

### ESTUDO DE INICIATIVAS PARA AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Rosa Alencar Santana de Almeida<sup>1</sup>; Iara Brandão de Oliveira<sup>2</sup>

**Resumo** – Este trabalho revisou iniciativas para avaliação da qualidade da água subterrânea utilizando índices de qualidade. Este estudo identificou que o uso dos índices ao lado de métodos complementares tais como: estatística multivariada, krigagem, mapas temáticos, lógica fuzzy, dentre outros, permite uma avaliação integrada da água. Os primeiros índices de qualidade da água, foram desenvolvidos na década de sessenta para exprimir a qualidade das águas superficiais. Até então, eles não incorporavam a presença de substâncias associadas a atividades humanas responsáveis pela alteração da qualidade natural das águas. Na última década, entretanto, surgiram iniciativas para complementação dos índices, levando em conta os impactos antrópicos. Apesar dessas melhorias, a aplicação isolada desses índices continuou limitada. Portanto, este trabalho buscou as iniciativas que apresentam melhorias nas formulações de índices e ferramentas de avaliação integrada. Dentre seis iniciativas pesquisadas na literatura, quatro adotam o índice como ferramenta complementar ao lado de outras técnicas; quatro propõem melhorias da formulação matemática quanto à agregação dos parâmetros; e uma delas permite a inclusão de novos parâmetros pelo usuário. Essas seis iniciativas servirão como referência no desenvolvimento de um novo índice de qualidade da água subterrânea mais flexível e abrangente.

**Abstract** – This paper reviewed initiatives for groundwater quality assessment using indices. This study identified that, the use of indices, along with complementary methods, such as: multivariate statistics, kriging, thematic maps, fuzzy logic, among others, allows an integrated assessment of water quality. The previous water quality indices were developed in the sixties, to express the surface water quality. Until then, they did not incorporate the presence of human made substances responsible for altering the natural water quality. In the last decade, however, indices were formulated to take into account the anthropic impacts. Despite these improvements, the application of these indices, alone, remained limited. Therefore, this study sought initiatives that show improvements in the formulation besides the use of integrated assessment tools. Among six initiatives surveyed in the literature, four take the index as a complementary tool alongside other techniques; four proposed improvements on the mathematical formulation regarding the parameters aggregation, and, one of them, allows the inclusion of new parameters by the user. These six initiatives will serve as a reference to develop a new index for groundwater quality which is more flexible and comprehensive.

**Palavras-Chave** – Índice de Qualidade de Água, Águas Subterrâneas, IQA.

<sup>1</sup> Engenharia Civil (UFBA, 1979), Mestre em Engenharia Ambiental (UFBA, 2007), Doutoranda do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE (CIEnAm, UBA). Professora - UFRB, Rua Amazonas, 845 Apto. 202 – Pituba – Salvador – Bahia – CEP 41830.380. Tel (71) 2401431 – Celular (71) 9962-8114 - e-mail: ralencar@ufrb.edu.br

<sup>2</sup> Graduada em Física (UFBA, 1977), Mestre em Geofísica Aplicada (UFBA, 1984), Doutora em Engenharia Ambiental (Universidade de Michigan, 1995). Professora Adjunto IV – UFBA. Departamento de Engenharia Ambiental, UFBA, Rua Aristides Novis, 2, Federação, 40210-630, (71) 3203-9795 - e-mail: oliveira@ufba.br

## OBJETIVO

Revisão das iniciativas para avaliação integrada da qualidade da água subterrânea, utilizando índices de qualidade de água como instrumento complementar ao processo, na busca de subsídios para a formulação de índices flexíveis e abrangentes que podem servir de referência para o desenvolvimento de um novo índice para a realidade brasileira.

## INTRODUÇÃO

Os índices são formulações matemáticas agregadoras de parâmetros que resumem um grande volume de informações através de um número, permitindo uma leitura fácil ao público não técnico. A simplificação das informações pode levar, entretanto, a uma interpretação inapropriada do fenômeno, não revelando adequadamente a situação de um recurso, caso o índice seja utilizado isoladamente.

As iniciativas para avaliação integrada da qualidade da água subterrânea têm associado aos índices de qualidade, o uso de métodos tais como: estatística multivariada, krigagem, mapas temáticos utilizando GIS (sistema de informações geográficas), lógica fuzzy, dentre outros, tendo em vista a limitação dos índices ao serem utilizados de forma separada. A Tabela 1 apresenta algumas dessas iniciativas.

Tabela 1. Iniciativas de avaliação de qualidade de água s no período 1960-2010.

Nº Ordem	Autores	Ano	Compartimento	Propósito do Índice	Ferramentas Complementares ou Melhorias
1	Horton, R. K.	1965	Superficial	Índice numérico para avaliação da qualidade da água.	Sem complementos
2	Brown, R. M.	1970	Superficial	IQA/NSF - Índice de Qualidade da Água (USA)	Sem complementos
3	Prati, L.	1971	Superficial	Avaliação da qualidade da água através de um Índice de Poluição.	Sem complementos
4	Dinius, S. H.	1972	Superficial	Índice numérico para avaliação da qualidade da água.	Sem complementos
5	Landwehr, J.M. Deininger, R.A.	1974	Superficial	Reelaboração de um índice da qualidade da água.	Sem complementos
6	Curtis, C.	1980	Superficial	Oregon Water Quality Index (OWQI)	Utilização de (GIS)
7	Dinius, S. H.	1987	Superficial	Elaboração de um índice de qualidade da água.	Incorpora parâmetros que indicam poluição
8	Backman, B. et al.	1997	Subterrâneo	Índice de contaminação da água subterrânea	Construção de mapas de contaminação da área de aplicação do índice.
9	Cadilhac e Albinet	2003	Subterrâneo	SEQ EAUX Souterraines - Índice de qualidade de água aplicado na França.	Incorpora os conceitos de intemperismo (alterações) e usos da água
10	Liou	2003	Superficial	Índice Geral da Qualidade da Água aplicado em Taiwan.	Utilização de estatística multivariada

