

Adequabilidade de um índice de qualidade da água para o rio Camaquã/RS



Water Quality Index adaptation to Camaquã river /RS



• **Data de entrada:**
26/01/2018

• **Data de aprovação:**
02/08/2018

Luana Nunes Centeno^{1*} | Samanta Tolentino Cecconello¹ | Luís Carlos Timm¹ | Diuliana Leandro¹ DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2020.023>

ORCID ID

Centeno, L.N.  <https://orcid.org/0000-0001-9398-9863>
Cecconello, S.T.  <https://orcid.org/0000-0001-5903-6241>

Timm, L.C.  <https://orcid.org/0000-0003-2916-8125>
Leandro, D.  <https://orcid.org/0000-0002-8092-5550>

Resumo

A avaliação isolada das variáveis limnológicas visando ao monitoramento de um manancial não permite obter uma visão global da dinâmica que ocorre no corpo hídrico. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo adequar um Índice de Qualidade de Água para o rio Camaquã, localizado no sul do Rio Grande do Sul, utilizando para isso dados secundários de qualidade da água disponibilizados pela Fepam, do período de 2005 a 2013. A modificação do índice de qualidade da água foi feita por meio da utilização dos escores fatoriais, obtidos a partir da análise fatorial e da análise de componentes principais. Os pesos estabelecidos para o IQA_{Mod} mostram que a variável demanda bioquímica de oxigênio se apresentou como a variável de maior importância neste estudo, diferindo assim da variável de maior importância do IQA_{Cetesb} , não apenas nessa variável, mas em todas as outras que compuseram o índice, o que proporcionou um resultado final distinto entre o IQA_{Mod} e o estabelecido pela Cetesb.

Palavras-chave: IQA. Cetesb. Estatística Multivariada. ACP.

Abstract

The isolated evaluation of limnology variables aiming the monitoring of a water source is not viable as it becomes impossible to obtain a global vision of the dynamics that occur in the water source. In view of that, this work had as its objective to adapt a Water Quality Index for the Camaquã River, located in the south of Rio Grande do Sul, utilizing for this purpose secondary data of the quality of the water made available by Fepam, of the period from 2005 to 2013. The modification of the water quality index was carried out through the utilization of factorial scores obtained from the factorial analysis and from the analysis of its main components. The new weights established for the $WQIMod$ show that the variable biochemical demand of oxygen presented itself as the most important variable in this study, thus varying from the most important variable of $WQICetesb$, not only in this variable but in all others which composed the index, what provided a different final result between the modified water quality index and the one established by the Cetesb.

Keywords: WQI. Cetesb. Multivariate Statistics. CPA.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas - RS - Brasil.

* **Autor correspondente:** luananunescenteno@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da água apresenta características físicas, químicas e biológicas distintas, sendo estas dependentes das formas de uso e ocupação do meio físico e das atividades socioeconômicas (BRAGA et al., 2015; BERTOSSI et al., 2013; HELLER; PÁDUA, 2010). Dentre as atividades socioeconômicas, destacam-se a urbanização, as atividades industriais e as práticas agrícolas (BOSKIDIS et al., 2010; GOMES et al., 2014).

A urbanização e as atividades industriais, por serem importantes agentes poluidores, contribuindo com altos teores de matéria orgânica quando lançam seus efluentes in natura nos corpos d'água e dependendo da capacidade suporte do corpo receptor, podem causar sérios prejuízos à qualidade da água (GOMÉZ, 2013; NUVOLARI, 2011; SARDINHA et al., 2008). Por conseguinte, as práticas agropecuárias se constituem como um dos principais agentes poluidores difusos, pois enriquece os córregos, rios e lagos com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, sedimentos e resíduos de pesticidas.

Em virtude das diversas fontes de poluição e da dinâmica dos corpos hídricos, é indispensável a realização do monitoramento da qualidade da água ao longo do tempo e do espaço. Ao longo do tempo, pois permite o acompanhamento da evolução das condições da qualidade da água, e ao longo do espaço para acompanhar o comportamento de determinados parâmetros em determinados pontos do manancial superficial, servindo assim como medida de apoio a tomadas de decisões (ABREU; CUNHA, 2015; TAVARES, 2014).

