



Comparação entre os Índices de Qualidade de Água Cetesb e Bascarán Comparison between the Water Quality Indexes Cetesb and Bascarán

Juliana Magalhães Menezes¹; Hullysses Sabino²; Vinicius Cristo^{3†};
Rachel Bardy Prado⁴; Luana Alves de Lima⁵; Letícia Briones Di Lullo⁴ & Gerson Cardoso da Silva Jr.³

¹Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto de Geociências – Departamento de Análise Geoambiental
Avenida General Milton Tavares de Souza, s/ n°, CEP 24210-346, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

²Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto de Geociências – Departamento de Geografia
Avenida General Milton Tavares de Souza, s/ n°, CEP 24210-346, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

³Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Geociências - Departamento de Geologia
Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, CEP: 21949-916, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil

⁴Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro, CEP: 22460-000 - RJ

⁵Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto de Química – Programa de Pós Graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental) - Outeiro São João Baptista s/ n°, CEP 24020-141, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

†in memoriam

E-mails: juliana_menezes@id.uff.br; hsabino@id.uff.br;

rachel.prado@embrapa.br; luanalimageol@gmail.com; lecadilullo@hotmail.com; gerson@geologia.ufrj.br

Recebido em: 26/01/2018 Aprovado em: 13/03/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_194_202

Resumo

A água é um bem essencial à vida e para muitas atividades econômicas. Contudo, sua degradação ocorre de forma acelerada, tornando-a inutilizável para os múltiplos usos da sociedade. Os municípios fluminenses de São José de Ubá e Itaperuna abrigam a bacia hidrográfica do rio São Domingos (BHRSD) no Rio de Janeiro, que apresenta elevados índices de desflorestamento, presença extensiva de agropecuária, centros urbanos com baixos índices de saneamento básico e intensiva extração de água subterrânea para uso doméstico e irrigação. Diante dessa situação, o presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade da água superficial da BHRSD a partir de dois Índices de Qualidade de Água (IQA): o IQA_{CETESB} e o IQA_{BASCARÁN}. Para tal, amostras de águas superficiais foram obtidas em 19 pontos da bacia nos anos de 2004 e 2005. Os parâmetros avaliados e utilizados para compor os índices foram: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato, turbidez, temperatura, sólidos totais e aspecto visual da água. Os resultados da aplicação dos índices foram espacializados para a área da BHRSD. O índice da Cetesb apresentou resultados mais positivos, na maioria das amostras, a água foi classificada como “Boa”. Enquanto que, pelo índice de Bascarán, a qualidade da água da BHRSD apresentou pior qualidade, com amostras predominantemente classificadas como “Média” e “Ruim” e, em menor número, como “Muito Ruim”. Quando não aplicada a constante K presente no IQA_{BASCARÁN}, os resultados desse índice apresentaram-se similares ao do IQA_{CETESB}. Já quando utilizada esta constante, as classificações foram mais distintas entre os índices. Os resultados gerais mostram que do ano de 2004 para 2005 a qualidade da água piorou. Recomenda-se o IQA_{BASCARÁN} para o monitoramento da qualidade da água superficial nesta bacia por descrever mais severamente a qualidade da água, garantindo, assim, maior segurança hídrica à saúde da população.

Palavras-chave: Índice de Qualidade de Água (IQA), Água superficial, Rio de Janeiro.

Abstract

Water is an essential good for life and for many economic activities. However, its degradation occurs rapidly, making it unsuitable for multiple uses of society. The São Domingos river watershed (SDRW), in the municipalities of São José de Ubá and Itaperuna in Rio de Janeiro, has high rates of deforestation, extensive agriculture, urban centers with low levels of basic sanitation and intense surface water extraction for household use and irrigation. The present article aims to analyze the quality of surface water of this basin using two Water Quality Indexes (WQI): WQI_{CETESB} and WQI_{BASCARÁN}. For this purpose, surface water samples were obtained in 19 sites in the basin in 2004 and 2005. The parameters evaluated and used to compose the indices were: dissolved oxygen, thermotolerant coliforms, pH, biochemical oxygen demand, nitrate, phosphate, turbidity, temperature, total solids and visual appearance of water. The WQI were interpolated to the SDRW area. The WQI_{CETESB} index presented more positive results, with most samples classified as “good”, whereas, by the WQI_{BASCARÁN} index, the water quality of the SDRW presented worse quality, the samples were predominantly classified as “median” and “bad”, with a few “very bad” samples. When the K constant present in the WQI_{BASCARÁN} was not applied, the results of this index were similar to that of WQI_{CETESB}. When the constant was used, the classification was more distinct among the indexes. The general results show that from 2004 to 2005 the water quality deteriorated. WQI_{BASCARÁN} is recommended for the monitoring of surface water quality in this watershed, because it describes more strictly the quality of water, thus ensuring greater health water security for the population.

Keywords: Water Quality Index (WQI), surface water, Rio de Janeiro.

