



# APLICABILIDADE DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS IQNAS E IRQ NO SISTEMA AQUIFERO SERRA GERAL

1Guilherme Sandrin Dattein, 2Tiago De Vargas, 3Pedro Antônio Roehle Reginato, 4Franciele Schwanck Carlo, 5Rossano Belladona

1Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: guidattein1234@gmail.com; 2Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: tiago.devargas@ufrgs.br; 3Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: pedro.reginato@ufrgs.br; 4Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: frasnschwanck@gmail.com; 5 Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul, e-mail: mail.rbelladona@samaecaxias.com.br

**Palavras-chave:** Água subterrânea; Índice de Qualidade; Sistema Aquífero Serra Geral

## Resumo

Para o Sistema Aquífero Serra Geral, que abrange uma vasta porção do estado do Rio Grande do Sul, observa-se uma escassez de estudos e aplicações dos índices de qualidade de água subterrânea com objetivo de gestão. Este estudo propõe abordar essa lacuna, concentrando-se na aplicação e comparação de dois índices na região de Caxias do Sul, onde o Sistema Aquífero Serra Geral é explotado. Foi selecionada a análise química de um poço tubular utilizado no abastecimento público para aplicação dos índices. Nessa etapa do projeto foram escolhidos os índices IQNAS e IRQ, tendo em vista a natureza de aplicação. Os resultados das classificações de cada método não convergiram, enquanto IQNAS classificou como Ótima, o IRQ apontou como Razoável a qualidade da água subterrânea analisada. Essa diferença de classificação está relacionada com o elemento químico ferro, que não é considerado no IQNAS, mas que pode ocorrer em elevadas concentrações devido a sua origem geológica.

## Introdução

A preservação das águas subterrâneas é crucial para a saúde ambiental e humana. Diante da crescente preocupação com sua degradação, os índices de qualidade emergem como ferramentas complementares para avaliar e gerenciar esses recursos. Esses índices resumem dados complexos relacionados à qualidade da água, reduzindo assim o tempo de processamento e melhorando a compreensão tanto para técnicos quanto para o público em geral (Belladona, 2023). Compreender e aplicar esses métodos é importante para contribuir com a segurança hídrica para o abastecimento de água subterrânea. Eles oferecem uma avaliação rápida e eficaz da qualidade, podendo identificar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, facilitando a gestão das águas subterrâneas através de tomada de decisões direcionadas às medidas corretivas e preventivas.

Existem diversos métodos que podem ser aplicados no cálculo do índice de qualidade de um corpo d'água subterrâneo, sendo normalmente denominados de IQAS, sendo que cada um possui vantagens, desvantagens e limitações. Os IQAS com uso mais difundido em artigos brasileiros são: Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas (IQNAS); Índice de Qualidade de Águas Subterrâneas Destinadas ao Uso na Produção de Água Potável (IQUAS); Índice de Qualidade de Uso da Água Subterrânea (e-IQUAS); Système d'évaluation de la qualité des eaux souterraines (SEQ); Índice Relativo de Qualidade (IRQ).

Os índices IQNAS, IQUAS e e-IQUAS foram desenvolvidos para avaliar a qualidade das águas subterrâneas no estado da Bahia. O IQNAS é o método mais simples dos três, pois considera apenas seis parâmetros e não incorpora a presença de elementos tóxicos. O IQUAS, baseado no SEQ e IQNAS, é mais complexo ao contemplar uma maior quantidade de parâmetros, incluindo pesos relativos e absolutos para cada um, o que elimina resultados com efeito de "eclipse". Já o e-IQUAS é um método flexível que permite a seleção, adição ou remoção de parâmetros, os quais podem ser agregados em grupos de alteração conforme necessário e representa uma evolução do IQUAS. Por outro lado, o SEQ considera as concentrações dos parâmetros para diversos usos, não somente para comparação com o Valor Máximo Permitido (VMP), também incorporando grupos de alteração, enquanto o IRQ é um índice relativo, de fácil aplicação e flexível para adição de novos parâmetros.

As águas subterrâneas estudadas nesta pesquisa são provenientes do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), extraídas de um poço tubular utilizado no abastecimento público do distrito de Santa Lúcia do Piaí, no município de Caxias do Sul, RS. No entanto, até o momento, não foram encontradas referências bibliográficas que abordem a aplicação de IQAS para o monitoramento da qualidade da água nesta localidade, gerando um hiato de conhecimento para a gestão desse recurso hídrico subterrâneo que é operado pela empresa de saneamento municipal.

Tendo em vista a importância dos IQAS para o monitoramento da qualidade da água subterrânea e a escassez de estudos sobre eles no SASG, este trabalho tem como objetivo aplicar e comparar dois IQAS, que refletem a qualidade natural da água subterrânea, para identificar qual deles representa melhor a qualidade da água na região estudada.

