

VI-032 – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DA REDE DE DRENAGEM NATURAL DE JUAZEIRO DO NORTE, CEARÁ

Lucimara Alves Bandeira

Mestre em Gestão Ambiental e Tecnóloga em Gestão Ambiental. Técnica do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Adriana Oliveira Araújo

Mestre em Engenharia Agrícola. Tecnóloga em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Professora do IFPB, *Campus* Princesa Isabel. Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFC.

Fernando José Araújo da Silva⁽¹⁾

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

Maria Gorethe de Sousa Lima

Doutora em Engenharia de Processos, Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos/Saneamento) e Engenheira Química. Professora Adjunto na UFCA e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável (PRODER/UFCA).

Luiz Alberto Ribeiro Mendonça

Doutor, Mestre e Graduado em Engenharia Civil. Professor Associado na UFCA. Bolsista de Produtividade em Pesquisa, CNPq Nível 2, Comitê CA.

Endereço⁽¹⁾: 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@cariri.ufc.br

RESUMO

O crescimento acelerado de cidades de médio porte no interior do país não tem sido acompanhado pela implantação de sistema de esgotamento sanitário adequado. Em razão disto há impacto crescente sobre os recursos hídricos, com destaque para a rede de drenagem natural, que recebe esgotos não tratados. Isto tem sido verificado em Juazeiro do Norte, município do sul do Estado do Ceará. O presente estudo abordou a qualidade da água nesta municipalidade, com emprego de IQA. A investigação teve sobre 11 pontos na zona urbana ao longo do período de um ano com coleta bimestral de amostras. Foram empregadas as representações de adição e produto no cálculo do IQA. O cômputo do índice com enfoque produtivo mostrou que as faixas de qualidade **Regular** e **Ruim** predominaram (em 81,2% dos pontos de amostragem). No caso somatório apenas a categoria **Regular** predominou (em 36,4% dos pontos de amostragem), sendo o restante considerado **Bom**. Os resultados mostraram que a poluição por esgotos sanitários foi causa dominante para a baixa qualidade da água, com evidência dos parâmetros C_{TMT} e DBO.

PALAVRAS-CHAVE: Esgotos domésticos, Cidades de médio porte, Controle da poluição hídrica.

INTRODUÇÃO

Ao longo da última década tem ocorrido um rápido crescimento econômico e demográfico em cidades de médio porte no país. Estas urbes têm atraído os diferentes setores de produção (*i.e.* industrial, agrícola e de serviços), porém sem oferecer infraestrutura adequada às novas demandas. Na maior parte do país persiste a idéia distorcida de “planejar construindo e construir planejando”, agindo sob demandas não ordenadas. Tal cultura impacta significativamente o ambiente, em especial o recurso água.

A situação descrita no parágrafo anterior é retratada no município de Juazeiro do Norte, localizado na porção sul do Estado do Ceará. Trata-se da principal municipalidade da Região Metropolitana do Cariri (RMCA), com cerca de 250.000 habitantes (IPECE, 2011). A RMCA foi instituída em 2009, composta por mais oito municípios, além de Juazeiro do Norte, que são: Crato, Barbalha, Caririagu, Farias Brito, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri.

O município de Juazeiro do Norte está contido na sub-bacia do rio Salgado que, por sua vez, é uma das cinco sub-bacias da bacia do rio Jaguaribe. A localização geográfica do município é definida pelas seguintes

coordenadas: latitude (S) 7° 12'47", longitude (W) 39°18'55", altitude de 377,3 a.n.m.. Juazeiro do Norte é quase que inteiramente urbano, com área de 235,4 km², tendo como limites: ao Norte – Caririáçu; Sul - Crato, Barbalha e Missão Velha; Leste – Missão Velha; Oeste – Crato, conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1: Região Metropolitana do Cariri (RMCa), sul do Estado do Ceará.

Fonte: adaptado de IPECE (2011).

No escopo do saneamento ambiental, o recente incremento socioeconômico de Juazeiro do Norte tem impactado marcadamente a rede de drenagem natural, com despejo de efluentes, principalmente domésticos, com baixo ou nenhum grau de tratamento. Isto ocorre, notadamente, em razão da limitada disponibilidade de rede pública para coleta de esgotos.

A qualidade da água refere-se não apenas a certo um grau de pureza deste recurso, mas também às características desejadas para seu uso e relativa ao *status* de equilíbrio ambiental. Conforme ressaltado no parágrafo anterior, a alteração da qualidade da água é causada por antropismo. Assim, a partir do cenário relatado importa conhecer a qualidade das águas superficiais de Juazeiro do Norte, com o propósito de subsidiar o planejamento de intervenções futuras, que se façam necessárias à melhoria da qualidade ambiental no município.

