62.46 (preserved basin) and 47.87 (control basin) . These results are related to one of the main problems of the watershed, i.e. untreated domestic sewage, especially in the urban basin. Moreover, it provided an understanding of the behavior of water quality in the study area, as well as the evaluation of network monitoring.

Palavras-Chave – IQA, qualidade de água, Piabanha

INTRODUÇÃO

O processo de uso e ocupação do solo provoca modificações nas dinâmicas naturais do meio ambiente, trazendo sérias consequências, tais como: diminuição da infiltração no solo, erosão, formações de voçorocas, transporte de materiais retirados do solo, alteração da fauna e da flora e a redução na qualidade de água (PINTO *et al.*, 2005). A qualidade da água é resultado de fenômenos naturais, como escoamento ou infiltração, e da atuação do homem, como na geração de resíduos domésticos ou industriais, bem como os resultados de atividades agropecuárias. Dessa forma, podemos dizer que a qualidade de água está diretamente ligada às condições de uso e cobertura do solo numa Bacia Hidrográfica. (VON SPERLING, 2005).

Para o estudo das formas de uso de recursos hídricos e de suas possíveis alterações do longo de um curso d'água, devem-se utilizar indicadores de qualidade de água com o emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações da microbacia (TOLEDO & NICOLELLA, 2002). O uso de índices de qualidade de água é um teste que todo monitoramento de qualidade de água prevê como forma de observar, por informações resumidas, as possíveis alterações dos recursos hídricos ao longo de uma bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

O Índice de Qualidade de Água (IQA) é uma grande ferramenta já presente em diversos estudos para a abordagem da qualidade de água de corpos hídricos. Ele é utilizado em diversas formas como uma metodologia integradora, por dispor várias informações num único resultado numérico. Desde os primeiros trabalhos como o de Horton (1965), o cálculo do IQA vem sendo utilizado por vários autores em formas e abordagens distintas, sendo a mais empregada àquela desenvolvida em 1970 pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, e copiada por países como o Brasil e Inglaterra (OLIVEIRA, 1993; OREA, 1998).

O IQA facilita o entendimento e interpretação de variáveis diferentes que estão agrupadas numa escala comum. As agências federais, estaduais e municipais dispõem de centenas de valores para variáveis ambientais que ocasionam em volumosos arquivos, documentos ou publicações em boletins que são de difícil compreensão ao público leigo (BROWN *et al.*, 1970). Entretanto, os índices são metodologias muito gerais, que não levam em considerações as realidades locais (COMITESINOS, 1990). O IQA ainda apresenta algumas outras limitações, entre elas a de considerar apenas a sua utilização para o abastecimento público e por não contemplar outras

variáveis, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água e número de células de cianobactérias (CETESB, 2013).

Neste trabalho foi aplicado a metodologia do “IQA – Índice de Qualidade de Água” aos dados obtidos a partir do monitoramento de qualidade da água na Bacia Experimental e Representativa do rio Piabanha, realizado pela CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, no âmbito do projeto institucional “ Estudos Integrados em Bacias Experimentais e Representativas da Região Serrana – RJ – EIBEX”, desenvolvido pela CPRM/SGB como forma de avaliação da qualidade das águas na bacia. Tal projeto tem como objetivo o monitoramento de variáveis hidrológicas em diferentes escalas (bacias experimentais) para o desenvolvimento de estudos e pesquisas que poderão ser extrapolados para o restante da bacia (VILLAS-BOAS, 2007).

OBJETIVO

O presente trabalho visa analisar as mudanças espaço-temporais da qualidade da água na Bacia Experimental e Representativa do Rio Piabanha na região serrana do Rio de Janeiro a partir de dados de nove pontos de monitoramento de qualidade da água de três bacias experimentais implantadas na região, que são: bacia de uso urbano, uso agrícola e mata preservada. Além disso, verificar possíveis alterações na qualidade da água influenciada pelas chuvas ocorridas em janeiro de 2011 na região serrana. Neste sentido, buscou-se desenvolver um instrumento preliminar de referência de ações preventivas, corretivas e de planejamento, através da aplicação do Índice de Qualidade de Água (IQA).

