

## VI-189 - IQA DO RIO JAGUARIBE, CEARÁ

### **Lincoln Davi Mendes de Oliveira**

Químico Industrial e Mestre em Química Inorgânica (UFC). Gestor Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

### **Janelane Coelho da Rocha**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental (IFCE). Especialista em Engenharia Ambiental e Saneamento (FIC). Gestora Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

### **Maira Gadelha Alves Brandão**

Química pela UECE. Gestora Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

### **Andréa Limaverde de Araújo**

Geóloga, Mestre em Engenharia (Recursos Hídricos/Saneamento) e Doutoranda em Geologia, UFC. Gestora Ambiental na Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

### **Fernando José Araújo da Silva<sup>(1)</sup>**

Doutor, Mestre e Graduado em Engenharia Civil. Professor Adjunto na UFC e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pós-DEHA/UFC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Bloco 713, 1º andar, *Campus* do PICI, Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE. Brasil. CEP 60451-970. Fone: (85) 33669624. E-mail: fjas@deha.ufc.br.

## RESUMO

Registrar e compreender *status* e impactos ambientais possibilita projetar ações que produzam mudanças positivas. A recorrência na revisão de informações é imposta pela dinâmica natural e antrópica. Quanto a isto, o recurso água tem primazia e sua qualidade exige controle contínuo, através de programas de monitoramento para identificar causas de poluição. Estes são mais relevantes ainda em regiões de clima semiárido. Os parâmetros monitorados podem ser sumarizados de maneira concisa através de IQA (Índice de Qualidade de Água). O presente estudo trata do IQA das águas do rio Jaguaribe, no período de fevereiro de 2013 a março de 2016. As sub-bacias do estudo foram: Alto, Médio e Baixo Jaguaribe. Os resultados mostraram que as sub-bacias do rio Jaguaribe não estão sob antropismo acentuado. Tomadas individualmente, a sub-bacia do Médio Jaguaribe apresentou melhores resultados de qualidade de água, seguida das sub-bacias do Baixo e Alto Jaguaribe. Em cada uma das três sub-bacias o valor médio do IQA representa estado Bom.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento ambiental, Recursos hídricos superficiais, Semiárido brasileiro.

## INTRODUÇÃO

Registrar e compreender *status* e impactos ambientais possibilita projetar ações que produzam mudanças positivas. Neste contexto, o planejar ambiental diz respeito a pensar e estruturar probabilidades que levem ao gerenciamento de conflitos de diversas ordens: econômicos, sociais, políticos, culturais, e naturais. Ele deve ser constantemente revisto em função das dinâmicas naturais e sociais. Portanto, isto deve ser constantemente revisto em função das dinâmicas naturais e antrópicas.

Quanto à declaração acima posta, o recurso água deve ter primazia. A qualidade da água resulta de fenômenos naturais e antrópicos, de maneira que a investigação e o levantamento espacial, fontes e causas de poluição são prementes na gestão de bacias hidrográficas. Portanto, dispor de programas de avaliação e controle eficientes é imperativo. Os parâmetros monitorados não devem ser considerados individualmente apenas, mas traduzidos de maneira concisa. É sob esta premissa que surge a aplicação do Índice de Qualidade de Água (IQA), que utiliza um conjunto de informações sumarizadas, que traduzem o *status* qualitativo do recurso (VON SPERLING, 2007).

Rebouças (1997) destaca que a degradação da qualidade da água é mais intensa em regiões áridas e semiáridas, em razão da associação entre as condições climáticas e as atividades antrópicas. Neste esteio, o poder público do Estado do Ceará vem empreendendo esforços para obter diagnósticos sobre a qualidade da água em seu domínio. O Ceará conta com 12 bacias hidrográficas que, apesar de monitoradas desde 2009, exigem uma análise mais aprofundada. O presente estudo tenta reduzir as lacunas sobre a avaliação da

qualidade da água no semiárido, dando enfoque ao IQA. Isto auxiliará na definição de políticas públicas para a preservação e recuperação da qualidade das águas e, portanto, para uma gestão sustentável dos recursos hídricos.

### Área de estudo

O presente estudo contempla o rio Jaguaribe (“Rio das Onças”). A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe forma o maior conjunto hidrográfico do Estado do Ceará, Nordeste brasileiro. O Jaguaribe é composto de cinco sub-bacias: Salgado, Banabuiú, Alto, Médio e Baixo Jaguaribe. Gerencialmente, porém, o Jaguaribe é referido pelas três últimas bacias, sendo as duas primeiras tratadas em caráter próprio. Tal representação tem entendimento complexo, sendo considerada somente em sentido técnico. A tabela abaixo contém um sumário descritivo das sub-bacias da presente investigação.