Além disso, o monitoramento da qualidade da água é um dos principais pilares para uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando os efeitos sobre as características qualitativas das águas,

visando subsidiar as ações de controle ambiental (PINTO et al., 2009; TAVARES, 2014; SAKIZADEH, 2015). Entretanto, o custo de monitorar a resposta da qualidade da água às mudanças e os impactos decorrentes das atividades antrópicas é acentuadamente elevado (WANG et al., 2015).

Diante disso, uma ferramenta de tomada de decisão que vem sendo utilizada no Brasil é o índice de qualidade da água (IQA), o qual foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) para ser utilizada como ferramenta de monitoramento da qualidade da água para consumo humano, por ser uma ferramenta que necessita de poucos investimentos e permite, por meio de informações resumidas, prever as condições do manancial superficial ao longo do tempo; além disso, esse índice reduz tempo e fornece resultados de fácil interpretação até mesmo à população leiga (ABREU; CUNHA, 2015; PINTO et al., 2009; SILVEIRA et al., 2014).

O IQA foi proposto pela *National Sanitation Foundation* (NSF) nos Estados Unidos no ano de 1970. Desde 1975, após pequenas adaptações, vem sendo utilizado no Brasil por diversos órgãos ambientais como ferramenta de monitoramento ambiental e suporte à tomada de decisão (BLUME et al., 2010).

Porém, segundo Wanda, Mamba, Msagati (2016), Moretto et al. (2012) e Libânio (2010), as variáveis e os pesos sugeridos pela Cetesb para compor o IQA foram obtidos utilizando a metodologia *Delphi*, ou seja, por meio da opinião de especialistas da área; sendo assim, em muitos casos, as variáveis definidas por eles como as mais importantes em um determinado manancial superficial podem mostrar-se como as menos importantes devido às características físico-químicas e biológicas da água no ponto de monitoramento. Portanto, o cálculo do IQA, considerando as variáveis e os pesos estabelecidos pela Cetesb, poderá inferir resultados equivocados sobre a qualidade

da água desse corpo hídrico. Além disso, temos que considerar que o IQA proposto pela NFS levou em consideração as características dos mananciais norte-americanos, que diferem das características dos mananciais brasileiros por diversos fatores, dentre eles o tipo dos solos, a hidráulica dos corpos hídricos e a origem da poluição (LIBÂNIO, 2010; SPERLING, 2005; OLSEN; CHAPPELL; LOFTIS, 2012).

Sendo assim, uma das melhores maneiras de adequar o IQA para determinar a qualidade de um corpo d'água específico é fazer a readequação dos pesos de cada variável que compõe o índice de qualidade da água. Essa readequação pode ser realizada por meio da modificação dos pesos de cada variável de qualidade da água, utilizando de dois métodos estatísticos multivariados denominados de Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP).

A AF permite analisar as estruturas das correlações de uma amostra, com inúmeras variáveis, bem como tornar conhecidos os conjuntos de variáveis altamente correlacionadas, que são denominadas de fatores, sendo esses tratados como representantes de dimensões dentro dos dados (HAIR et al., 2009; MINGOTI, 2013).

A AF assume que as variáveis estão relacionadas literalmente com novas variáveis aleatórias; porém, para a extração e identificação dessas novas variáveis aleatórias, faz-se necessário utilizar outro método estatístico multivariado (MINGOTI, 2013). Dentre eles tem-se a ACP, comumente empregada em estudos ambientais (AL-MUTAIRI; ABAHUSSAIN; BATTAY, 2014; BODRUD-DOZA et al., 2016).

Segundo Hair et al. (2009), o objetivo da ACP é procurar uma combinação linear entre as variáveis originais, de modo que o máximo de variân-

cia seja explicado por essa combinação. Posteriormente, extrai-se a variância já explicada e busca-se uma nova combinação linear entre as variáveis restantes, que explique a maior quantidade de variância restante, e assim sucessivamente, até que seja explicada a variância total dos dados. No final desse procedimento, ter-se-á fatores ortogonais, ou seja, não correlacionados entre si, denominados de componentes principais (CORRAR; PAULO; DIAS FILHO, 2014). De acordo com Mingoti (2013), após a identificação das componentes principais, seus valores numéricos (escores fatoriais) podem ser encontrados para cada uma das variáveis em análise.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivo adequar o Índice de Qualidade de Água para o rio Camaquã, localizado no sul do Rio Grande do Sul, para que o mesmo possa ser empregado por órgãos relacionados com o monitoramento ambiental, sem apresentar resultados distorcidos da realidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH (BRASIL, 2003) dividiu o Brasil em regiões hidrográficas, e cada Estado no âmbito de seus territórios as subdividiu, pois devem ser observadas as diferentes características físicas de cada região. A Lei nº 10.350/1994 do Estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1994), em seu artigo 38, determinou a existência de três regiões hidrográficas: a região do rio Uruguai, a região Litorânea e a região Guaíba. Sendo assim, este estudo utilizou os pontos GER51, GER53, GER57, GER58 e GER60 localizados nas coordenadas geográficas conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Tabela com as coordenadas geográficas dos pontos deste estudo