A avaliação da qualidade da água deve partir da interpretação eficaz de um conjunto de descritores de seu conteúdo (parâmetros físicos, químicos e biológicos). Em razão da grande quantidade de descritores de qualidade é necessário o emprego de um número restrito de parâmetros, que sejam representantes significativos dos diferentes estados dos ambientes aquáticos e seus distintos fins. Surge daí a idéia de Índice de Qualidade de Água (IQA), que busca sumarizar em grandeza única um conjunto de parâmetros que represente o *status* da qualidade da água. Neste contexto, o presente estudo intenta avaliar a qualidade da água da rede de drenagem natural em Juazeiro do Norte, através do emprego de Índice de Qualidade da Água (IQA).

No Brasil não há procedimento normatizado para determinação do IQA de águas superficiais. É corrente, entretanto, o emprego de adaptações, com pequenas modificações, do Índice de Qualidade da Água da *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos. Na adaptação da CETESB (2013) os parâmetros considerados são: coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido (% do valor de saturação). No método, para cada parâmetro há curvas pré-estabelecidas sobre a variação da qualidade das águas, de acordo com o estado

ou condição verificada, sendo atribuído ao resultado um escore correspondente. O conjunto de parâmetros define o IQA final em modelo (ou modo) somatório (Equação 1) ou produtivo (Equação 2).

$$IQA = \left(\sum_{i=1}^n q_i \cdot W_i \right) \quad \text{Equação (1)}$$

$$IQA = \left(\prod_{i=1}^n q_i^{W_i} \right) \quad \text{Equação (2)}$$

Em que: **qi** é o escore de qualidade do parâmetro **i**; **Wi** é o peso atribuído ao parâmetro, em função da sua importância na qualidade.

O IQA tem valor que varia de 0 a 100, distribuído em classes intervalares, que correspondem a dados categóricos, conforme mostrado na Tabela 1. Os parâmetros admitidos no cálculo do IQA não possuem mesmo peso, sendo atribuída maior importância a alguns, por supor-se que estes sejam mais representativos da qualidade ou que tenham maior importância sanitária.

Tabela 1: Classificação do IQA (intervalos quantitativos e categóricos).

<i>Categoria</i>	<i>Intervalo</i>
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2013).

METODOLOGIA

Área de estudo

A área estudada correspondeu a um conjunto de microbacias, com fluxos hídricos que afluem para a formação do rio Salgadinho. Este último é uma sub-bacia do rio Salgado, conforme já relatado. O trecho contemplado neste trabalho foi referente, essencialmente, ao rio Batateira, sub-bacia afluente ao Salgadinho. Foram definidos 11 pontos de amostragem do conjunto de riachos que compunham a rede de drenagem natural do município do Juazeiro do Norte, constituída pelo rio Batateira e seus afluentes (riacho São José, riacho dos Macacos, riacho Salesianos e riacho das Timbaúbas), conforme ilustrado na Figura 2.

Na Tabela 2 há a identificação, a localização e a descrição dos pontos de coleta das amostras. O estudo foi realizado no período de janeiro a dezembro de 2012, compreendendo a coleta de seis amostras em cada ponto, portanto, com frequência aproximadamente bimestral.

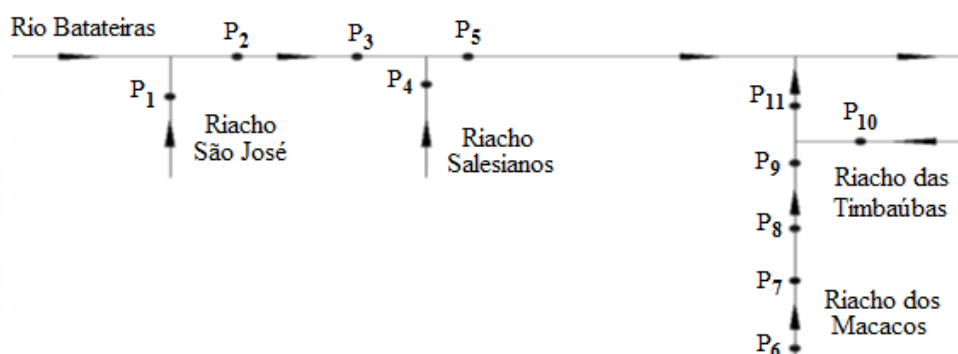


Figura 2: Representação esquemática (diagrama unifilar) dos pontos de coleta das amostras.

