



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

CRIAÇÃO DE UM ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA O RIO CAMAQUÃ/RS

Luana Nunes Centeno – luananunescenteno@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas, Doutoranda no PPG em Recursos Hídricos.
Endereço: R. Gomes Carneiro, 01. 96010-610. Balsa, Pelotas - RS, Brasil.

Samanta Tolentino Ceconello – satolentino@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio grandense, Câmpus Pelotas.

Luís Carlos Timm - luisctimm@gmail.com

Universidade Federal de Pelotas, Departamento de Engenharia Rural.

Resumo: *Os mananciais superficiais são as principais fontes de abastecimento de água, frente a isto, é de extrema importância a análise de sua qualidade, entretanto, para isto são necessárias ferramentas que possam de fato representar a realidade do manancial estudado. Cientes disso, este estudo objetivou criar um índice de qualidade da água, para o Rio Camaquã. Para tanto fez-se uso do método de aglomeração multiplicativa, já consagrado para esta finalidade, entretanto, os pesos utilizados foram retirados da análise fatorial e posteriormente extraídos pela análise de componentes principais, ademais a padronização das concentrações foi realizada com base na série histórica do Rio Camaquã, objeto de estudo, sendo assim, representando as especificidades do manancial. Todavia é pertinente destacar que foram empregados dados secundários de qualidade da água disponibilizados, pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental, contendo uma série histórica de 2005 a 2013. Por meio da estatística multivariada observou-se que a variável de maior importância para este manancial, ou seja a que recebeu o maior peso no IQA_{RC} foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio, verificou-se ainda que alguns dos índices criados estiveram na faixa ótima fato este que não ocorreu com o IQA_{CETESB} . Foi possível verificar ainda que o IQA_{RC} apresentou-se na mesma faixa do IQA_{CETESB} apenas em 34% de toda a série histórica analisada. Sendo assim, foi possível concluir que é de suma importância a criação de índices próprios para o monitoramento dos recursos hídricos.*

Palavras-chave: Padronização, IQA, ACP, e AF.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

CREATION OF A WATER QUALITY INDEX FOR THE CAMAQUÃ/RS RIVER

Abstract: *The surface water sources are the main sources of water supply. Therefore, it is extremely important to analyze their quality, however, for this, tools are needed that may actually represent the reality of the source studied. Aware of this, this study aimed to create a water quality index for the Camaquã River. The multiplicative agglomeration method was used for this purpose, however, the weights used were removed from the factorial analysis and later extracted by the principal component analysis, in addition the standardization of the concentrations was performed based on the historical series of the Rio Camaquã, object of study, being thus, representing the specifics of the well. However, it is worth noting that secondary data on water quality provided by the State Foundation for Environmental Protection were used, containing a historical series from 2005 to 2013. The multivariate statistics showed that the most important variable for this source, or is the one that received the greatest weight in the WQI_{RC} was Demanda Biochemistry of Oxygen, it was also verified that some of the indexes created were in the optimal range, a fact that did not occur with WQI_{CETESB} . It was also possible to verify that the WQI_{RC} presented in the same range of WQI_{CETESB} only in 34% of the whole historical series analyzed. Thus, it was possible to conclude that the creation of proper indexes for the monitoring of water resources is of paramount importance.*

Keywords: *Standardization, WQI, PCA, and FA.*

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos as atividades antrópicas vem degradando os recursos hídricos, com o intuito de desenvolver-se economicamente. Entretanto, a busca do desenvolvimento têm provocado uma série de ações indesejáveis aos recursos hídricos, necessitando de medidas de planejamento e gestão destes recursos.

O monitoramento ambiental é um dos instrumentos de planejamento e gestão dos recursos hídricos, que busca o desenvolvimento econômico (ABREU; CUNHA, 2015; BORA; GOSWAMI, 2016; NAVEEDULLAH et al., 2016; OGWUELEHA, 2015; RAMOS et al., 2016).

Quando se tratando de monitoramento ambiental é pertinente ressaltar a importância da qualidade dos recursos hídricos, para a sobrevivência e subsistência da vida terrestre, uma vez que um manancial, que possui um monitoramento inadequado pode disponibilizar água contaminada para uma população, acarretando sérios problemas de saúde pública (HELLER, PÁDUA, 2010; NAZIR et al., 2016). Contudo as técnicas e infraestruturas necessárias para analisar e avaliar a qualidade da água demandam de investimentos altos, bem como de mão de obra especializada (CENTENO, 2017). O que nem sempre é possível, tendo em vista os poucos investimentos disponibilizados aos órgãos públicos e de instituições de ensino e pesquisa no país.