**Tabela 1. Sumário descritivo das sub-bacias Alto, Médio e Baixo Jaguaribe.**

Bacia	Número de municípios	Área (km <sup>2</sup> )	População (hab.)	Densidade populacional (hab./km <sup>2</sup> )
Alto	24	24.639 (16,6%) <sup>a</sup>	558.872 (6,2%) <sup>b</sup>	22,7
Médio	12	10.509 (7,1%)	172.747 (1,9%)	16,4
Baixo	10	8.893 (6,0%)	345.830 (3,9)	38,9
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>44.041 (29,6%)</b>	<b>1.077.449 (12,0%)</b>	<b>24,5</b>

<sup>a</sup> % em relação à área total do Ceará; <sup>b</sup> % em relação à população do Ceará.

Fonte: adaptado de IBGE (2017); CEARÁ (2009).

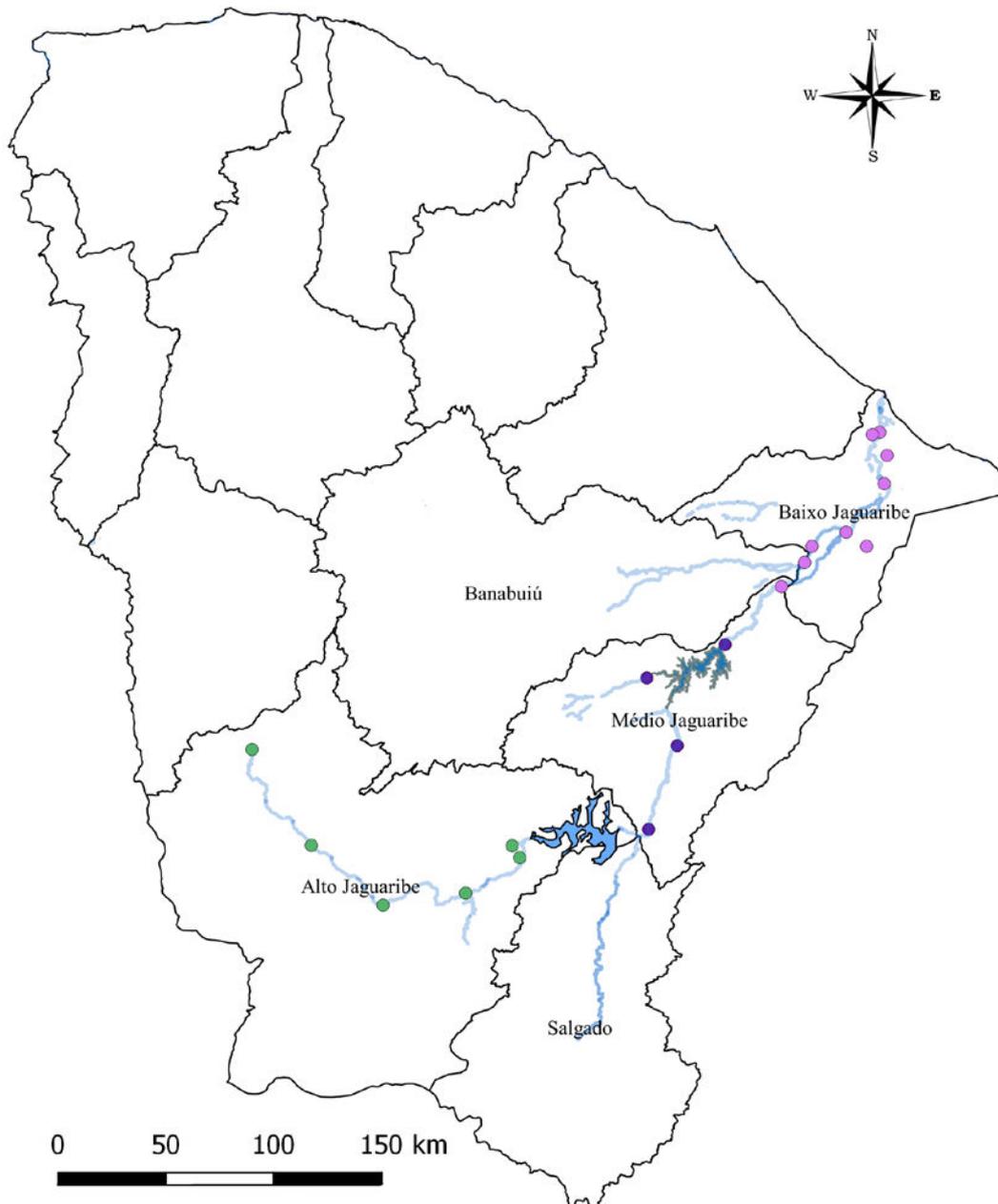
De acordo com CEARÁ (2009), na sub-bacia Alto Jaguaribe as altitudes variam entre 250 e 400 m, com precipitações médias anuais entre 500 e 700 mm (de janeiro a maio) e acentuada irregularidade no tempo e no espaço. A temperatura média anual fica em torno de 28°C. No Médio Jaguaribe há maior variação altimétrica (de 30 a 502 m), com índices pluviométricos anuais em torno de 743 mm e temperatura média de 26 a 28°C. Enquanto nas bacias Alto e Médio Jaguaribe o clima dominante tem caráter de Tropical Semiárido Quente, no Baixo Jaguaribe há maior incidência de perfil climático do tipo Semiárido Subúmido. Nesta sub-bacia as temperaturas médias também estão em torno de 26 a 28°C. A pluviometria anual, porém, é um pouco maior, com média de 838 mm. A sub-bacia Baixo Jaguaribe tem predomínio de rochas sedimentares, enquanto nas demais há a prevalência de rochas cristalinas.