Tabela 2: Localização e descrição dos pontos de coleta de amostras.

Ponto	Localização	Descrição
P ₁	7°13'39"S-39°21'25"O	Riacho São José, divisa Juazeiro do Norte-Crato
P ₂	7°14'42"S-39°19'00"O	Rio da Batateira, à montante do Frigorífico Industrial do Cariri
P ₃	7°14'10"S-39°18'37"O	Rio da Batateira, à jusante do Frigorífico Industrial do Cariri
P ₄	7°14'14"S-39°18'39"O	Riacho Salesianos, próximo à desembocadura do rio da Batateira
P ₅	7°13'14"S-39°21'18"O	Rio da Batateira, ponte da Av. Leandro Bezerra
P ₆	7°12'57"S-39°20'24"O	Lagoa da APUC
P ₇	7°12'13"S-39°19'32"O	Lagoa dos Macacos no Parque das Timbaúbas
P ₈	7°12'01"S-39°19'28"O	Lagoa das Timbaúbas, parque das Timbaúbas
P ₉	7°12'47"S-39°18'14"O	Riacho dos Macacos, ponte da Rua Domingos Sávio
P ₁₀	7°12'44"S-39°17'32"O	Riacho das Timbaúbas, ponte da Av. Virgílio Távora
P ₁₁	7°12'09"S-39°17'32"O	Riacho das Timbaúbas, ponte da Av. Carlos Cruz

Abordagem para o cálculo do IQA no estudo

O IQA foi determinado conforme formulação do SCQA (Sistema de Cálculo da Qualidade da Água) descrito em Brasil (2005), com adaptação a oito parâmetros. Os parâmetros e os respectivos pesos são mostrados na Tabela 3. Os procedimentos analíticos seguiram métodos contidos em APHA (2005).

Tabela 3: Parâmetros e pesos relativos dos parâmetros do IQA empregado no estudo.

Parâmetro	Peso	Parâmetro	Peso
Oxigênio dissolvido (%OD _{SAT})	0,185	Fósforo total (mg PO ₄ ⁻³ /L)	0,109
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0,163	Temperatura da água (T _{água})	0,109
pH	0,130	Nitrato total (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,109
Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	0,109	Resíduo total (mg/L)	0,087

Fonte: BRASIL (2005).

Os cálculos do IQA deste trabalho foram efetivados tanto com o somatório (ou modo aditivo) quanto com o produto (ou modo multiplicativo) dos escores dos parâmetros. Comparado ao enfoque dado por CETESB (2013), na abordagem do SCQA (BRASIL, 2005) empregou-se o conteúdo de nitrato, invés de nitrogênio total.

Também, no caso do presente estudo o parâmetro turbidez não foi determinado, de maneira que os pesos dos parâmetros foram redistribuídos em suas proporcionalidades ao novo escopo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de IQA calculados para os diferentes pontos de amostragem do estudo são apresentados na Tabela 4. A tabela contém ainda o coeficiente de variação para as seis amostras coletadas e a classificação categorizada. Os resultados obtidos mostraram que o cômputo multiplicativo apresentou classificação mais restritiva.

Enquanto o modo multiplicativo indicou que seis dos pontos monitorados apresentaram IQA “ruim”, com o modo aditivo sete pontos apresentaram IQA “bom”. Somente os pontos P₁ e P₄ apresentaram os mesmos resultados categóricos (*i.e.* mesmo intervalo descritor) com os dois enfoques. Em média o valor de IQA com o método multiplicativo representou 64% do valor obtido com o método aditivo. As distinções de resultados entre os modelos indicam que os pesos atribuídos aos parâmetros talvez deveriam ser diferentes, a fim de que houvesse equivalência comparável. Também, no modo multiplicativo as médias tendem a serem mais conservadoras, menores, e equivalentes à média geométrica. A Figura 3 mostra a correlação entre os dois modos de cálculo empregados.

Tabela 4: Classificação do IQA da rede de drenagem natural de Juazeiro do Norte, CE (ano de 2012).

<i>Pontos</i>	<i>Produtório (Multiplicativo)</i>		<i>Somatório (Aditivo)</i>	
	Valor (*)	Classificação de categoria	Valor (*)	Classificação de categoria
P ₁	53 (28)	Boa	69 (7)	Boa
P ₂	39 (12)	Regular	59 (5)	Boa
P ₃	41 (11)	Regular	60 (9)	Boa
P ₄	60 (12)	Boa	69 (10)	Boa
P ₅	34 (14)	Ruim	59 (10)	Boa
P ₆	24 (9)	Ruim	50 (6)	Regular
P ₇	23 (13)	Ruim	48 (5)	Regular
P ₈	28 (13)	Ruim	53 (8)	Boa
P ₉	21 (6)	Ruim	46 (4)	Regular
P ₁₀	40 (12)	Regular	58 (5)	Boa
P ₁₁	25 (19)	Ruim	48 (7)	Regular

(*) coeficiente de variação;- ponto com dados incompletos para cálculo do IQA.