Sendo assim, é essencial lançar-se mão de ferramentas capazes de prever a realidade dos mananciais de forma realística, porém que demandem de baixos investimentos (MUANGTHONG; SHRESTHA, 2015; VOZA et al., 2015). Dentro dos estudos realizados atualmente existem diversas ferramentas estatísticas capazes de possibilitar uma visão limitada, porém integrada da qualidade da água abrangendo para isto poucos parâmetros de qualidade da água (WANG et al, 2015).

A saber, o índice de qualidade da água proposto pela primeira vez por Horton em 1965 (BHUTIANI et al., 2016), para avaliar programas de redução de poluição em cursos d'água e fornecer informação de fácil interpretação pela sociedade. Visando a praticidade em seu uso, principalmente em

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

se tratando de monitoramento, foram considerados poucos parâmetros de qualidade da água, porém, que tivessem significância nas alterações da qualidade da água (MINGOTI, 2013; MORETO et al., 2012). Sendo assim, com o passar dos tempos no Brasil, o IQA proposto por Horton vem sendo modificado para tornar-se mais representativo na área empregada. Uma vez que este não foi criado para a realidade dos mananciais brasileiros.

Outra ferramenta de extrema relevância nos estudos de qualidade da água é a estatística multivariada, uma vez que através desta é possível analisar múltiplas medida simultaneamente e compreender quais os parâmetros de qualidade da água que interferem na dinâmica do curso de água (FERREIRA, 2010; HAIR et al., 2009; BERTOSSI et al., 2013; GOMES et al., 2014; OUYANG, 2005).

Tendo ciência destas poderosas ferramentas e devido a deficiência de ferramentas capazes de comunicar à população sobre a situação dos corpos d'água de forma simples e rápida, este estudo buscou criar um índice de qualidade da água, para o Rio Camaquã utilizando a estatística multivariada.

2. MATERIAIS 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 subdividiram, pois devem ser observadas as diferentes características físicas de cada região. Segundo a Lei nº 10.350/1994 do Estado do Rio Grande do sul, 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.

Pontos	Latitude	Longitude
GER 51	31° 07' 036" S	51° 47' 022" O
GER 53	31° 00' 043" S	52° 03' 012" O
GER 57	30° 51' 047" S	53° 37' 0 2" O
GER 58	30° 58' 027" S	53° 02' 050" O
GER 60	30° 57' 054" S	53° 25' 0 6" O

Os pontos estão localizados no rio Camaquã (conforme a Figura 1) e inseridos na Bacia Hidrográfica do Camaquã dentro da Região da Bacia Litorânea (FEPAM, 2018).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

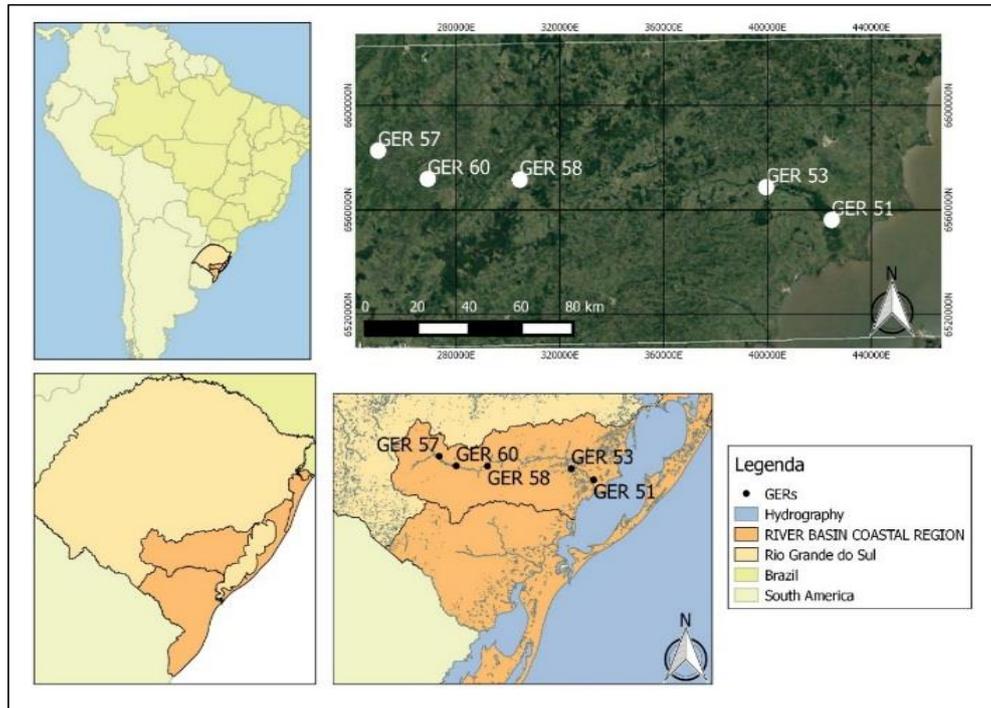


Figura 1: mapa de localização dos pontos estudados.