### METODOLOGIA

Nas sub-bacias do rio Jaguaribe, de fevereiro de 2013 a março de 2016, foram coletadas amostras de água nas calhas dos rios em 19 pontos, sendo 6 no Alto Jaguaribe, 4 no Médio Jaguaribe e 9 no Baixo Jaguaribe. Ao longo do período foram coletadas 35 amostras na sub-bacia Alto Jaguaribe, 31 amostras na sub-bacia Médio Jaguaribe e 40 amostras na sub-bacia Baixo Jaguaribe. A figura 1 mostra as sub-bacias do Jaguaribe e os pontos de coleta de amostras.

As análises das amostras foram destinadas ao cômputo do IQA, conforme descrito em Von Sperling (2007). Os parâmetros analisados foram: temperatura (T), pH, turbidez (Turb), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), amônia total (AMT), fósforo total (P<sub>T</sub>), sólidos totais (ST) e *Escherichia coli* (*E. coli*). Os procedimentos analíticos seguiram os métodos descritos em APHA (1998).

Cabe ressaltar que no caso do nitrogênio, efetuou-se uma adaptação para o cálculo do escore. As parcelas de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e AMT, expressas como mg N/L, formam o nitrogênio inorgânico (N<sub>ING</sub>). Este valor foi em seguida expresso como mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L (*i.e.* multiplicado por 4,429; razão entre o peso molecular de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e o de N) e aplicado à curva de escore de nitrato do SCQA (BRASIL, 2006). Para o parâmetro *E. coli* empregou-se a mesma curva de escore utilizada com coliformes fecais. No caso do parâmetro variação de temperatura (ΔT) atribuiu-se um escore igual 94. Este procedimento é corrente, no caso de regiões de clima quente e não industrializadas. Para o cômputo foi utilizado o modelo produtivo (ou multiplicativo), mostrado na Equação 1 e a análise baseada, comparativamente em duas escalas (Tabela 2).



**Figura 1: Ceará e as sub-bacias do rio Jaguaribe (Alto, Médio e Baixo), com os pontos de coleta de amostras de água (fevereiro de 2013 - março de 2016).  
Fonte: adaptado de CEARÁ (2009).**

$$IQA = \prod_{i=1}^n C_i^{W_i}$$

Eq. (1)

**Tabela 2: Intervalos descritores do IQA – interpretação para o estudo.**

Estado	BRASIL (SCQA)	CETESB
<b>Ótimo ou Excelente</b>	$90 < IQA \leq 100$	$80 \leq IQA \leq 100$
<b>Bom</b>	$70 < IQA \leq 90$	$52 \leq IQA < 80$
<b>Aceitável ou Médio</b>	$50 < IQA \leq 70$	$37 \leq IQA < 52$
<b>Ruim</b>	$25 < IQA \leq 50$	$20 \leq IQA < 37$
<b>Péssimo ou Muito Ruim</b>	$0 < IQA \leq 25$	$0 \leq IQA < 20$

Fonte: adaptado de Von Sperling (2007) e BRASIL (2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 mostra um sumário dos resultados do monitoramento considerado para este estudo. Para resultados agrupados das três sub-bacias, em princípio o antropismo não é muito destacado. Entretanto, separadamente, é possível verificar diferenças a partir do IQA.

**Tabela 3. Qualidade das águas das sub-bacias do Jaguaribe (dados agrupados).**

Descritor	pH	Turb.	T	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	AMT	N <sub>ING</sub>	OD	DBO	ST	P <sub>T</sub>	E.coli
	(und)	(uT)	(°C)	(mg N/L)				(mg /L)			(mg P/L)	(NMP/100 ml)
$\mu$	7,86	6,4	28,8	0,67	0,027	0,29	0,99	7,0	4,2	361	0,413	2,6E+1 <sup>MG</sup>
Mín.	6,20	0,2	21,6	0,01	0,001	0,01	0,02	1,6	0,6	100	0,019	1,0E+0
Máx.	9,50	46,9	33,7	5,00	0,500	2,00	6,20	12,5	32,1	1186	1,580	2,3E+4
$\sigma$	0,71	8,6	2,5	1,04	0,065	0,37	1,18	2,1	3,9	154	0,287	3,9E+3

MG – média geométrica.