METODOLOGIA

O Sistema de Cálculo da Qualidade da Água - SCQA

A formulação do IQA desenvolvida pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, contou com o auxílio de 142 especialistas em qualidade de água. Com o intuito de buscar por melhoria e proteção da água para o consumo, eles selecionaram nove parâmetros: coliformes fecais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrato, fosfato total, turbidez e sólidos totais (VILLAS-BOAS, 2011).

Inicialmente o índice foi incorporado ao Brasil através da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), em 1975, com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (CETESB, 2013).

A Tabela 3.1 apresenta os parâmetros, unidades e fatores de ponderação estabelecidos pela NSF para o IQA.

Parâmetros	Unidades	Pesos
Oxigênio Dissolvido	%	0,17
Coliformes Fecais	NMP/100m	0,16
pH	-	0,11
DBO	mg/l	0,11
Nitratos	mg/l	0,10
Fosfato total	mg/l	0,10
Temperatura	°C	0,10
Turbidez	UNT	0,08
Sólidos Totais	mg/l	0,07

Tabela 3.1 - IQA segundo NFS.

O Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) é considerado um instrumento muito eficiente, pois foi desenvolvido em linguagem JAVA e conta com um manual que descreve o sistema de cálculo, detalhadamente, através de etapas (SEMAD, 2005). No entanto, o IQA/SCQA sofreu algumas alterações para ser utilizado de acordo com os ambientes brasileiros. Os parâmetros utilizados são os mesmos estabelecidos pela NSF (National Sanitation Foundation) que representam as características físico-químicas e biológicas da água, mas em relação à variação da temperatura de equilíbrio foi considerada próxima de zero, pois os corpos hídricos brasileiros, geralmente, não recebem cargas térmicas elevadas (SEMAD, 2005).

Para o desenvolvimento do SCQA, as “curvas médias de variação da qualidade da água” da NSF e em estudos realizados no Brasil, através de regressões polinomiais e do programa Excel, o SCQA estabeleceu uma série de equações para serem utilizadas no cálculo do valor “qs”, que corresponde ao “valor-Q” da metodologia da NSF, e também varia entre 0 e 100 (SEMAD, 2005).

Para a efetuação do cálculo do valor do IQA/SCQA devem-se realizar duas operações: a aditiva e multiplicativa. A primeira corresponde à forma estabelecida pela NSF, o “qs” é multiplicado pelo peso relativo, e é feito um somatório dos nove valores. Já para a segunda operação, o “qs” é elevado ao peso relativo e, em seguida, é realizado um produtório dos valores. Essa última opção, apresentada na Equação 1, é a utilizada pelo programa e foi a utilizada nesse trabalho.

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (1)$$

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número que varia entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número que varia entre 0 e 100, obtido da respectiva equação, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado, um número que varia entre 0 e 1;

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Apesar das poucas alterações que o IQA/SCQA, seu valor calculado é classificado segundo as mesmas faixas estabelecidas pela NSF, conforme faixas apresentadas na tabela abaixo.

NÍVEL de QUALIDADE	FAIXA
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$

Tabela 3.2 - Faixas de Classificação dos valores do IQA (SEMAD, 2005).

A pesquisa desenvolvida utilizou dados secundários obtidos das análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos fornecidos pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais do Escritório do Rio de Janeiro, CPRM, através da atuação no Projeto EIBEX. Foram empregados os dados dos parâmetros de nove estações de monitoramento do projeto EIBEX para a bacia do rio Piabanha, nos períodos de 2010 (antes das chuvas), 2011 (ocorrência das chuvas) e 2012 (pós-chuvas).

CARACTERIZACAO DA ÁREA DE ESTUDOS

O presente estudo foi desenvolvido na bacia do rio Piabanha, localizada na Região Serrana do Rio de Janeiro. Essa bacia é composta pelos municípios de Areal, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Petrópolis, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto e Três Rios, totalizando uma população de 695.748 habitantes, segundo estimativas do IBGE (AGEVAP & CEIVAP, 2006).

A área total da bacia do rio Piabanha engloba cerca de 2065 km², sendo considerada uma das maiores sub-bacias formadoras do rio Paraíba do Sul com uma cobertura vegetal estimada em mais de 20% de suas terras, onde se encontra os mais expressivos resquícios de Mata Atlântica (COPPE/UFRJ, 2010). Seus principais afluentes são os rios Fagundes, pela margem esquerda, e rios Paquequer/Preto, pela margem direita (MORAIS, 2009).