1 Introdução

A sociedade e os ecossistemas naturais são dependentes da água para o seu funcionamento. Contudo, nas últimas décadas, as atividades antrópicas reduziram significativamente a disponibilidade da água potável. Segundo Rhoden *et al.* (2016), o aumento populacional, o uso indiscriminado dos recursos naturais, produção de lixo, descarte incorreto de contaminantes e efluentes e práticas agrícolas inadequadas contribuem para a contaminação dos solos e da água superficial e subterrânea. Além do impacto na qualidade da água, essas alterações também estão relacionadas às alterações climáticas, ao ciclo do carbono, à perda de biodiversidade e ao manejo da agricultura (Lepers *et al.*, 2005). O setor agrícola é altamente rentável, o que leva ao cultivo em larga escala, e, para isso, aplicam-se agrotóxicos e práticas de fertilização. Contudo, tais empregos não levam em conta o respeito e a preservação da qualidade dos recursos hídricos (Souza & Ghilardi, 2017).

Na bacia hidrográfica do rio São Domingos, a situação de degradação e escassez da água ocorre devido aos diversos ciclos econômicos de exploração da terra isentos de preservação ambiental, em especial, a agricultura. Segundo Olivo & Ishiki (2015), a prática agrícola é responsável por 70% do consumo de toda água no país, além de ser a atividade recordista em desperdício de água. Verificou-se que o mau uso da terra nesta bacia resultou na eliminação de grande parte da vegetação natural, em processos erosivos intensos, no entupimento das calhas dos rios, contaminação das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos providos da agricultura, dentre outros danos ambientais.

O monitoramento hidroquímico é um importante instrumento para avaliação do nível de poluição ou contaminação das águas, permitindo identificar o nível da degradação ao longo do tempo. No entanto, os métodos tradicionais utilizam muitos parâmetros, cujos resultados se tornam de difícil interpretação por não especialistas no tema, além de resultar em custo elevado. Uma forma de compilar os dados analisados em um único valor de forma objetiva e rápida é aplicar um Índice de Qualidade de Água (IQA).

O IQA é um instrumento matemático que apresenta diversas vantagens, entre elas: unifica

parâmetros de diferentes naturezas (biológica, química e/ou física), facilita a comunicação com o público geral, gera uma classificação geral ao invés de variáveis isoladas e unifica diversas variáveis em um único número, compatibilizando diferentes unidades de medidas em uma única unidade (Cetesb, 2017). O desenvolvimento do primeiro IQA é atribuído a Horton (1965) e, desde então, os índices passaram a ser utilizados como ferramenta de avaliação em todo o mundo.

No Brasil, o IQA_{CETESB} é o mais difundido e aplicado (Menezes *et al.*, 2010; Pizato, 2011; Barros *et al.*, 2012; Gardiman Junior & Simoura, 2016; Barcelos, 2017), fato que possibilita a comparação de diferentes áreas analisadas através dos estudos já realizados que utilizaram este índice. O IQA_{CETESB} é uma adaptação feita, em 1975, pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) do índice desenvolvido por Brown *et al.* (1970) na NSF (*National Sanitation Foundation* - EUA).

O IQA_{BASCARÁN} foi aplicado inicialmente na Espanha e trabalha com valores individuais de diversos parâmetros, proporcionando um valor global de qualidade de água (Rizzi, 2001). Apesar das semelhanças e de ter sido elaborado de forma mais flexível e abrangente que o IQA_{CETESB}, não é tão difundido. Um dos principais diferenciais do IQA_{BASCARÁN} em relação a outros índices, inclusive o da Cetesb, é a existência da constante K, que serve para avaliar o aspecto visual da água.

Dentro desse contexto, o objetivo principal do presente trabalho foi aplicar e comparar o IQA_{CETESB} com o IQA_{BASCARÁN} na bacia hidrográfica do rio São Domingos, no Noroeste do Rio de Janeiro, indicando as diferenças e semelhanças existentes. Bem como, procurou-se avaliar a qualidade das águas superficiais desta bacia, a partir dos resultados gerados pelos IQA's.

2 Área de Estudo

2.1 Localização

A área de estudo refere-se à bacia hidrográfica do rio São Domingos (BHRSD) no Estado do Rio de Janeiro, situada entre as coordenadas geográficas 21°15'00" e 21°30'00" Sul e 41°45'50"

e 42°04'50" Oeste (Figura 1). Esta bacia possui, aproximadamente, 280 km² e 90% do seu território abarca o município de São José de Ubá, e 10%, o município de Itaperuna.

O rio São Domingos é afluente do rio Muriaé, que faz parte do complexo hidrográfico do rio Paraíba do Sul, um dos mais importantes do Estado do Rio de Janeiro. Na BHRSD, três sub-bacias são estudadas com maior detalhe: Santa Maria/Cambiocó, Barro Branco e Prosperidade. Estas sub-bacias foram selecionadas porque possuem diferentes características, como por exemplo, o adensamento populacional em Santa Maria/Cambiocó e Barro Branco, e, em Prosperidade, a maior presença de agricultura (plantio de tomate) e menor ocupação.