A Tabela 4 mostra um IQA médio mais elevado na sub-bacia do Médio Jaguaribe. Apesar de classificado como **Bom**, seu valor médio está na fronteira do estado qualificador como **Excelente**, de acordo com a escala CETESB. Em seguida vêm as sub-bacias do Baixo e Alto Jaguaribe. Ambas estão, também, classificadas como IQA **Bom**. Há, porém, um indicativo de maior antropismo sobre estas últimas bacias do que sobre a primeira. Isto é ratificado por outros indicadores estatísticos, como valores das medidas de posição (Quartis), intervalo e coeficiente de variação.

**Tabela 4. Valores IQA das águas das sub-bacias do Jaguaribe.**

Descritor	Sub-bacia		
	<i>Alto</i>	<i>Médio</i>	<i>Baixo</i>
$\mu$	70	80	76
Mediana (Quartil 50%)	71	81	76
Mínimo - Máximo	42 - 87	64 - 88	59 - 88
1º Quartil (25%)	64	78	73
3º Quartil (75%)	77	84	80
CV%	13	8	9

A análise de variância (ANOVA fator único) ratificou a diferença entre as bacias, expressa pela estatística  $F < F_{CRÍTICO}$  e  $p < 0,05$ . Entretanto, não foi verificada diferença sazonal (período chuvoso – 1º semestre *versus* período de estio – 2º semestre) no caso do IQA, seja através de ANOVA ou teste *t*. Cabe lembrar, porém, que a maior parte das amostras foi coletada no primeiro semestre de cada ano. A análise de variação sazonal de cada parâmetro exige um estudo próprio, pois o IQA reduz a ocorrência de ruído de informação, uma vez que coeficientes de variação ( $\sigma/\mu$ ) em índices são bastante reduzidos se comparados com os microdados dos componentes.

A despeito da declaração acima, foi possível fazer alguma inferência sobre o peso de cada parâmetro sobre o IQA calculado para cada bacia. Para tanto, empregou-se a análise de correlação de Pearson, de maneira que o valor de  $r$  expressa o grau de influência de cada parâmetro sobre o IQA calculado. No caso da sub-bacia do Alto Jaguaribe o parâmetro DBO teve maior significância ( $r = -0,723$ ). Para a sub-bacia do Médio Jaguaribe foi o OD ( $r = -0,605$ ) e na bacia Baixo Jaguaribe foi o nitrogênio inorgânico,  $N_{ING}$  ( $r = -0,598$ ). Em todas as sub-bacias os parâmetros de menor influência sobre o cálculo do IQA foram *E.coli*, turbidez e temperatura, esta última por ser uma constante.

## CONCLUSÃO

As sub-bacias do rio Jaguaribe não estão sob antropismo acentuado, se considerados os resultados do IQA. Tomadas individualmente, a sub-bacia do Médio Jaguaribe apresentou melhores resultados de qualidade de água, seguida das sub-bacias do Baixo e Alto Jaguaribe. Em cada uma das três sub-bacias o valor médio do IQA representa estado Bom.

A diferença de IQA entre as bacias foi ratificada através de análise de variância e componentes de estatística descritiva. Em paralelo, não foi verificada diferença sazonal (período chuvoso *versus* período de estio). Porém, o peso de cada parâmetro sobre o IQA foi estimado com base em análise de correlação de Pearson. No Alto Jaguaribe o parâmetro DBO teve maior significância. No Médio Jaguaribe o parâmetro de maior peso foi o OD, enquanto no Baixo Jaguaribe foi o nitrogênio inorgânico. Os parâmetros de menor influência sobre o resultado do IQA foram *E.coli*, turbidez e temperatura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>th</sup> ed. Washington, D.C.: APHA – American Public Health Association, 1998.
2. IBGE. **Projeções e estimativas da população do Brasil e das Unidades da Federação**, em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em 21/01/2017.
3. CEARÁ. **Caderno regional das sub-bacias do Jaguaribe**. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, Volumes 5, 6 e 7. Eudoro Walter de Santana (Coordenador). Fortaleza: INESP, 2009.
4. REBOUÇAS, A.C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estudos Avançados** v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.
5. VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Volume 7. 1<sup>a</sup> Edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p.
6. BRASIL. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) - estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas**. Relatório 1. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD). Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG/PNMA II. Programa Nacional do Meio Ambiente II, Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. Belo Horizonte-MG, Junho, 2006. 16 p.