O principal impacto na bacia é a rápida taxa de urbanização (KLING, 2005), e para demonstrar o nível de uso e ocupação do solo da bacia do rio Piabanha, foi elaborado um mapa com o auxílio do software ArcGIS 10.1, de acordo com a figura abaixo:

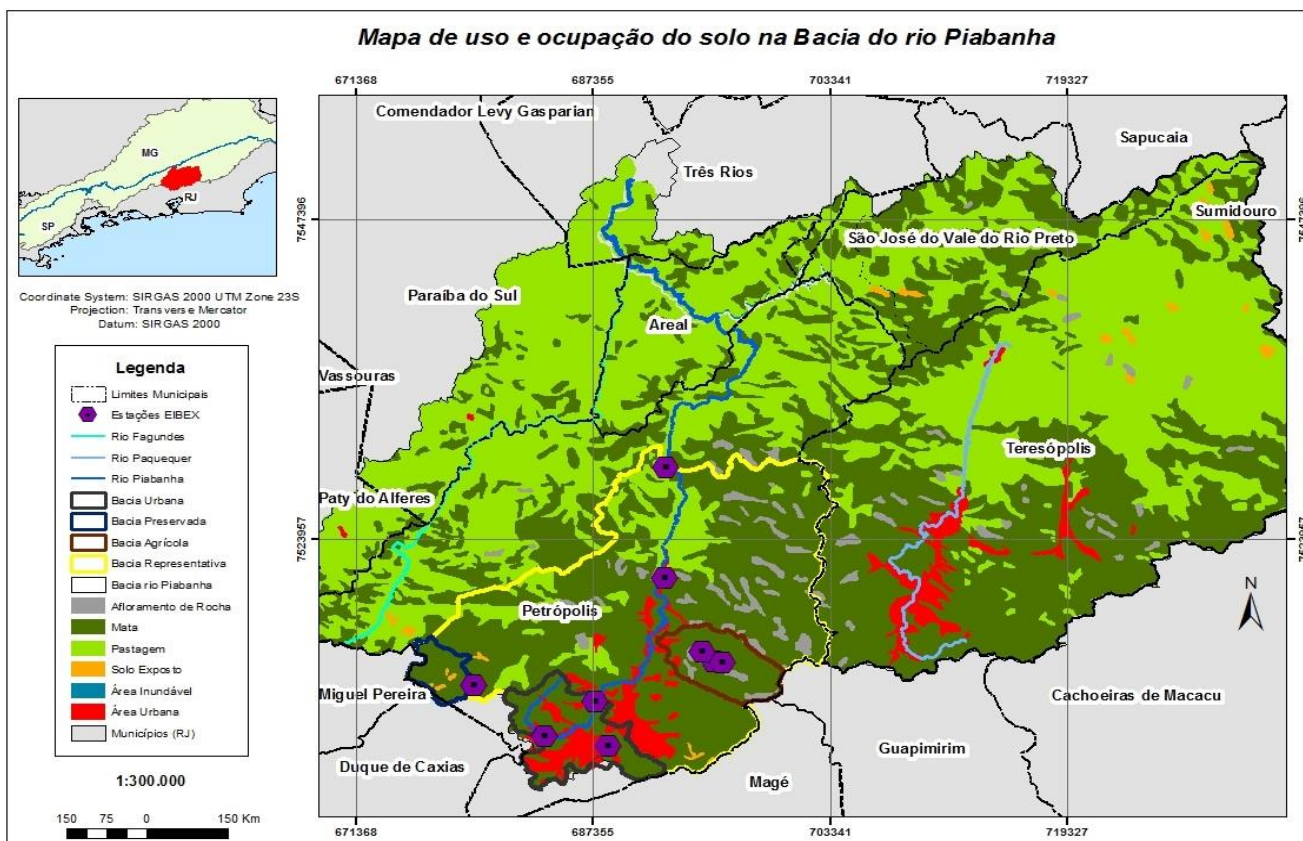


Figura 3.0 - Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Piabanha.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os dados utilizados no estudo compreenderam as coletas realizadas no período de junho, outubro e novembro de 2010; fevereiro, junho e agosto de 2011; e março, junho e outubro de 2012, totalizando nove campanhas. As coletas foram realizadas nas estações localizadas na bacia urbana (Esperança, Liceu e Morin), na bacia agrícola (Poço Tarzan, Poço Casinho e João Christ), na bacia preservada (Rocio) e na bacia controle (Pedro do Rio e Parque Petrópolis).