Uma discussão válida a ser suscitada diz respeito à influência de cada parâmetro considerado na determinação do IQA, à despeito do peso atribuído preliminarmente no cálculo. Correlações entre os valores médios de IQA e as médias dos parâmetros componentes mostraram que coliformes termotolerantes (C_{TMT}) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) influenciaram mais significativamente os resultados, com coeficientes de explicação (r , para $\alpha = 0,05$) de -0,867 e -0,730, para os respectivos parâmetros. Isto ratifica a hipótese de que a causa da poluição das águas superficiais na região resulta da falta de rede pública coletora de esgotos sanitários e do devido tratamento destes. Quanto aos parâmetros com menor impacto sobre os resultados destacam-se o nitrato ($r \leq 0,184$, para $\alpha = 0,05$), com concentrações sempre inferiores a 1 mg NO₃/L e pH ($r \leq 0,474$, para $\alpha = 0,05$), com média de 7,43.

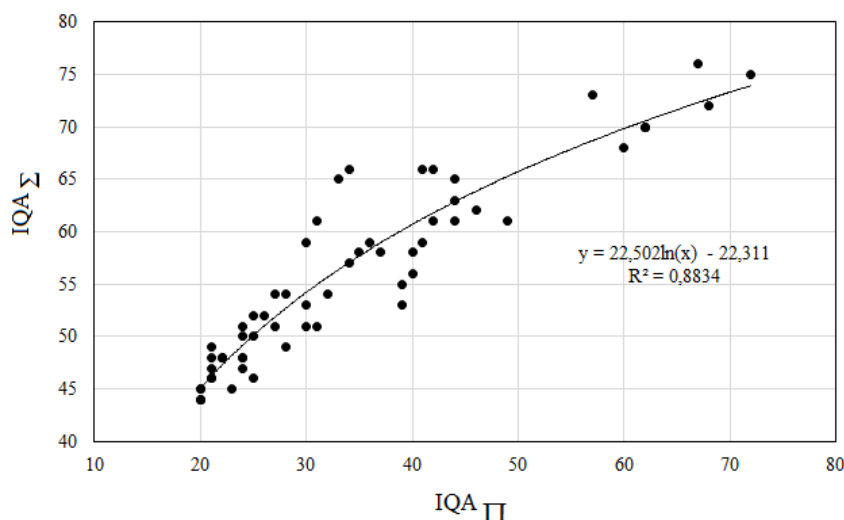


Figura 3: Correlação entre os modelos de IQA do estudo (Aditivo x Multiplicativo).

CONCLUSÃO

O estudo sobre o IQA da rede de drenagem natural de Juazeiro do Norte apresentou resultados distintos quanto ao emprego dos modos de cômputo multiplicativo e aditivo. Com o primeiro, as categorias **Regular** e **Ruim** predominaram com base em valor médio em 81,2% dos pontos de amostragem. Já com o último modo, somente a categoria **Regular** ocorreu, e em 36,4% dos pontos de amostragem, o restante foi considerado **Bom**. Portanto, o modo multiplicativo é mais restritivo. Quanto a isto cabe ressaltar que a equivalência entre os modos não pode ser alcançada com admissão de pesos iguais dos parâmetros em cálculos diferentes. Entretanto, há correlação evidente entre os modos.

Foi possível concluir com clareza que a poluição por esgotos sanitários, resultante da não coleta e tratamento, é a causa primária do baixo IQA da rede de drenagem natural de Juazeiro do Norte. Isto ficou evidenciado pela correlação negativa dos parâmetros C_{TMT} e DBO com o valor do IQA. Um aprofundamento da discussão pode ser obtido com a utilização de outros métodos de cálculo do IQA, além do estabelecimento de um escopo de parâmetros e pesos mais representativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition. American Public Health Association. New York, 2005. 1527p.
2. 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.
3. CETESB. Relatório de qualidade das águas superficiais. Apêndice C - Índices de Qualidade das Águas. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo-SP, 2013. 29 p.
4. IPECE. Composição da Região Metropolitana do Cariri – RMCa. Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Fortaleza-CE, 2011.