2.2 Aspectos Fisiográficos

Segundo Dantas (2000), a geomorfologia desta área pode ser retratada como colinosa intercalada com alinhamentos serranos escalonados majoritariamente no rumo WSW-ENE. Uma descontinuidade geológica pode ser observada cortando a região no eixo SW-NE que limita dois domínios: o Juiz de Fora (ao norte) e o Cambuci (ao sul) (Heilbron *et al.*, 2005). A bacia apresenta afloramento de rochas cristalinas pré-cambrianas encobertas por sedimentos aluviais.

O clima da BHRSD é tropical seco com temperatura média anual variando ao redor de 24°C e precipitação pluviométrica média anual próxima a

1100 mm (Barreto, 2010). Esta bacia apresenta alto potencial hidrogeológico para aquíferos fraturados e sedimentares (Lima *et al.*, 2008) e cerca de 60 % da população utiliza água proveniente de poço ou nascente (Menezes *et al.*, 2009).

A área desta bacia é altamente vulnerável aos processos de erosão por conta do relevo acidentado e a presença de solos com grande gradiente textural (Barreto, 2000). A bacia apresenta pouca cobertura florestal, forte presença de atividades agrícolas e baixa taxa de precipitação pluviométrica durante o inverno, podendo ser estas as causas da escassez e modificação da qualidade da água na bacia. Diante desse cenário, os produtores agrícolas e a população em geral passaram a utilizar a água subterrânea, o que, por sua vez, alterou o ciclo hidrológico e recarga dos aquíferos (Menezes *et al.*, 2008).

3 Metodologia

3.1 Amostragem

Amostras de água foram coletadas no âmbito do projeto “Planejamento Conservacionista das Terras e Modelagem Preditiva de Sistemas Aquíferos do Cristalino para a Recarga Hídrica em Bacias Hidrográficas de Relevo Acidentado” resultante da parceria entre a Embrapa Solos e a Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Os IQAs foram aplicados em amostras coletadas nos anos de 2004 e 2005. Na campanha de 2004, foram amostrados 19 pontos,

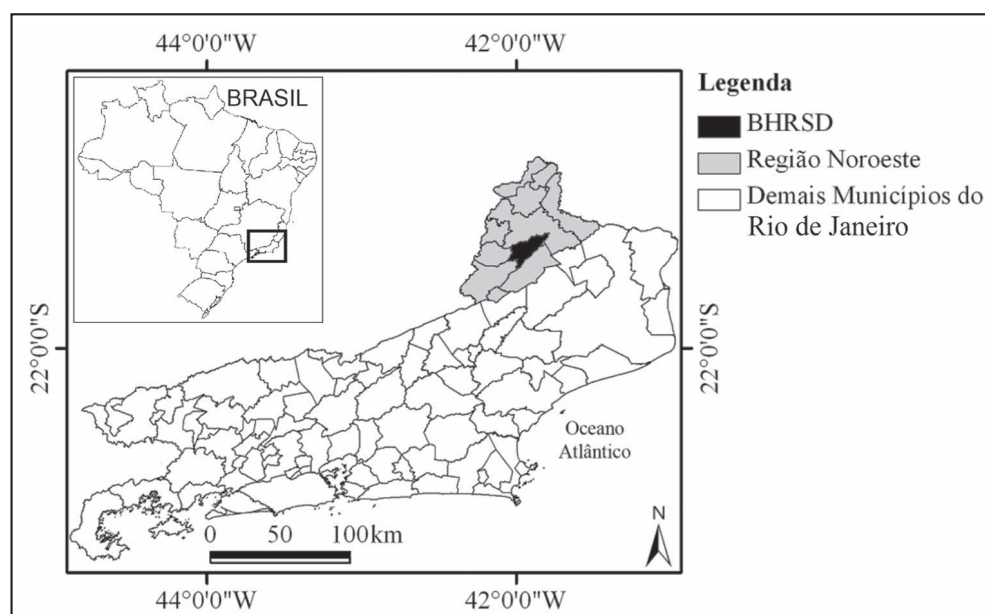


Figura 1: Localização da BHRSD. Adaptado de Menezes *et al.* (2008).

contemplando praticamente toda a BHRSD, e na coleta de 2005, somente as sub-bacias de Santa Maria/Cambiocó, Barro Branco e Prosperidade foram amostradas. Todas as análises seguiram metodologia da APHA (1998).

3.2 IQA_{CETESB}

Para construir o índice no qual o IQA_{CETESB} é fundamentado, Brown *et al.* (1970) submeteram a um conjunto de 142 especialistas em qualidade de águas superficiais uma pesquisa de opinião (Método Delphi) para sugerirem quais parâmetros deveriam compor um IQA e indicar seus respectivos pesos. Por fim, foram selecionados 9 parâmetros para compor o índice, que são, em grande parte, indicadores de contaminação oriunda de lançamento de esgoto doméstico (ANA, 2017). O índice criado por Brown *et al.* (1970) foi adaptado pela Cetesb, criando o IQA_{CETESB} (Equação 1).

Onde:

$$IQA_{CETESB} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

IQA_{CETESB}: Índice de Qualidade de Água Multiplicativo, um número entre 0 e 100;

qi: subíndice ou qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade; e

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1.