Ponto	Latitude	Longitude
A	102,32079	5,73901
B	5,23399	0,78195
K	0,10528	0,01243

Os pontos estão localizados no rio Camaquã (conforme a Fig. 1) e inseridos na Bacia Hidrográfica do Camaquã dentro da Região da Bacia Litorânea (FEPAM, 2016).

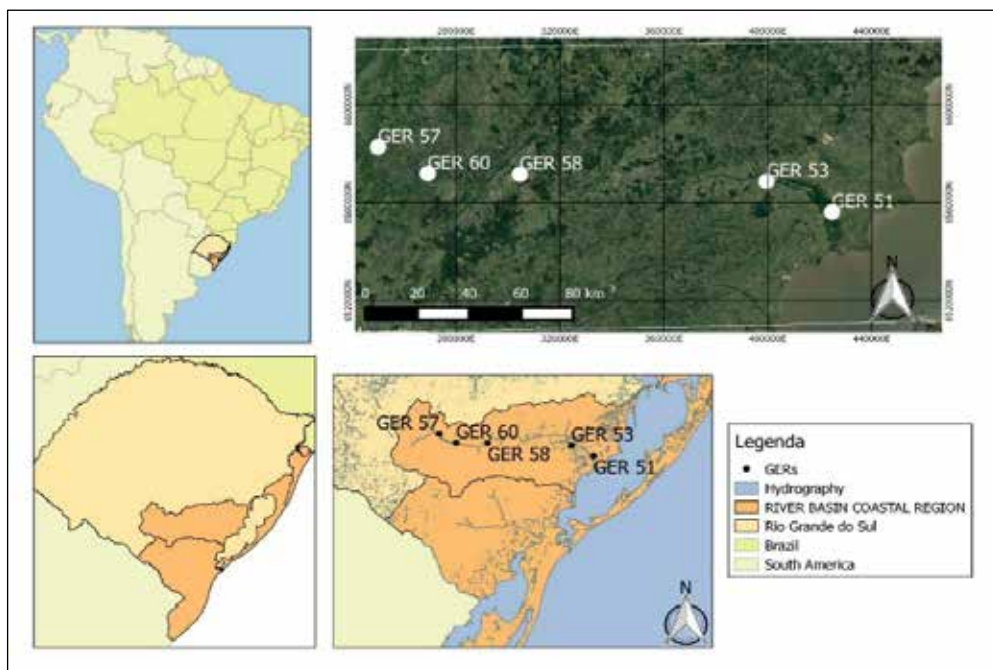


Figura 1: mapa de localização dos pontos estudados

A Bacia Hidrográfica do rio Camaquã (BHRC) pertence à Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas e localiza-se na porção centro-leste do Estado. A Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas abrange uma área de cerca de 21.623,15 km² (SEMA, 2016), apresenta uma população total estimada de 249.326 habitantes, e em seu território estão inseridos, total ou parcialmente, 29 municípios (FEPAM, 2016).

As nascentes da BHRC estão situadas próximas às localidades de Torquato Severo, no município de Dom Pedrito, divisa com o município de Bagé, e Tabuleiro, no município de Lavras do Sul. O rio

Camaquã é o rio principal e tem uma extensão aproximada de 430 km, desembocando na Lagoa dos Patos, entre os municípios de São Lourenço do Sul e Camaquã.

2.2 Obtenção das variáveis limnológicas

Foram utilizados neste estudo os dados secundários de qualidade da água disponibilizados livremente pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (Fepam/RS), que é responsável pelo monitoramento da qualidade dos corpos d'água da Região das Bacias

Litorâneas desde 1992. As coletas e análises de água ocorrem a cada seis meses, contemplando os períodos chuvoso e seco.