Todos os dados obtidos são brutos e não passaram por nenhum procedimento de consistência. No entanto, alguns parâmetros apresentaram valores abaixo do limite de quantificação, e por isso foi utilizado o valor do limite de quantificação como o valor real.

Os resultados obtidos para cada parâmetro, em cada campanha, para o “IQA/SCQA” encontram-se apresentados na Tabela 4.1 Os valores estão assinalados com as cores referentes à classificação do IQA/SCQA segundo as classes estabelecidas na Tabela 3.2.

A Tabela 4.1 apresenta a classificação da qualidade de água da bacia do rio Piabanha segundo a metodologia do SCQA.

Valores de IQA/SCQA calculados para as estações da Bacia do rio Piabanha									
Coletas/Estações	Pq. Petrópolis	Esperança	Liceu	Morin	Poço Tarzan	Poço Casinho	João Christ	Pedro do Rio	Rocio
Junho de 2010	54,30	48,66	49,64	44,34	69,00	76,82	71,28	64,23	74,32
Outubro de 2010	28,55	41,00	44,69	53,22	51,01	72,47	70,63	60,16	65,65
Novembro de 2010	47,58	37,62	41,33	39,00	72,17	74,33	73,27	54,40	50,73
Fevereiro de 2011	51,48	41,53	46,21	37,23	67,40	74,62	65,43	53,94	72,40
Junho de 2011	53,88	40,18	42,38	37,48	69,04	75,50	70,91	53,26	74,54
Agosto de 2011	39,12	33,18	28,72	21,41	62,95	63,25	64,37	46,54	62,17
Março de 2012	45,17	62,82	42,75	42,35	73,53	80,68	70,22	45,43	59,03
Junho de 2012	34,59	21,48	25,13	24,93	60,74	63,72	63,64	37,48	54,68
Outubro de 2012	37,69	27,52	35,07	25,21	52,37	57,41	55,05	53,81	48,65

Tabela 4.1 - Valores de “IQA/SCQA” calculados para as estações da Bacia do rio Piabanha.

A coleta de outubro de 2010 da estação Morin e a coleta de junho de 2012 da estação Esperança tiveram a classificação “Médio”, embora os valores obtidos para o IQA/SCQA, nesses dois casos, se situarem bem próximos do limite da classe inferior. Além disso, a coleta de agosto de 2011 da estação Morin e a coleta de junho de 2012 da estação Esperança tiveram a classificação “Muito Ruim”. Os resultados encontrados para a bacia urbana já eram esperados em razão da situação atual da bacia, que praticamente não possui tratamento de esgoto. Podemos dizer também que o IQA/SCQA demonstra-se ser uma ferramenta muito útil para esta área.

Os valores encontrados de IQA/SCQA para a bacia agrícola variaram entre “Bom” e “Médio”, provavelmente, em virtude da área possuir baixa densidade demográfica alternando entre áreas preservadas e cultivadas e quase nenhum lançamento de esgoto doméstico no rio. Vale ressaltar que o principal problema nessa bacia está nos agrotóxicos utilizados nas culturas e alguns metais que compõem o solo que não estão incluídos na avaliação pela metodologia IQA/SCQA. Dessa forma, os resultados apresentados não são representativos da situação da qualidade da água nessa área, já que correspondem a apenas uma vertente da situação.

Para a bacia preservada (Rocio), os resultados encontrados foram incompatíveis com a sua situação da qualidade da água na maioria das campanhas, apresentando IQA/SCQA “Médios” e até “Ruim”. Na campanha de novembro de 2010, constatou-se que os valores obtidos para os parâmetros coliformes fecais e oxigênio dissolvido foram muito alto (3169NMP/100 ml) e muito baixo (2,20 mg/l), respectivamente. Outro resultado alarmante encontrado foi na campanha de outubro 2012, onde a concentração de coliformes fecais foi de (866400 NMP/100 ml). Tais valores podem representar erro de amostragem ou de análise do parâmetro. Ou, talvez, a estação possa estar mal localizada recebendo algum tipo de efluente. Assim recomenda-se acompanhar as futuras coletas para uma melhor avaliação.