O IQA_{CETESB} é obtido pela forma multiplicativa, assim sendo, alguns resultados muito baixos não são mascarados, como ocorre com o índice calculado de forma aditiva elaborado por Brown *et al.* (1970). Os parâmetros e os pesos originais deste índice podem ser vistos em ANA (2017). A soma de todos os pesos ($\sum w_i$) é igual a 1 (um).

Após o cálculo, um valor de 0 a 100 é obtido, onde 0 representa péssima qualidade e 100 ótima qualidade (Tabela 1), sendo possível classificar a amostra na escala de categorias de qualidade de água.

3.3 IQA_{BASCARÁN}

O IQA_{BASCARÁN} é um somatório de subíndices ponderados, capaz de trabalhar com mais de 20 parâmetros diferentes. É calculado pela Equação 2:

Ponderação	IQA _{CETESB}	IQA _{BASCARÁN}
100	Ótima	Excelente
95	Ótima	Excelente
90	Ótima	Excelente
85	Ótima	Boa
80	Ótima	Boa
75	Boa	Boa
70	Boa	Boa
65	Boa	Média
60	Boa	Média
55	Boa	Média
50	Regular	Média
45	Regular	Ruim
40	Regular	Ruim
35	Ruim	Ruim
30	Ruim	Ruim
25	Ruim	Ruim
20	Ruim	Muito Ruim
15	Péssima	Muito Ruim
10	Péssima	Muito Ruim
5	Péssima	Muito Ruim
0	Péssima	Muito Ruim

Tabela 1: Escala dos IQAs, variação de 0 a 100 (%). As categorias do índice Bascarán foram adaptadas.

Parâmetros	Peso Relativo
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO _{5,20}	0,10
Fosfato	0,10
Nitrato	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08
Temperatura	0,10

Tabela 2: Parâmetros e pesos utilizados no IQA_{CETESB}.

$$IQA_{BASCARÁN} = k \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

C_i: valor percentual (subíndice) correspondente ao parâmetro *i*, de acordo com a Tabela 3;

P_i: peso correspondente a cada parâmetro de acordo com a Tabela 3; e

K: constante de ajuste, em função do aspecto visual das águas.

K = 1,00 para águas claras sem aparente contaminação;

K = 0,75 para águas com ligeira cor, espumas, turbidez aparente não natural;

K = 0,50 para águas com aparência de estar contaminada e com forte odor;

K = 0,25 para águas negras que apresentam fermentações e odores (Rizzi, 2001).

A escala do $IQA_{BASCARÁN}$ varia de 0 (Muito Ruim) a 100 (Excelente), como exposto na Tabela 1. Ressalta-se que o $IQA_{BASCARÁN}$ possui maior número de classes, mas que estas foram reduzidas e adaptadas para a presente pesquisa, e que o IQA_{CETESB} aceita amostras com menor valor na classe boa ($51 < IQA_{CETESB} \leq 79$). Na tabela 3, os pesos e o valor percentual de cada parâmetro aplicado no $IQA_{BASCARÁN}$ são expostos.

Parâmetro	pH	O.D. (mg/l)	C. T. (nº/100 ml)	Nitrato (ppm)	Fosfato (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	Turbidez (NTU)	Aspecto Aparente (Constante K)	Valor
Peso	1	4	3	2	2	2	2	--	(%)
Valor Analítico do Parâmetro (Ci)	1	0	>14000	>100	>500	>15	>400	Péssimo	0
	2	1	10000	50	300	12	250	Muito Ruim	10
	3	2	7000	20	200	10	180	Ruim	20
	4	3	5000	15	100	8	100	Desagradável	30
	5	3,5	4000	10	50	6	50	Impróprio	40
	6	4	3000	8	30	5	20	Normal	50
	6,5	5	2000	6	20	4	18	Aceitável	60
	9	6	1500	4	10	3	15	Agradável	70
	8,5	6,5	1000	2	5	2	10	Bom	80
	8	7	500	1	1	1	8	Muito Bom	90
	7	7,5	0	0	0	<0,5	<5	Excelente	100

Tabela 3: Parâmetros e pesos do $IQA_{BASCARÁN}$ utilizados.

3.4 Aplicação dos Índices de Qualidade de Água

Alguns dos parâmetros do IQA_{CETESB} tiveram que ser trocados por conta da ausência na base dos dados. Os parâmetros nitrogênio total, fósforo total, resíduo total aplicados originalmente no IQA_{CETESB} foram substituídos por nitrato, fosfato e sólidos totais, respectivamente, como visto na tabela 2. Sendo assim,

os parâmetros aplicados em ambos os índices foram: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato, turbidez, além de temperatura e sólidos totais (somente para o IQA_{CETESB}) e aspecto visual da água (somente para o $IQA_{BASCARÁN}$).

4 Resultados e Discussão

A constante K presente no cálculo do $IQA_{BASCARÁN}$ tem o potencial de mascarar os resultados por ser de determinação subjetiva e dependente de uma série de fatores, tais como: a percepção do examinador da água, fatores climáticos (como a intensidade, frequência e duração das precipitações no período em que foram feitas as coletas de água) e visibilidade do ponto de coleta das amostras. Por conta dessas situações, o $IQA_{BASCARÁN}$ foi aplicado com e sem a constante K e os respectivos cálculos serão descritos separadamente.