Os parâmetros analisados para o monitoramento da região hidrográfica são: Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), Cloretos (Cl^-), Nitrogênio Amoniacoal (NH_3), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Condutividade Elétrica (CE), Alcalinidade Total (ALK), Turbidez (TH), Sólidos Totais (ST), Salinidade (SAL), Transparência (TRANS), Temperatura da Água (T_{H_2O}), Temperatura do Ar (T_{AR}), e alguns metais pesados a citar: chumbo (Pb), cobre (Cu) e mercúrio (Mg). As coletas foram realizadas pela Fepam, de acordo com a metodologia descrita por Cetesb (1987). Os métodos analíticos, bem como a preservação das amostras, seguiram os procedimentos definidos por APHA, 2005.

Neste estudo optou-se por realizar a análise temporal dos dados de qualidade entre os anos de 2005 a 2013 no rio Camaquã, nos pontos denominados pela Fepam de GER51, GER53, GER57, GER58 e GER60. As variáveis qualitativas utilizadas neste estudo para compor o índice de qualidade da água modificado (IQA_{Mod}) foram: DBO_5 , CT, PT, NT, OD, TH, pH, ST e T_{H_2O} .

2.3 Análise Fatorial (AF) e Análise de Componentes Principais (ACP)

Após a tabulação dos dados obtidos por meio do site da Fepam em planilhas eletrônicas, procedeu-se o escalonamento dos dados de qualidade da água. Para que todas as informações qualitativas apresentassem a mesma unidade de medida, essa normalização foi realizada para cada variável dentro da sua massa de dados, por meio do software Statistica®, versão 7.0. Logo após construiu-se uma matriz (54x9) com os dados

originais, expressos por $X = (x_{i,j})$, sendo o período representado pela letra i , onde $i = 1, 2, 3, \dots, n$ e as variáveis pela letra j , na qual $j = 1, 2, 3, \dots, p$ variáveis. Essa matriz original posteriormente foi transformada em uma matriz de correlações [R].

A decomposição dessa matriz de correlação do vetor aleatório de interesse originou as componentes principais (CPs). Cabe ressaltar que, segundo Hair et al. (2009) e Souza et al. (2014), as três primeiras componentes devem explicar o máximo da variabilidade total dos dados, de forma que a primeira não esteja correlacionada com a segunda e a segunda não esteja correlacionada com a terceira, e esta não esteja correlacionada nem com a primeira nem com a segunda, e assim sucessivamente, até que as CPs expliquem mais que 70% da variância total dos dados.

Após a extração das referidas CPs foi calculado para cada elemento amostral um score fatorial, de acordo com o grau de importância de cada variável para o manancial em estudo (MINGOTI, 2013). Este, por conseguinte, foi calibrado, e utilizado para compor o IQA_{Mod} , substituindo assim os pesos empregados pela Cetesb.

A calibração supracitada foi realizada, pois o somatório dos nove scores fatoriais foi superior ao valor 1. De acordo com Ramos et al. (2016), Costa et al. (2012) e Moretto et al. (2012), no cálculo do IQA, apresentado pelo NSF, o somatório dos pesos das variáveis deve ser igual a 1, e, quando necessário, deve-se realizar uma transformação matemática nos escores fatoriais por meio da divisão de cada um dos valores pelo somatório total dos scores fatoriais, a fim de obter os pesos calibrados, ou seja, quando somados devem resultar no valor 1.

Destaca-se ainda que para a obtenção da matriz de correlação e para a realização das AF_s e ACP_s, fez-se uso do software Statistica®, versão 7.0.

2.4 Índice de qualidade da água modificado (IQA_{Mod})

Para o cálculo do IQA_{Mod}, utilizou-se a mesma metodologia empregada pela Cetesb, que utiliza nove variáveis de qualidade da água, sendo elas: Coliformes Termotolerantes (CT), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Turbidez (TH), Temperatura da água (T_{H2O}), Sólidos Totais (ST) e Oxigênio Dissolvido (OD). Sendo assim, para a padronização das concentrações/valores de qualidade da água de cada parâmetro supracitado fez-se uso das equações de qualidade da água estabelecidas pela Cetesb.

Porém os pesos empregados nesses estudos foram os estabelecidos pela AF e extraídos por meio da ACP após a sua calibração, substituindo assim os utilizados pela Cetesb, com base no grau de importância de cada variável para o manancial em questão.