## Área de Estudo

A área de estudo abrange o distrito de Santa Lúcia do Piaí, em Caxias do Sul. O poço tubular amostrado está localizado nas coordenadas geográficas -29,2318° / -51,0180° e abastece parte desse distrito. Na região predominam os derrames ácidos da Formação Serra Geral (FSG), com ocorrências também de derrames básicos e da Formação Botucatu (Vargas, et al., 2013). As



águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) ocorrem na FSG, que em virtude da litologia vulcânica e dos processos de intemperismo associados apresentam concentrações elevadas de ferro e manganês acima dos padrões de potabilidade (Reginato e Strieder, 2007).

### Metodologia

O presente trabalho utilizou a análise físico-química de uma amostra de água subterrânea coletada em agosto de 2020 pelo laboratório HidroLab. Os índices de qualidade de água selecionados foram o IQNAS e o IRQ. O primeiro é considerado mais restritivo devido a sua natureza de aplicação, enquanto o segundo é assinalado como flexível por permitir a inclusão de novos parâmetros.

Para avaliar a conformidade da água foi observado o VMP na Portaria Nº 888, de 4 de maio de 2021, para cada parâmetro escolhido, comparando-os com as concentrações encontradas na amostra (Tabela 1). Os parâmetros selecionados para IQNAS foram: cloretos, dureza, fluoreto, nitrato, sólidos totais dissolvidos e pH (Oliveira et al., 2007). Para o IRQ foram escolhidos ferro, manganês e sulfato, juntamente com nitrato, cloretos e sólidos totais dissolvidos. Segundo Fernandes e Loureiro (2006), os parâmetros nitrato, cloreto e sólidos totais dissolvidos indicam variações significativas no meio hidrogeológico, que podem estar relacionadas as fontes de poluição/contaminação. Devido a flexibilidade desse método foram incorporados os elementos químicos ferro e manganês, que apresentam relação intrínseca com a mineralogia do SASG, e o parâmetro sulfato, que pode ter origem antrópica (Sharma e Kumar, 2020).

	CLORETOS	DUREZA	FERRO	FLUORETO	MANGANES	NITRATO	SOLIDOS TOTAIS	SULFATO	pH
Concentração	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	/
VMP	250	300	0,3	1,5	0,1	10	500	250	6 - 9,5
Amostra	3,265	46,56	0,797	0,242	0,03	0,587	106	0,649	6,93

**Tabela 1: VMP em comparação com os valores da amostra.**

Para calcular o IQNAS, utilizou-se uma equação matemática que consiste no produto dos valores de qualidade da água subterrânea para cada parâmetro químico escolhido, elevado ao peso atribuído a cada variável, conforme demonstrado na fórmula a seguir:

$$IQNAS = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde: n é a quantidade de parâmetros,  $q_i$  o parâmetro e  $w_i$  é o peso associado ao parâmetro.

Tendo em vista que a água subterrânea, em geral, não é submetida a um tratamento convencional, a escala escolhida para o IQNAS foi a seguinte: nota de 80 a 100 (qualidade ótima), de 52 a 79 (boa), de 37 a 51 (aceitável), de 0 a 36 (imprópria) (Oliveira et al., 2007). Já para a aplicação do IRQ, para o caso de áreas com apenas um ponto, considera-se diretamente os valores mínimos determinados previamente a partir das planilhas de dados de monitoramento (Fernandes e Loureiro, 2006). Assim, para cada parâmetro selecionado, calculamos a razão entre o valor encontrado na amostra e o VMP, somando esse resultado com os resultados dos demais parâmetros e dividindo pelo número total de parâmetros, conforme demonstrado nas equações abaixo:

$$Q_n = \frac{C}{VMP}$$

$$IRQ = \frac{\sum_{i=1}^n Q_n}{m}$$

Onde:  $Q_n$  é o parâmetro, C é concentração, VMP é valor máximo permitido e m é quantidade de parâmetros.

As faixas para avaliação do IRQ são:  $0 < IRQ \leq 0,3$ ;  $0,3 < IRQ \leq 0,6$ ;  $0,6 < IRQ \leq 0,9$ ;  $0,9 < IRQ \leq 1,2$ ;  $IRQ > 1,2$ . Representando, respectivamente, as qualificações: Excelente, Boa, Razoável, Ruim e Péssima.