As amostras referentes ao mês de outubro do ano de 2004 foram analisadas inicialmente de acordo com o IQA_{CETESB} e do $IQA_{BASCARÁN}$ sem utilizar a constante K. Os resultados podem ser analisados na Figura 2. De forma geral, os índices apresentaram a mesma tendência de classificação e valores relativamente próximos.

Das amostras do ano 2004 calculadas com o índice de Bascarán com a constante K (Figura 3), há três pontos que estão em destaque para exemplificar como alguns parâmetros podem levar a uma melhor ou pior classificação do índice. Observou-se nas amostras referentes a estes três pontos que o aumento dos teores de coliformes fecais e da demanda bioquímica de oxigênio podem fazer com que os índices apresentem valores mais baixos, isto é, reduzem a qualidade da água.

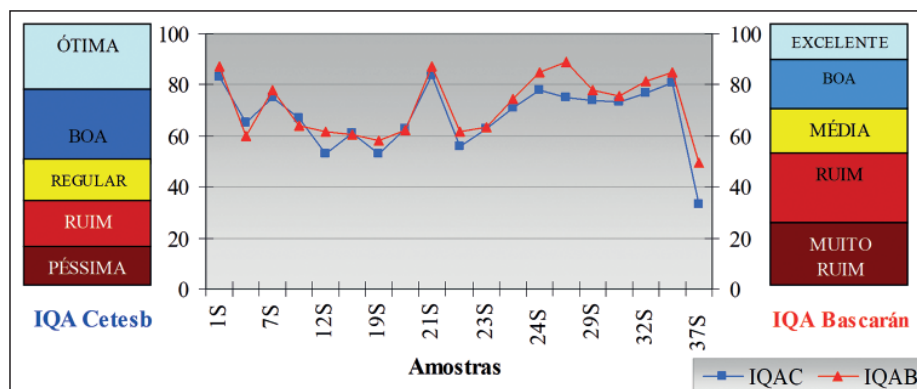
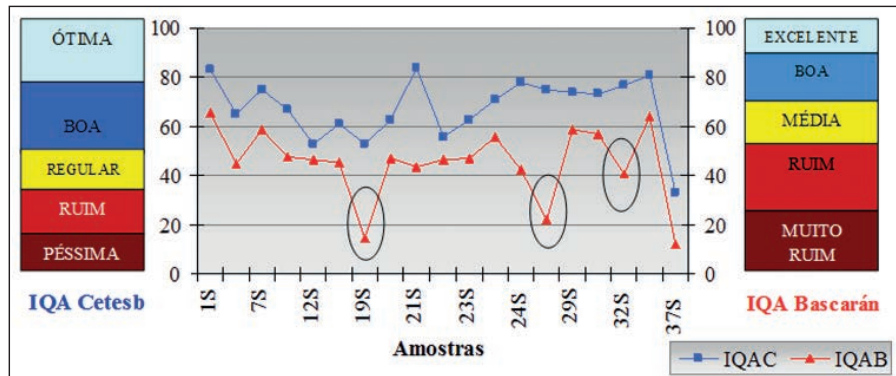


Figura 2: Resultados do IQA_{CETESB} (IQAC) e do $IQA_{BASCARÁN}$ (IQAB) calculado sem a constante K, para as amostras de outubro/2004.

Figura 3: Resultados do IQA_{CETESB} (IQAC) e do $IQA_{BASCARÁN}$ (IQAB) calculado com a constante K, para as amostras de outubro/2004 (em destaque amostras com resultados marcadamente diferentes do IQA_{CETESB}).



A partir de uma análise comparativa entre os gráficos das Figuras 2 e 3, é possível constatar a influência da constante K nos resultados do $IQA_{BASCARÁN}$. O uso desta constante acarretou em classificações mais severas em todas as amostras, o que, conseqüentemente, rebaixou as categorias em que as amostras estavam anteriormente classificadas, principalmente das amostras destacadas na Figura 3.

Os resultados do IQA_{CETESB} e do $IQA_{BASCARÁN}$ (sem a constante K) das amostras de outubro de 2004 foram espacializados, através da ferramenta *Spatial Analyst* do ArcGIS versão 10.3, e, em seguida, ilustrados respectivamente nas Figuras 4 e 5.

As amostras obtidas em 2004 e analisadas a partir do IQA_{CETESB} expõem uma bacia majoritariamente classificada como ‘Boa’, como ‘Ótima’ na região sudoeste da bacia e, na área central, categorizada com qualidade ‘Média’ e ‘Ruim’ (Figura 4). Enquanto que os resultados do $IQA_{BASCARÁN}$ (sem constante K) atribuem à BHRSD duas classificações predominantes, ‘Boa’, na porção sul da bacia, e

“Média” na faixa central e norte, além de duas áreas classificadas como “Ruim” (Figura 5).