De acordo com a Cetesb (2016), o IQA é calculado segundo a Eq. 1, sendo que os valores do índice variam de 0 a 100.

$$IQA_{Mod} = \prod_{1}^n qi^{wi} \quad (1)$$

Em que:

IQA_{Mod}: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e;

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função das técnicas estatísticas multivariadas;

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA_{Mod}.

Com o resultado do IQA_{Mod} foi possível classificar as informações semestrais de qualidade da água nos pontos situados dentro do rio Camaquã e separá-las por classes. Neste trabalho foi utilizada a classificação do IQA adotada para o Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação IQA usada neste estudo

Classificação	Cor	Valor Atribuído
Ótima		90 ≤ IQA ≤ 100
Boa		70 ≤ IQA < 90
Aceitável		50 ≤ IQA < 70
Ruim		25 ≤ IQA < 50
Péssima		0 ≤ IQA < 25

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Escores fatoriais extraídos por meio da ACP

Para a seleção dos escores fatoriais, utilizaram-se quatro fatores para explicar 80% da variância total dos dados (Tabela 3). Em contraponto Bilgin e Konanç (2016), por meio de quatro fatores, conseguiram explicar apenas 62,7% da variância total dos dados em um estudo de identificação de fontes de poluição na Bacia do Rio Curuh, localizado na Turquia.

Tabela 3: Fatores encontrados e explicação da variância da amostra

Fator	Variância Total (%)	Acumulada Total (%)
1	28,39536	28,3954
2	20,61815	49,0135
3	18,25966	67,2732
4	12,82536	80,0985
5	8,30444	88,4030
6	7,34068	95,7437
7	2,01827	97,7619
8	1,60001	99,3619
9	0,63806	100,0000

Já Badillo-Camacho et al. (2015), analisando as correlações entre as variáveis de qualidade da água de um Lago Tropical na Chapala Mexica, conseguiu explicar 81,8% da variância total por meio de seis fatores.

Dessa forma retirara-se dos quatro primeiros fatores os escores fatoriais de cada variável, sendo que os que apresentaram o maior peso em cada fator foram utilizados como representante de cada variável conforme destacado na Tabela 4.

Tabela 4: Seleção dos fatores que representam cada variável

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
CT	-0,041687	-0,056063	0,512282	0,195775
DBO ₅ ^{°C}	0,031340	0,070153	0,028553	0,754674
PT	0,317384	0,045220	-0,059930	-0,063700
NT	-0,053652	-0,304255	0,117118	0,361946
OD	0,417824	0,065424	-0,112606	0,094814
pH	0,349656	-0,008366	0,110068	0,042614
ST	0,158070	-0,394346	0,017711	-0,171798
TH ₂ O	-0,030049	0,152848	0,522312	-0,144513
TH	-0,097963	-0,514855	-0,145842	-0,107424

Observa-se na Tabela 5 que os scores fatoriais obtidos pela AF e extraídos na ACP foram calibrados com intuito de apresentar o somatório igual ao valor 1.

Tabela 5: Calibração das pontuações das modificações e comparação com os escores

Variáveis	Autovalores	Escores Mod Calibrados	Escores Cetesb
CT	0,512282	0,12	0,15
DBO ₅	0,754674	0,18	0,10
PT	0,317384	0,08	0,10
NT	0,361946	0,09	0,10
OD	0,417824	0,10	0,17
pH	0,349656	0,08	0,12
ST	0,394346	0,10	0,08
T _{H2O}	0,522312	0,13	0,10
TH	0,514855	0,12	0,08
Soma	4,145281	1,00	1,00

Ao compararmos os pesos extraídos por meio da ACP com os pesos estabelecidos pela Cetesb, observamos que a variável mais importante para a Cetesb é o Oxigênio Dissolvido (OD); já a variável mais importante apontada para este estudo foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) (Tabela 5). O OD no IQA_{Mod} apresentou o terceiro menor peso, sendo este de 0,10. Já no IQA da Cetesb, a DBO5 apresenta-se com o segundo menor peso.