Os valores de IQA/SCQA encontrados para a Bacia Representativa do rio Piabanha correspondem aos seguintes valores percentuais, aproximadamente: 20% “Bom”, 37% “Médio”, 41% “Ruim” e 2% “Muito Ruim”.

Os resultados obtidos para cada estação foram organizados e reunidos num mapa que contém as informações da bacia com o objetivo de oferecer uma maior compreensão e melhor avaliação da qualidade de água da bacia apresentado na Figura 4.1.

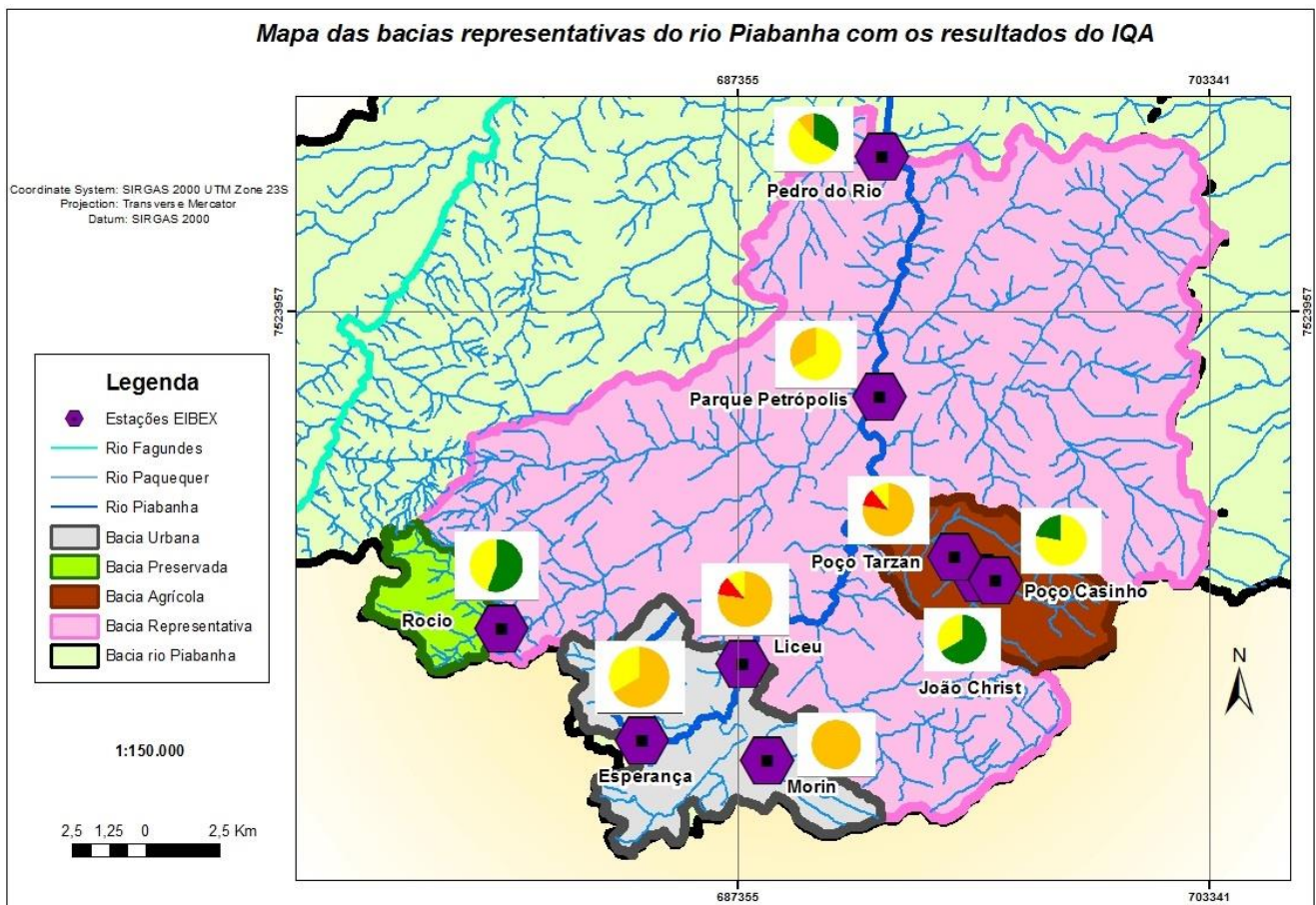


Figura 4.1 – Mapa das bacias representativas do rio Piabanha com os resultados do IQA.