De acordo com ambos os índices, a melhor qualidade da água é encontrada na parte sul da bacia, que é uma área com maior preservação ambiental, enquanto que os pontos de pior qualidade são encontrados na região central, onde se localiza a parte mais urbanizada da bacia, indicando que a má qualidade da água está relacionada a fatores antrópicos, como a falta de tratamento de esgoto na região.

Nos gráficos das Figuras 6 e 7 encontram-se os resultados das análises das amostras de água do mês de dezembro de 2005 de acordo com o IQA_{CETESB} e $IQA_{BASCARÁN}$. O gráfico da Figura 6 expõe os resultados do $IQA_{BASCARÁN}$ sem a constante K e o da Figura 7, com a constante aplicada.

Novamente, pode-se constatar que o índice de Bascarán apresenta as classificações com piores indicadores de qualidade. Tal como com as amostras de 2004, as de 2005 também apresentam resultados

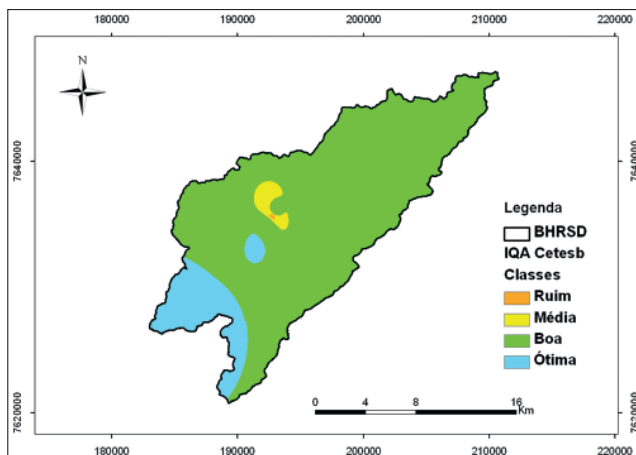


Figura 4: Mapa com os resultados do IQA_{CETESB} para as amostras de outubro/2004.

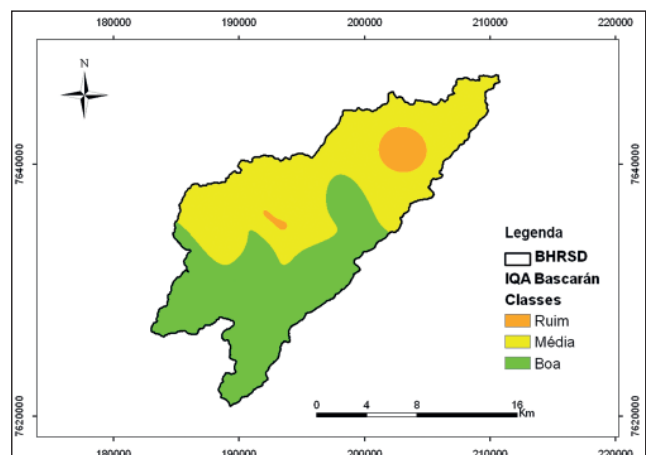


Figura 5: Mapa com os resultados do $IQA_{BASCARÁN}$ calculado sem a constante K, para as amostras de outubro/2004.

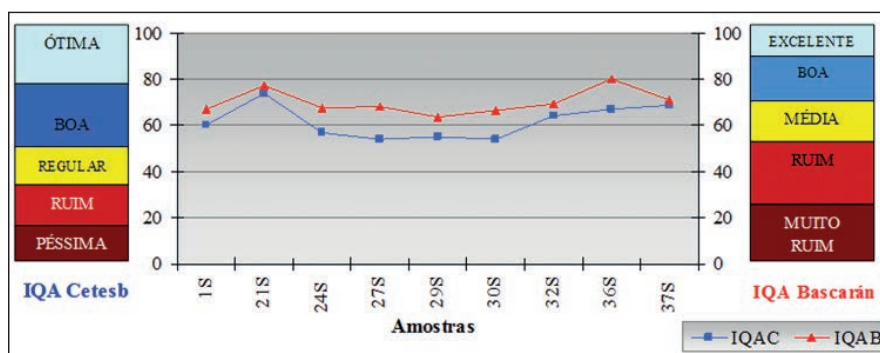


Figura 6: Resultados do IQA_{CETESB} (IQAC) e do $IQA_{BASCARÁN}$ (IQAB) calculado sem a constante K, para as amostras de dezembro/2005.