Por conseguinte, a T_{H2O}, que também se apresenta como uma variável de peso menor para o IQA_{Cetesb}, neste trabalho é a segunda variável de maior importância. Ao passo que a segunda variável de maior importância estabelecida pela Cetesb são os CT, neste trabalho essa variável continua com uma grande importância, 0,12, porém assume o terceiro lugar, junto com a TH. A TH para Cetesb, em contrapartida, é a variável

de menor importância, junto com os ST, ao passo que analisando o IQA_{Mod} o PT e o pH são as variáveis de menor importância. É possível observar, portanto, que nenhuma das variáveis do IQA_{Mod} apresentou o mesmo grau de importância do IQA_{Cetesb} . Esses distintos resultados estão diretamente atrelados ao fato de que os pesos estabelecidos no IQA_{Mod} foram calculados com base nas concentrações/valores de monitoramento deste manancial. Por meio disso é possível verificar a importância de readequar os pesos frente à realidade de cada manancial estudado. Moretto et al. (2012) ressaltam que em muitos casos o índice da Cetesb não representa a realidade dos mananciais superficiais existentes no Brasil. Almeida e Oliveira (2010) também declararam que o IQA, quando calculado a partir de um modelo

pronto, sem levar em consideração as características reais dos dados de qualidade da água para o manancial a ser estudado, pode conferir algumas interpretações equivocadas.

Estudos realizados por Pinto et al. (2009) também verificaram diferentes pesos das variáveis de qualidade da água a serem utilizadas no cálculo do IQA, obtendo índices de qualidade da água específicos para as áreas de estudo, tornando os resultados obtidos mais realísticos.

Por meio da análise da Tabela 6, observa-se que houve diferenças nos valores dos IQAs (Cetesb e Modificado) calculados quando comparados ao mesmo ponto monitorado e ao mesmo período analisado.

Tabela 6: Análise qualitativa dos IQAs por meio dos intervalos de classificação

IQAs	Pontos	2005 1	2005 2	2006 1	2006 2	2007 1	2007 2	2008 2	2009 2	2010 1	2011 1	2011 2	2012 2	2013 1
Cetesb	GER 51	NI							NI					
Mod	GER 51	NI							NI					
Cetesb	GER 53	NI							NI					
Mod	GER 53	NI							NI					
Cetesb	GER 57													
Mod	GER 57													
Cetesb	GER 58										NI			
Mod	GER 58										NI			
Cetesb	GER 60								NI		NI			
Mod	GER 60								NI		NI			

NI = não existe RMSE porque a FEPAM não conseguiu realizar toda a Amostragem dos parâmetros necessários para o cálculo do índice; Mod = modificado; Faixa: verde = bom ($70 \leq IQA < 90$), amarelo = aceitável ($50 \leq IQA < 70$), vermelho = ruim ($25 \leq IQA < 50$) e preto = péssimo ($0 \leq IQA < 25$).

Os distintos valores entre os IQAs foram decorrentes da readequação dos pesos, uma vez que as variáveis de maior importância obtiveram o maior peso; como estas diferiram acentuadamente entre elas, conseqüentemente o valor do IQA também diferiu.

Observa-se que a mudança brusca de faixa dentro da série histórica analisada ocorreu no GER 51 nos períodos de 2005-2 a 2006-2, onde o IQA_{Cetesb} apresentou-se na faixa ruim, e o IQA_{Mod} na faixa boa, bem como no GER 60 no ano de

2006 nas quais os IQAs se apresentaram nas mesmas faixas supracitadas.

3.2 Análise temporal IQA_{Mod}

Ao analisarmos temporalmente cada ponto na Fig. 2, observamos que nenhum dos cinco pontos analisados encontrou-se na faixa ótima dentro da série histórica estudada. Porém os GERs 57 e 60 apresentaram-se na faixa péssima respectivamente nos períodos de 2007-1 e 2008-2.

Observa-se também que os GERs 57 e 60 são os que apresentam, dentro desta série estudada, as maiores mudanças de faixas, o que provavelmente está relacionado a fontes de poluições próximas os pontos amostrados.

Por conseguinte, o GER 51 apresenta-se com maiores perdurações dentro de uma mesma faixa, uma vez que nos períodos de 2005-2, 2006-1 e 2006-2 esteve na faixa boa. Já dentro da faixa histórica estudada de 2007-1 a 2010-1, manteve-se na faixa ruim, e depois até o fim da série histórica analisada encontrou-se na faixa aceitável.

Observa-se também que no semestre de 2006-2 quase todos os pontos apresentaram uma melhoria na qualidade da água, com exceção do GER 57, que se manteve constante. No primeiro semestre de 2007, observamos que a qualidade da água no primeiro ponto encontrou-se na faixa “ruim”; já os demais pontos possivelmente decorrentes da vazão do corpo hídrico apresentaram uma melhoria em sua qualidade (SPERLING, 2005).