CONCLUSÃO

A metodologia do Índice de Qualidade de Água do SCQA (IQA/SCQA) proporciona a avaliação da qualidade da água de uma bacia de uma forma simples e útil tanto para pesquisadores, quanto para usuários e público em geral, pois transforma dados quantitativos em informação, reunindo vários parâmetros em um único valor traduzido numa classificação. No entanto, esse índice apresenta limitações em relação à falta de algumas variáveis, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial (CETESB, 2013).

A partir da avaliação da qualidade da água da Bacia do rio Piabanha através do IQA/SCQA foi possível identificar os pontos mais críticos da bacia e como é o seu comportamento em relação à qualidade da água, mas constatou-se a sua deficiência com relação a problemas na área agrícola, como pesticidas e alguns metais, que não são avaliados pelo índice e requerem um acompanhamento no projeto. Dessa forma, recomenda-se a adaptação do índice para esse problema específico com a inclusão de outros parâmetros.

Recomenda-se a atualização do IQA/SCQA conforme forem obtidos mais dados de qualidade de água para acompanhar possíveis variações da qualidade da água ao longo do tempo e ter resultados mais robustos. É recomendável, ainda, que seja feita uma análise conjunta dos dados de quantidade e qualidade de água para que a avaliação seja feita de forma mais completa.

BIBLIOGRAFIA

a) Livro

BROWN, R. M.; McCLELLAND, N. I.; DEININGER, R. A. & TOZER, R. G. (1970). **A water quality index do we dare?** Water & Sewage Works, p.339-343.

OREA, D. G. **Evaluación de impacto ambiental**. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1998. 260p.

TOLEDO, L. G. & NICOLELLA, G. **Índice de Qualidade de Água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. Scientia Agrícola, v.59, n. 1, p.181–182, 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias).

b) Artigo em Revista

HORTON, R. **An index number of system for rating water quality**. Journal WPCF, vol.37, n.3, p.300-306, 1965.

PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; **Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente**. Lavras. Revista Cerne. v. 11, n.1, Jan/Mar 2005, p.49-60.

c) Artigos em Anais de Congresso ou Simpósio

MORAIS, A.; VILLAS-BOAS, M. D.; BASTOS, A. O.; MONTEIRO, A. E. G. C.; ARAÚJO, L. M. N. **Estudos para um diagnóstico quali-quantitativo em bacias experimentais – Estudo de Caso: Bacia do rio Piabanha**. In: 2º Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, 2009, Taubaté, São Paulo.

VILLAS-BOAS, M. D.; CHAVES, C. F. B.; SANTOS, F. J.; SILVA, J. G. P.; HENRIQUES, M. P.; MONTEIRO, A. E. G. C. **Avaliação preliminar da qualidade da água nas bacias experimentais e representativas do rio Piabanha a partir do cálculo do Índice de Qualidade de Água – IQA**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Jaraguá. Alagoas, p.18, 2007.

d) Cadernos

AGEVAP (Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) & CEIVAP (Comitê Integrado da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul). **Caderno de Ações Área de Atuação do Piabanha**. Elaboração: Fundação COPPETEC e Laboratório de Hidrologia e Estudos Ambientais, p. 4-5, 2006.

e) Relatórios

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. **Indicadores de Qualidade de Água – Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 09/10/2013.

COMITESINOS. Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos. **Utilização de um índice de qualidade de água no rio dos Sinos**. Porto Alegre: COMITESINOS, p.33, 1990.

OLIVEIRA, S. (Coord.) **Relatório de qualidade ambiental no Estado de São Paulo – 1993**. São Paulo: CETESB, 1994. 50p. (Série Relatórios).

SEMAD; UCEMG / PNMA II (2005). **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) – Estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. Relatório I.

f) Leis

BRASIL. 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 Nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei Nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 24/10/2013.

g) Dissertação

KLING, A. S. M. **Aplicação do Método Battelle na avaliação do impacto ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Piabanha**. Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. 2005.