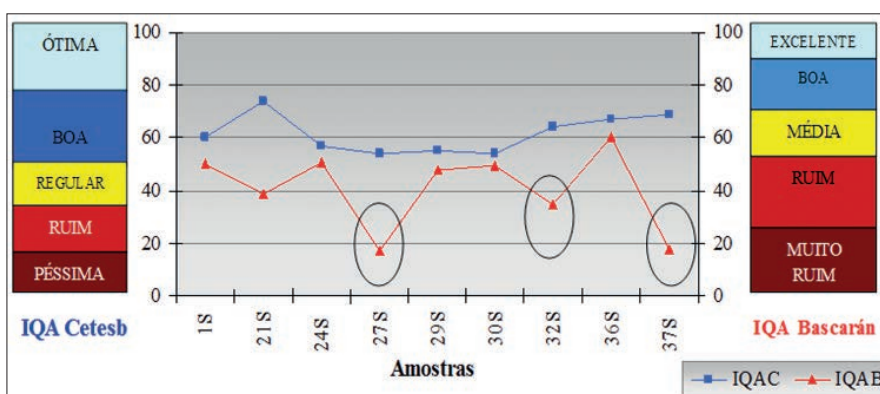


Figura 7: Resultados do IQA_{CETESB} (IQAC) e do $IQA_{BASCARÁN}$ (IQAB) calculado com a constante K, para as amostras de dezembro/2005 (em destaque amostras com resultados marcadamente diferentes do IQA_{CETESB}).

dísparos nas classificações com a utilização ou não da constante K, o que comprova o peso dessa constante no cálculo do $IQA_{BASCARÁN}$.

De modo geral, a classificação geral da qualidade da água na bacia nos anos de 2004 e 2005 permanece como “Boa” a partir do IQA_{CETESB} e mantém-se classificada como “Média” de acordo com a análise do $IQA_{BASCARÁN}$ sem a constante K. As amostras averiguadas à luz do $IQA_{BASCARÁN}$ com a constante K expõem que a qualidade de água seguiu predominantemente como “Ruim”, com algumas áreas como “Muito Ruim”.

5 Conclusões e Recomendações

O índice de qualidade de água mostrou-se uma ferramenta satisfatória para o estudo e gestão de recursos hídricos. A iniciativa de estudar uma área com mais de um índice mostrou-se válida, pois quando não há um IQA específico para a área de estudo, o uso de diferentes IQA's assegura que a ponderação entre as classificações finais das amostras possa ser considerada a mais próxima da realidade.

O IQA_{CETESB} apresenta parâmetros fixos, o que, diante da ausência de algum desses parâmetros,

dificulta ou até mesmo inviabiliza sua aplicação, visto que a inclusão de novos parâmetros, como as que foram feitas nesse trabalho, não é simples. A função de agregação do IQA_{CETESB} elimina resultados com efeitos de “eclipse” e regiões ambíguas, porém quando os pesos são pequenos, podem vir a ser demasiadamente não-linear.

O $IQA_{BASCARÁN}$ apresenta vantagens em relação ao IQA_{CETESB} . O índice de Bascarán é fundamentado em uma expressão matemática que possibilita o uso independente de até 25 parâmetros, todos catalogados de acordo com seu peso e valor analítico. Isto posto, é possível afirmar que o uso de sete parâmetros, além da constante K, para calcular $IQA_{BASCARÁN}$ neste trabalho foi seguro. No entanto, a constante K é muito subjetiva e variável de acordo com a percepção de quem avalia. Além disso, segundo Rizzi (2001), enquanto o $IQA_{BASCARÁN}$ utiliza valores nas curvas ou funções de qualidade dos parâmetros que são distribuídos de forma absoluta, no IQA_{CETESB} , a distribuição se dá de forma contínua.

As classificações das amostras a partir do IQA_{CETESB} para a BHRSD mostraram-se mais positivas e constantes, com o predomínio de classificações do tipo “Boa” e até áreas categorizadas

como “Ótima”, a melhor classificação do índice da Cetesb. Entretanto, pelo $IQA_{BASCARÁN}$ (com ou sem a constante K), as classificações foram mais severas. Sem a constante K, as classificações foram próximas às obtidas pelo IQA_{CETESB} , ainda assim mantiveram-se mais rigorosas. Com a constante K, houve o predomínio da classe “Média” e “Ruim” e, com menor frequência, “Muito Ruim”, a pior categoria de qualidade de água pelo índice de Bascarán.

Diante da flexibilidade de uso de até 25 parâmetros e das classificações mais restritivas e rígidas, considera-se o $IQA_{BASCARÁN}$ o mais adequado para a análise da qualidade da água para a BHRSD. Ressalta-se que, para o uso de um IQA, deve-se sempre considerar as características geográficas para que seja utilizado o índice que melhor condiz com a área de estudo.

A partir da análise feita das classificações dos IQA's e das espacializações dos resultados, nota-se que a qualidade da água na BHRSD em 2005 foi mais baixa do que a observada em 2004, ou seja, a qualidade da água nessa bacia piorou entre 2004 e 2005, possivelmente devido ao aumento do uso de fertilizantes agrícolas e em virtude da menor precipitação pluviométrica que pode ter resultado na maior concentração de poluentes.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa Solos pela cooperação com a base de dados através do projeto “Planejamento Conservacionista das Terras e Modelagem Preditiva de Sistemas Aquíferos do Cristalino para a Recarga Hídrica em Bacias Hidrográficas de Relevo Acidentado”, financiado pelo PRODETAB/Embrapa nº 087-02/01 e ao Sr. Nelson Menegon, gerente do Setor de Águas Interiores da Cetesb, pelos esclarecimentos e sugestões.

Os autores agradecem ao Vinicius Cristo por toda ajuda e alegria.