Nº Ordem	Autores	Ano	Compartimento	Propósito do Índice	Ferramentas Complementares ou Melhorias
11	Oliveira, I. B.; Negrão, F. I.	2004	Subterrâneo	Índice da qualidade natural das águas subterrâneas (IQNAS) aplicado ao Estado da Bahia.	Distribuição espacial em mapas temáticos (GIS) com técnicas de krigagem
12	Stigter	2005	Subterrâneo	Índice de qualidade das águas aplicado em Portugal. Utiliza agregação de parâmetros em classes segundo a concentração.	Distribuição espacial e técnicas de krigagem
13	Almeida, R. A. S.	2007	Subterrâneo	Índice da Qualidade de Uso das Águas Subterrâneas (IQUAS) aplicado ao Estado da Bahia.	Incorpora os conceitos de intemperismo (alterações) e uso da água potável.
14	Swamee P. K.; Tyagi A.	2007	Sem especificação	Melhorias dos métodos de agregação de subíndices de qualidade da água.	Proposta de agregação de subíndices com flexibilidade de parâmetros.
15	Saeedi, M; Abessi O.	2009	Subterrâneo	Índice de qualidade das águas subterrâneas (GWQI), na província Qazvin (Irã).	Utilização de estatística multivariada
16	Sadiq R.; Tesfamariam S.	2009	Sem especificação	Desenvolvido no Canadá, utiliza funções de penalidade para os parâmetros fora do padrão.	Com proposta de agregação de subíndices para evitar ambigüidades.
17	Yidana	2010	Subterrâneo	Índice de qualidade da água com metodologia modificada do CCME (Canadá). Combina os fatores: alcance, frequência e amplitude dos teores dos parâmetros.	Estatística multivariada e análise espacial.

## RESULTADOS

Como mostrado na Tabela 2, dos métodos apresentados acima, seis deles têm características metodológicas de melhor agregação dos parâmetros, ou flexibilidade na inclusão de parâmetros, ou associação com técnicas para avaliação integrada da qualidade da água, sendo úteis para o desenvolvimento de um novo índice de qualidade da água subterrânea mais flexível e abrangente.

Tabela 2. Métodos de referência.

Iniciativa Estudada	Uso Isolado do Índice	Ferramenta de avaliação integrada associada ao índice	Melhoria na agregação	Permite inclusão de parâmetros
Cadilhac -2003 [1]	NÃO	Conceitos de intemperismo e uso da água.		
Sadiq -2010 [2]	SIM		SIM	
Saeedi - 2011 [3]	NÃO	Estatística multivariada.		
Stigter - 2006 [4]	NÃO	Distribuição espacial e técnicas de krigagem.	SIM	
Swamee - 2007 [5]	SIM		SIM	SIM
Yidana – 2010 [6]	NÃO	Estatística multivariada e análise espacial.	SIM	

## CONCLUSÕES

- ✓ O uso de índices como ferramenta complementar para avaliação integrada da água subterrânea mostra que somente com a utilização de várias ferramentas é possível avaliar com consistência a qualidade da água. Além disso, a escolha dos métodos de agregação é determinante para um bom índice.
- ✓ As seis iniciativas identificadas neste trabalho possuem características metodológicas úteis para o desenvolvimento de um novo índice de qualidade da água subterrânea mais flexível e abrangente.
- ✓ Entretanto, novos estudos devem ser feitos para o desenvolvimento de um índice de qualidade de água subterrânea nacional, sem problemas na agregação dos parâmetros e com possibilidade de inclusão de novos parâmetros de acordo com os objetivos do uso preponderante da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CADILHAC, L., ALBINET, M. (Coord). Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines - Rapport de présentation, Version 0, France, Août 2003. Disponível em [http://rdb.eaurmc.fr/eaux\\_souterraines/fichiers-telechargeables](http://rdb.eaurmc.fr/eaux_souterraines/fichiers-telechargeables) Acesso em: 26 Jul. 2005.
- SADIQ, R, HAJI, S.A.; Cool, G, et al. Using penalty functions to evaluate aggregation models for environmental índices **DOI:** 10.1016/j.jenvman.2009.09.034 Acesso em: 10/09/2010.
- SAEEDI, M., ABESSI, O., SHARIFI, A., MERAJI, H. Development of groundwater quality index. **DOI:** 10.1007/s10661-009-0837-5. Acesso em 10.Abr.2011
- STIGTER, T.Y.,RIBEIRO,L.,CARVALHO D.A.M.M.,Journal of Hydrology, Volume 327, Issues 3-4, 20 August 2006, Pages 578-591. Disponível em <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17994223> Acesso em 13.mar.2011.
- SWAMEE P.K., TYAGI,A., Improved method for aggregation of water quality subindices, ASCE J. Environ. Eng. 133 (2) (2007), pp. 220–22 **DOI:** 10.1061/(ASCE)0733-9372(2007)133:2(220) Acesso em: 10/09/2010.
- YIDANA, S. M.; BANOENG, Y., BRUCE, A., THOMAS, M. Analysis of groundwater quality using multivariate and spatial analyses in the Keta basin, Ghana. Disponível em **DOI:** 10.1016/j.jafrearsci.2010.03.003 Acesso em: 10/09/2010.