A Bacia Hidrográfica do rio Camaquã (BHRC) pertence à Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas e localiza-se na porção centro-leste do Estado do Rio Grande do Sul. A Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas abrange uma área de cerca de 21.623,15 km² (SEMA, 2018), apresenta uma população total estimada de 249.326 habitantes e em seu território estão inseridos, total ou parcialmente, 29 municípios (FEPAM, 2018).

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 Laguna dos Patos, entre os municípios de São Lourenço do Sul e Camaquã.

2.2. Compilação dos Dados

Utilizaram-se dados secundários de qualidade da água disponibilizados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS (FEPAM). As coletas de água ocorreram a cada seis meses, no período de 2005 a 2013. Sendo que dentre os parâmetros monitorados das regiões hidrográficas utilizou-se, a saber: Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Termotolerantes (CT), Potencial Hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Cloretos (Cl⁻), Nitrogênio Amoniacal (NH₃), Nitrogênio Total (NT), Fósforo Total (PT), Turbidez (TH), Temperatura da Água (T_{H2O}) e Sólidos Totais (ST).

As coletas foram realizadas pela FEPAM, sendo que para a realização utilizou-se a metodologia adotada pela CETESB (1987). Os métodos analíticos bem como a preservação das amostras seguiram os procedimentos definidos pelo Standard Methods (APHA, 1998).

2.3. Metodologia para a criação do IQA_{RC}

Após a determinação dos parâmetros de qualidade da água pela AF, foram normalizados os dados através do desvio-padrão e da média de cada massa de dados (Equação 1), visando construir os subíndices de qualidade, sendo estes calibrados em função do seu valor total, para que os valores

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

variassem de 0 a 100. Sendo assim esses resultados foram semelhantes as curvas estabelecidas no IQ_{ANFS} , sendo assim, simulam a relação funcional entre a nota de qualidade da água e o valor do parâmetro, que está sendo representado. Porém são valores específicos apenas para este manancial.

$$XSC = \frac{Xdat - (mean - 2std)}{4std} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

XSC= valor resultante da normalização;
Xdat= Valor bruto da variável;
mean= Média da massa de dados da variável;
std= Desvio-Padrão da massa de dados da variável.

Para a associação dos parâmetros e para a aglomeração final foi empregado o método de aglomeração multiplicativa, calculados segundo a Equação 2, cujos valores variam de 0 a 100.

$$IQA_{RC} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

IQA_{RC} : Índice de Qualidade de Água para cada manancial da bacia hidrográfica do rio São Francisco entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, obtido a partir da padronização dos dados, com base na Equação 1, bem como de um escalonamento em função de sua concentração ou medida, para que o número estivesse entre 0 e 100;

w_i : peso fatorial (escore fatorial), correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade e;

n : número de variáveis utilizadas no cálculo do IQA_{RC} .

Ademais utilizou-se uma classificação diferenciada estabelecida para o estado do Rio Grande do Sul, que varia entre ótima e péssima, sendo quanto mais alto o valor, melhor a qualidade da água (Tabela 2) (RAMOS et al., 2016).

Tabela 2: Classificação IQA usada neste estudo

Classificação	Cor	Valos Atribuído
Ótima		$90 \leq IQA \leq 100$
Boa		$70 \leq IQA < 90$
Aceitável		$50 \leq IQA < 70$
Ruim		$25 \leq IQA < 50$
Péssima		$0 \leq IQA < 25$

2.3.1. Obtenção dos pesos fatoriais (w_i)

Empregou-se a Análise Fatorial (AF), seguida da Análise de Componentes Principais (ACP) para identificar os parâmetros de maior importância, para o Rio Camaquã, através da extração dos pesos de cada parâmetros. Iniciou-se a AF através da transformação das matrizes de dados originais escalonados em matrizes de correlações [R] (p x p), sendo que “p” corresponde as 11 variáveis de qualidade da água a serem analisadas (CORRAR, PAULO, DIAS FILHO, 2014).