### Resultados

Observou-se que o IQNAS apresentou a classificação Ótima, enquanto o IRQ indicou a classificação Razoável (Tabela 2). A diferença na classificação final deve-se a alta concentração de ferro presente na análise química do poço estudado. Como o IQNAS não leva em consideração o parâmetro ferro, a classificação obtida foi superior a realidade do ambiente avaliado. Isso ocorreu devido a sua natureza construtiva, que levou em consideração os parâmetros químicos com maior relevância à geologia da região utilizada na elaboração do índice e, além disso, a uma complexa condição de adaptação para novos parâmetros



químicos. Por outro lado, o IRQ possui uma condição de flexibilidade metodológica que permite a variação de parâmetros com origem antropogênica e uma caracterização de mudanças naturais da qualidade da água (Fernandes e Loureiro, 2006). Devido a essa flexibilidade foi possível identificar a influência do elemento químico ferro na classificação da água subterrânea do SASG, que refletiu em uma diminuição da qualidade. O parâmetro ferro apresentou uma concentração 2,63 vezes superior ao limite estabelecido pela legislação brasileira, marcando sua importância em avaliações de qualidade de água no SASG.

Índice	Resultado Obtido	Classificação
IQNAS	89,7 ≈ 90	Ótima
IRQ	0,684 ≈ 0,68	Razoável

**Tabela 2: Resultados e Classificações dos índices.**

### Conclusão

Este estudo avaliou a análise físico-química de água de um poço tubular utilizando dois IQAS. A análise comparativa entre os IQAS investigados revela que as particularidades, utilidades e limitações de cada índice exercem uma influência relevante sobre a discrepância entre as classificações de qualidade da água subterrânea. Considerando as características do SASG, o IQAS que se mostrou mais apropriado para este estudo foi o IRQ. Isso se deve ao fato de que o IRQ incorpora os parâmetros de ferro, manganês e sulfato, neste caso, mostrando a influência contundente do ferro na classificação.

O fato deste estudo avaliar um poço tubular e somente dois IQAS é uma limitação. No entanto, apesar de ser necessário um estudo abrangendo uma maior quantidade de poços e de IQAS para uma definição mais robusta sobre qual índice seria o melhor adaptado para o SASG, esta investigação mostra a importância da escolha de índices de qualidade com capacidade de adaptação as especificidades dos ambientes hidrogeológicos. Além disso, este ensaio representa o início de uma pesquisa mais ampla que está sendo desenvolvida e que possui como objetivo propor um IQAS que pode ser aplicado ao SASG.

### Agradecimentos

Os Autores gostariam de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, por meio do programa de Mestrado Profissional em rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio recebido.

### Referências Bibliográficas

- Almeida, R. A. S.; 2007. Índice de qualidade de águas subterrâneas destinadas ao uso na produção de água potável (IQUAS). Salvador: Universidade Federal da Bahia, pp. 90-136.
- Almeida, R. A. S.; Oliveira, I. B.; 2008. Aplicação do índice de qualidade de água subterrânea (IQUAS) destinado ao uso para consumo humano. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal - RN. Anais - XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, pp. 1-12
- Belladonna, R.; 2023. The opportunity cost of watershed conservation: the decisions on urban water supply management. Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, 168 f. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/264006>.
- Fernandes, R. A.; Loureiro, C. O.; 2006. Índice relativo de qualidade (IRQ): um método para caracterização e hierarquização do potencial qualitativo das águas subterrâneas. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, pp. 2-7.
- Gomes, M. G.; Vargas, T.; Belladonna, R.; Adami, M. V. D.; 2018. Aplicação do interpolador IDW para elaboração de mapas hidrogeológicos paramétricos na região da Serra Gaúcha. Scientia Cum Industria, v. 6, n. 3. pp. 38-43, pp. 2.
- Oliveira, I. B. de; Negrão, F. I.; Silva, A. G. L. S.; 2007. Mapeamento dos aquíferos do Estado da Bahia utilizando o Índice de Qualidade Natural das Águas Subterrâneas - IQNAS. Águas Subterrâneas. v. 21, n. 1, pp. 1-16.
- Paim, R. A. et al.; 2018. Avaliação da qualidade da água subterrânea de poços ponteira no município de Osório, RS. Águas Subterrâneas, v. 32, n. 3, pp. 31-37.
- Reginato, P. A. R.; Strieder, A. J.; 2007. Condicionantes geológicas da ocorrência de ferro e manganês em aquíferos fraturados da Formação Serra Geral. Águas Subterrâneas. v. 21, n. 1, pp. 1-8.
- Sharma, M. K., and Mohit Kumar. "Sulphate Contamination in Groundwater and Its Remediation: An Overview." Environmental monitoring and assessment 192.2 (2020): 74. Print.
- Toledo, L. G.; Nicoletta, G.; 2002. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agrícola, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan./mar, pp.1-6.
- Vargas, T.; Adami, M. V. D.; Aver, E. A. S.; Belladonna, R.; Zago, M. A.; Frizzo, E. E., 2013. Monitoramento hidroquímico dos córregos afluentes da represa Faxinal, Caxias do Sul - RS. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, pp. 1-8.