Por fim, cabe ressaltar que em 2008-2 o GER 60 possivelmente sofreu influência de alguma fonte pontual de poluição, porém decorrente da hidráulica do manancial. O mesmo foi diluído e os próximos pontos se mantiveram constantes (BRAGA et al, 2015; SPERLING, 2007)

Wanda, Mamba e Msagati (2016) estudaram a qualidade da água subterrânea Faridpur no distrito de Bangladesh, empregaram o índice de qualidade da água, e seus resultados ficaram entre bom e aceitáveis.

Já Lobato et al. (2015), construindo seus índices de qualidade da água para avaliar a qualidade da água de um reservatório na região amazônica, no Brasil, levando em consideração as especificidades da área estudada, empregaram a análise estatística multivariada por meio da técnica de

análise fatorial, para selecionar os parâmetros que entrariam no cálculo e posteriormente criaram suas curvas. Os autores constataram que próximo a áreas de preservação permanente a qualidade do IQA criado foi melhor, pois sofrem pouca interferência antrópica, beneficiando a qualidade da água.

4 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu concluir que a aplicação de técnicas de estatística multivariada fornece escores fatoriais diferentes dos utilizados pela Cetesb, pois esses novos pesos foram estabelecidos com base nos dados reais das variáveis de qualidade da água, ou seja, levando em consideração o quanto cada uma das nove variáveis envolvidas no estudo é realmente significativa para o manancial estudado. Isso torna evidente a necessidade de readequar os pesos das variáveis de acordo com o manancial estudado, tendo em vista que este influenciará diretamente no resultado final do IQA. Dessa forma, a aplicação equivocada de um índice de qualidade da água pode trazer vários prejuízos aos órgãos públicos, por colocar em risco a saúde da população quando o IQA apresenta a qualidade de uma água como boa, por exemplo, ao passo que a mesma se encontra na faixa ruim.

Porém, além da grande preocupação com as readequações dos índices de qualidade da água, outro fator primordial ainda não tão fácil de ser solucionado é a transferência dessas tecnologias para a população, bem como para os órgãos públicos responsáveis pelo monitoramento ambiental, para serem utilizadas como ferramentas de tomada de decisão e assim auxiliar na gestão dos recursos hídricos, evitando deixar abertas grandes lacunas.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho tem o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Fepam), Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos (PPG Recursos Hídricos).

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no Baixo Rio Jari-AP: **Biota Amazônia**, v. 5, n. 2, p. 119–131, 2015. Disponível em: <<http://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/view/1294/v5n2p119-131.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2016.

AL-MUTAIRI, N.; ABAHUSSAIN, A.; EL-BATTAY, A. Spatial and temporal characterizations of water quality in Kuwait Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 83, n. 1, p. 127–131, 2014. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X14002124>>. Acesso em: 13 out. 2016.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20^a ed. Washington: American Public Health Association. APHA/AWWA/WEF, 1998.

BADILLO-CAMACHO, J. et al. Water quality assessment of a Tropical Mexican lake using multivariate statistical techniques. **Journal of Environmental Protection**, [s.l.], v. 06, n. 03, p.215–224, mar. 2015. Scientific Research Publishing, Inc.. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2015.63022>.

BERTOSSI, A. P. A. et al. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. **Rev. Árvore**, [s.l.], v. 37, n. 1, p.107–117, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622013000100012>. Acesso em: 12 dez. 2016.

BILGIN, A.; KONANÇ, M. U. Evaluation of surface water quality and heavy metal pollution of Coruh River Basin (Turkey) by multivariate statistical methods. **Environmental Earth Sciences**, [s.l.], v. 75, n. 12, p.1029–1047, jun. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-016-5821-0>.

BLUME, K. K. et al. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Revista brasileira de biologia**, v. 70, n. 4 Suppl, p. 1185–1193, 2010. Acesso em: 12 ago. 2016.

BODRUD-DOZA, M. D. et al. Characterization of groundwater quality using water evaluation indices, multivariate statistics and geostatistics in central Bangladesh. **Water Science**, [s.l.], v. 30, n. 1, p.19–40, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wsj.2016.05.001>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110492915300035>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

BRAGA, B.; TUNDISI, J.G; TUNDISI, T. M.; CIMINELLI, V. S. T. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução n.º. 32, de 15 de outubro de 2003**. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos 2003. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Indicadores de qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Site oficial da Cetesb 2017. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas>. Acesso em: 01 fev. 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 1987. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. CETESB, São Paulo, SP, Brasil.