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Nestas matrizes de correlação como a própria denominação sugere são observadas as intercorrelações existente entre as variáveis estudadas (FERREIRA, 2010). As decomposições destas matrizes de correlação deram origem aos fatores bem como os escores fatoriais, que posteriormente foram extraídos através da Análise de Componentes Principais (ACP) (LANDIM, 2011).

Para a escolha dos fatores que seriam extraídos da AF, fez uso da análise da porcentagem da variância explicada onde se objetiva explicar o máximo da variância total dos dados através de poucas componentes principais (HAIR et al., 2009). Porém, deve-se levar em consideração que a CP₁ não esteja correlacionada com a CP₂ e a CP₂ não esteja correlacionada com a CP₃, e esta não esteja correlacionada nem com a primeira nem com a segunda componente, e assim sucessivamente, até que as CP_s expliquem mais de 70% da variância total dos dados (HAIR et al., 2009; BERTOSSI et al., 2013).

A partir das matrizes decompostas, originaram-se também os escores fatoriais (ou pesos fatoriais), que foram utilizados na construção do índice, identificando a importância individual de cada variável na sua composição, os quais foram diferentes para cada manancial estudado. Em todas as análises multivariadas foi utilizado o software R (R Core Team, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a seleção dos escores fatoriais, utilizou-se de quatro fatores para explicar 80% da variância total dos dados (Tabela 3).

Tabela 3: fatores encontrados e explicação da variância da amostra

Fator	Variância Total (%)	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

Em contrapartida 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 através de seis fatores.

Sendo assim, retirou-se dos quatro primeiros autovalores de cada variável, os que apresentaram o maior coeficiente fatorial, sendo estes compilados e apresentados na Tabela 3. Cabe destacar que nesta tabela encontram-se ainda os autovalores calibrados, com intuito de que apresentassem o somatório igual ao valor 1, e podem assim ser comparados aos escores fatoriais definidos pela CETESB.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Tabela 4: calibração dos escores fatoriais e comparação com os escores CETESB

Variáveis	autovalores	Escores _{RC} 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 através 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 3). Sendo que o OD no IQA_{RC} apresentou o terceiro menor peso sendo este de 0,10. Já no IQA_{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 esta variável continua com uma grande importância, 0,12, porém assume o terceiro lugar juntamente com a TH. A TH para CETESB em contrapartida é a variável de menor importância, juntamente com os ST. Sendo que analisando o IQA_{Mod} o PT e o pH são as variáveis de menor importância.

Com a distinção entre os pesos estabelecidos através da ACP foi possível verificar a importância de se readequar os pesos frente a 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.

Todavia apenas a modificação dos pesos nos índices de qualidade da água não são suficientes para que os mesmos apresentem a realidade de cada manancial, uma vez que as curvas estabelecidas no IQA_{CETESB}, não foram desenvolvidas levando em consideração nem mesmo uma série histórica brasileira para que representassem a realidade do manancial estudado. Em contraponto neste estudo a qualidade do parâmetro (q_i) foi calculado levando em consideração a metodologia do IQA_{CETESB}, bem como na ponderação da série histórica, sendo que o resultado do IQA_{RC} e do IQA_{CETESB} estão apresentados na Tabela 5.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Tabela 5: Análise qualitativa dos IQAs através dos intervalos de classificação

Série Histórica	Valores do IQA _{RC}					Valores do IQA _{CETESB}				
	57	51	53	58	60	57	51	53	58	60
2005-1	72	69	63	89	100	57	77	71	83	75
2005-2	100	77	88	83	79	54	80	41	81	82
2006-1	70	73	62	85	97	53	73	79	47	45
2006-2	57	86	100	80	84	60	25	25	82	77
2007-1	50	76	67	92	75	21	55	53	27	28
2007-2	51	76	94	100	76	62	25	38	53	52
2008-2	51	52	72	84	74	57	16	53	41	18
2009-2	46	65	56	41	56	60	58	69	32	21
2010-1	54	100	53	75	62	64	66	53	34	33
2011-1	62	65	88	100	77	62	56	46	42	70
2011-2	85	90	92	95	62	39	46	48	80	41
2012-2	55	78	42	89	67	40	51	58	52	70
2013-1	41	32	38	38	77	36	20	39	40	41

Com base na Tabela 5 é possível observar que o IQA_{RC} super estimou em diversos períodos o IQA_{CETESB}, porquanto apresentou resultados superiores de qualidade da água, a saber o IQA_{RC} esteve na faixa ótima nos pontos: 57 no período de 2005-2, 51 no período de 2010-1 e 2011-2, bem como no ponto 53 em 2006-2, 2007-2 e 2011-2, sendo que nos últimos dois períodos supracitados coincidiram com o ponto 58, ademais o ponto 58 esteve nesta faixa em 2007-1 e 2011-1, por fim o ponto 60 encontrou-se como ótimo apenas em 2005-1 e 2006-1. Em contrapartida quando analisado o IQA_{CETESB} observa-se que em nenhum dos pontos supracitados esteve na faixa ótima, mas sim entre as faixas ruim e boa.