7 Referências

ANA - Agência Nacional de Águas. 2017. *Indicadores de qualidade – Índice de qualidade das águas*. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

APHA - American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, Byrd. Repress Springfield. 1.134 p.

Barcelos, A. A. 2017. *Diagnóstico da Qualidade das Águas da Bacia do Córrego Sucuri no Município de Caçu-Goiás*. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Dissertação de Mestrado, 82 p.

Barreto, A. B. C. 2010. *Avaliação da Recarga e de Sustentabilidade de Recursos Hídricos Subterrâneos de uma Micro-Bacia usando modelagem Numérica*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 210 p.

Barreto, A. B. C.; Monsore, A.L.M.; Leal, A.S. & Pimentel, J. 2000. *Hidrogeologia do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM. 1 CD-ROM.

Barros, J. C.; Barreto, F. M. S. & Lima, M. V. 2012. Aplicação do Índice de Qualidade das Águas (IQA-CETESB) no açude Gavião para determinação futura do Índice de Qualidade das Águas Brutas para fins de Abastecimento Público (IAP). In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 7, Tocantins, 2012. Anais, Tocantins, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

Brown, R. M.; McLelland, N. I.; Deininger, R. A. & Tozer, R. G. A. 1970. Water quality index - Do we dare?. *Water & Sewage Works*, 117: 339-343.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Índices de Qualidade das Águas. 2017. Disponível em: <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/12/2013/11/01.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

Dantas, M. E. 2000. *Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro – Texto Explicativo do Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1:500.000*. Brasília, CPRM. 1 CD-ROM.

Gardiman Junior, B.S. & Simoura, L.T. 2016. Cobertura florestal e qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. *Scientia Plena*, 12 (1).

Heilbron, M.; Duarte, B.; Nogueira, J. R.; Almeida, C. G.; Tupinambá, M.; Geraldês, M.; Guia, C.; Miranda, A. W. A.; Silva Filho, R. S.; Medeiros, F. F. F. & Mansur, K. 2005. Geologia da bacia do Rio São Domingos, São José de Ubá, Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 9, Niterói, 2005. Boletim de Resumos.

Horton, R. K. 1965. An index number system for rating water quality. *Journal WPCF*, 37: 300-305.

Lepers, E.; Lambin, E. F.; Janetos, A. C.; Defries, R.; Achard, F.; Ramankutty, N. & Scholes, R. J. 2005. A Synthesis of Information on Rapid Land-cover Change for the Period 1981-2000. *BioScience*, 55 (2): 115-124.

Lima, L. A.; Menezes, J. M. & Silva Junior, G. C. da. 2008. Interpretação de Ensaios de Bombeamento em Aquíferos Fraturados: Caso de Estudo na Bacia do Rio São Domingos, São José de Ubá-RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15, 2008, Curitiba. Anais, São Paulo, ABAS.

Menezes, J. M.; Prado, R. B.; Silva Junior, G. C. da. Índices de Qualidade de Água: métodos e aplicabilidade. In: PRADO, R.B.; TURETTA, A.P.D.; ANDRADE, A.G. (Org.). *Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto de Mudanças Ambientais*. 1ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010, v. 1, p. 325-352.

Menezes, J. M.; Prado, R. B.; Silva Junior, G. C. da; Mansur, K. L. & Oliveira, E. dos S. de. 2009. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação

Comparação entre os Índices de Qualidade de Água Cetesb e Bascarán
Juliana Magalhães Menezes; Hullysses Sabino; Vinicius Cristo;
Rachel Bardy Prado; Luana Alves de Lima; Leticia Briones Di Lullo & Gerson Cardoso da Silva Jr.

- antrópicas e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos – RJ. *Associação Brasileira de Engenharia Agrícola*, 29 (4): 687-698.
- Menezes, J. M.; Silva Junior, G. C. da. 2008. Hidrogeoquímica de aquíferos fraturados: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio São Domingos, Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. *Revista Águas Subterrâneas*, 22 (1): 75-90.
- Olivo, A. M. & Ishiki, H. M. 2015. Brasil frente à escassez de água. *Colloquium Humanarum*, 11 (3): 41- 48.
- Pizato, E. 2011. *Avaliação da qualidade da água do rio Ligeiro por meio de análises físico-químicas e microbiológicas*. Graduação em Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Trabalho de conclusão de curso, 58 p.
- Rhoden, A. C.; Feldmann, N. A.; Muhl, F. R.; Ritter, A. F. S. & Moreira, A. 2016. A importância da água e da gestão dos recursos hídricos. *Revista Ciências Agroveterinárias e alimentos*, 1. Disponível em: <<http://revista.faiFaculdades.edu.br:8080/index.php/cava/article/view/196/91>>. Acesso em: 07 jan. 2017.
- Rizzi, N. 2001. Índices de Qualidade de Água. *Sanare*, 15 (15): 11-20.
- Souza, M. C. S. A. & Ghilardi, H. T. 2017. Recursos hídricos, agropecuária e sustentabilidade: desafios para uma visão ecológica do planeta. *Revista Jurídica*, 2 (47): 78-98.