CORRAR, L. J; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M.. **Análise multivariada para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. ed. 5 – Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2014. 344 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE ROESSLER – FEPAM. **Monitoramento da Qualidade da Água da Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas**. Site oficial da FEPAM. 2017. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_agua_litoral.asp. Acesso em: 07 abr. 2017.

GOMES, A. I. et al. Optimization of River Water Quality Surveys by Multivariate Analysis of Physicochemical, Bacteriological and Ecotoxicological Data. **Water Resources Management**, v. 28, n. 5, p. 1345–1361, 2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11269-014-0547-9>>. Acesso em: 16 ago. 2016.

GOMÉZ, D. M.; Estudio del modelamiento de la calidad del agua del río Sinú, Colombia. **Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín**, v. 12, n. 22, p. 33–44, jan./jun.2013. Disponível em:< http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242013000100004&script=sci_arttext> Acesso em 07 abr. de 2017.

HAIR, J. et al.. **Análise Multivariada de Dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 418 p.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas: Átomo, 2010.

- LOBATO, T. C. et al. Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 522, p.674-683, mar. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.01.021>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276250120_Construction_of_a_novel_water_quality_index_and_quality_indicator_for_reservoir_water_quality_evaluation_A_case_study_in_the_Amazon_region>. Acesso em: 21 dez. 2016.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 2. ed. Minas Gerais: UFMG, 2013. 295 p.
- MORETTO, D. L. et al. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s.l.], v. 24, n. 1, p.29-42, mar. 2012. UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x2012005000024>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2179-975X2012005000024&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- NUVOLARI, A.. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 565 p.
- OLSEN, R. L.; CHAPPELL, R. W.; LOFTIS, J. C. Water quality sample collection, data treatment and results presentation for principal components analysis - literature review and Illinois river watershed case study. **Water Research**, v. 46, n. 9, p. 3110-3122, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.03.028>>. Acesso em: 12 fev. 2017.
- PINTO, D. B. F. et al.. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, Aug. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000400028-&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 mai. 2017.
- RAMOS, M. A. G. et al. Water Quality Index (WQI) of Jaguari and Atibaia Rivers in the region of Paulínia, São Paulo, Brazil. **Environmental Monitoring And Assessment**, [s.l.], v. 188, n. 5, p.262-276, 1 abr. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-016-5261-z>. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5261-z>>. Acesso em: 17 dez. 2016.
- RIO GRANDE DO SUL (Estado). **Lei nº 10.350**, de 30 de dezembro de 1994. Institui O Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o Artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 30 dez. 1994. Disponível em: <<https://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id468.htm>>. Acesso em: 10 out. 2017. _____ Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). **Resolução nº 32**, de 15 de outubro de 2003. Brasília: Conselho Nacional de Recursos Hídricos 2003. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.
- SAKIZADEH, M.. Artificial intelligence for the prediction of water quality index in groundwater systems. **Modeling Earth Systems and Environment**, [s.l.], v. 2, n. 1, p.8-17, 22 dez. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s40808-015-0063-9>. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s40808-015-0063-9>>. Acesso em: 17 abr. 2017.
- SILVEIRA, T. et al.. Qualidade da Água e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Superficiais na Definição das Fragilidades Potencial e Ambiental de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 4, p. 643-652, 2014. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/1057>>. Acesso em: 09 nov. 2016.
- SPERLING, M.. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 7 v. 588 p.
- SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 7 v. 452 p.
- TAVARES, B. S. **Qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Una - Pernambuco**. 2014. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2014. Disponível em: <http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=78673&folderId=141847&name=DLFE-11996.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2017.
- WANDA, E. M.; MAMBA, B. B.; MSAGATI, T. A. M. Hydrochemical modelling of water quality in terms of emerging micropollutants in Mpumalanga, Gauteng and North West Provinces. **Physics And Chemistry Of The Earth**, Parts A/b/c, [s.l.], p.325-345, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2016.12.004>.
- WANG, Q. et al. Combined multivariate statistical techniques, water pollution index (wpi) and daniel trend test methods to evaluate temporal and spatial variations and trends of water quality at Shanchong river in the Northwest Basin of lake Fuxian, China. **PLOS ONE**, [s.l.], v. 10, n. 4, p.1-17, 2 abr. 2015. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0118590>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4383595/>>. Acesso em: 9 mar. 2017.