Cabe destacar ainda que o IQA_{CETESB} encontrou-se na faixa péssima nos períodos de 2007-1, para o ponto 57, e em 2008-2 para os pontos 51 e 60 sendo que ainda para os dois últimos pontos supracitados os mesmos encontraram-se na faixa péssima em 2013-1 e 2009-2 respectivamente. Todavia o IQA_{RC} não apresentou-se em nenhum período da série histórica dentro desta faixa. Quando analisando-se todas as faixas em que ambos índices estiveram nos períodos estudados, pode-se observar que em apenas 34% da série histórica estudada os índices estiveram na mesma faixa. Contudo é pertinente destacar que por levar em consideração a massa de dados histórica de cada variável analisada o IQA_{RC}, torna-se uma ferramenta mais próxima da realidade do manancial estudado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base neste estudo, pode-se criar um índice de qualidade da água para o Rio Camaquã que levasse em conta a especificidade das características dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade da água do manancial estudado, demonstrando assim a importância destes no curso d'água estudado, bem como por ter uma série histórica relativamente extensa, foi possível criar um índice que representasse a sazonalidade deste manancial. Mostrando assim a importância da criação de índices específicos.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
**meio ambiente,
política & economia**

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).

4. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES

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.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20ª 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.215-24, mar. 2015. Scientific Research Publishing, Inc., <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2015.63022>.

BERTOSSI, A. P. A. et al. Seleção e agrupamento de indicadores da qualidade de águas utilizando estatística multivariada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 5, p.2025-2036, set. 2013. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359>.

BHUTIANI, R. et al. Assessment of Ganga river ecosystem at Haridwar, Uttarakhand, India with reference to water quality indices. **Applied Water Science**, [s.l.], v. 6, n. 2, p.107-113, 17 jun. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-014-0206-6>.

BORA, M.; GOSWAMI, D. C.. Water quality assessment in terms of water quality index (WQI): case study of the Kolong River, Assam, India. **Applied Water Science**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.1-11, 27 jul. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13201-016-0451-y>.

BRASIL. 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 out. 2016.

CENTENO, Luana Nunes. **Proposta metodológica para a construção de um índice de qualidade da água na bacia hidrográfica Piratini-São Gonçalo e Mangueira, RS**. 2017. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ppg em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 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.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Estatística multivariada**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2011. 662 p. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler – FEPAM. **Monitoramento da qualidade da água da região hidrográfica das bacias litorâneas**. Site oficial da FEPAM. 2018. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_agua_litoral.asp. Acesso em: 01 mar. 2018.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

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.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

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

LANDIM, P. M. B.. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 209 p.

MINGOTI, S. A.. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. 2. ed. Minas Gerais: UFMG, 2013. 297 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>.

MUANGTHONG, S.; SHRESTHA, S.. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: case study of the Nampong River and Songkhram River, Thailand. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 187, n. 9, p.548-560, 2 ago. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-015-4774-1>.

NAVEEDULLAH, N et al. Water quality characterization of the siling reservoir (Zhejiang, China) using water quality index. **Clean - Soil, Air, Water**, [s.l.], v. 44, n. 5, p.553-562, 22 mar. 2016. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/clen.201400126>.

NAZIR, H. M.t al. Classification of drinking water quality index and identification of significant factors. **Water Resources Management**, [s.l.], v. 30, n. 12, p.4233-4246, 21 jul. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-016-1417-4>.

OGWUELEKA, T. C.. Use of multivariate statistical techniques for the evaluation of temporal and spatial variations in water quality of the Kaduna river, Nigeria. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 187, n. 3, p.137-154, 24 fev. 2015. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-015-4354-4>.

OUYANG, Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. **Water Research**, v. 39, n. 12, p. 2621–2635, 2005.

R CORE TEAM, 2013. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org/>.

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>.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio Grande do Sul -SEMA. **Bacias hidrográficas do RS**. Site oficial da SEMA. 2018. Disponível em: < <http://www.sema.rs.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

VOZA, D. et al. Application of multivariate statistical techniques in the water quality assessment of Danube river, Serbia. **Archives of Environmental Protection**, [s.l.], v. 41, n. 4, p.96-103, 1 jan. 2015. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/aep-2015-0044>.

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>.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375