



**I SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**  
Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico.

---

**ANÁLISE DOS VALORES DO ÍNDICE DE CONFORMIDADE AO ENQUADRAMENTO NO BAIXO RIO DAS VELHAS, SITUADO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO**

*Carolina Cristiane Pinto<sup>1\*</sup>; Ana Luiza Cunha Soares<sup>2</sup>;  
Livia Duarte Ventura Melo<sup>3</sup>; Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira<sup>4</sup>*

**Resumo** – O enquadramento dos corpos de água é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos que visa estabelecer objetivos de qualidade e garantir aos usuários a qualidade necessária aos usos. O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE), desenvolvido pelo *Canadian Council of Ministers of Environment* (CCME), é utilizado para facilitar a compreensão do cumprimento das metas de qualidade estabelecidas para o curso d'água. Este trabalho apresenta uma análise dos valores do ICE na parte baixa da sub-bacia do rio das Velhas em seis estações de monitoramento localizadas na calha do rio das Velhas. Os dados de monitoramento foram obtidos junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). A seleção dos parâmetros utilizados para o cálculo do ICE foi realizada utilizando-se uma análise multivariada, a Análise Fatorial (AF). Os resultados da análise mostraram que todas as estações de monitoramento analisadas encontram-se afastadas dos padrões estabelecidos para Classe 2, apresentando valores de ICE na classe regular, ruim ou péssima. O parâmetro que mais se destacou, apresentando percentual de violação superior a 80%, foi arsênio total. Possivelmente, consequência das atividades de beneficiamento de minério de ouro na calha do rio das Velhas.

**Palavras-Chave** – Qualidade das águas, Índice de Conformidade ao Enquadramento, Sub-bacia do rio das Velhas.

---

<sup>1</sup>Engenheira Química, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Analista Ambiental da Gerência de Monitoramento de Qualidade das Águas no Instituto Mineiro de Gestão das Águas – MG. E-mail: ccristiane15@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Ambiental. Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. E-mail: analulucunha@gmail.com

<sup>3</sup>Engenheira Civil, Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. E-mail: lidventura@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Engenheira Eletricista, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária da UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil. E-mail: silvia@desa.ufmg.br

\*Autor Correspondente

## 1. INTRODUÇÃO

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos importante para se estabelecer objetivos de qualidade e garantir aos usuários a qualidade necessária ao atendimento de seus usos [BRASIL (1997)]. O enquadramento visa assegurar qualidade de água compatível com os usos mais exigentes e diminuir os custos de combate à poluição da água, mediante ações preventivas permanentes. Deve estar baseado não necessariamente na condição de qualidade atual das águas, mas nos níveis que essas deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

O objetivo dos Índices de Qualidade de Água é melhorar a compreensão das questões de qualidade da água, integrando dados complexos e gerando uma pontuação que descreve e avalia as tendências da qualidade da água. Embora algumas informações sejam perdidas durante a integração de múltiplas variáveis de qualidade da água, essa perda é compensada pelo ganho de entendimento dos problemas da qualidade da água por parte dos formuladores de políticas públicas [Cude (2001)].

O Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) foi desenvolvido pelo *Canadian Council of Ministers of Environment* (CCME) para o acompanhamento da qualidade de água em relação às metas de enquadramento [CCME (2001)]. O ICE avalia a distância entre a qualidade da água atual e a meta estabelecida pelo enquadramento de um corpo de água.

Este trabalho teve como objetivo analisar o cumprimento das metas de enquadramento do baixo rio das Velhas, através do cálculo do ICE no período de 2013 a 2015.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Área de estudo

A bacia do rio São Francisco é a terceira bacia hidrográfica do Brasil em extensão territorial e está inserida totalmente em território brasileiro. Trindade (2013), utilizando técnicas estatísticas multivariadas e testes de análise de tendências, analisou os dados de monitoramento da qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio São Francisco, obtidos pelo monitoramento do Programa Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), e identificou a sub-bacia do rio das Velhas como a mais impactada entre as dez Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs) da bacia do rio São Francisco.

A bacia hidrográfica do rio das Velhas está localizada na região central do estado de Minas Gerais e corresponde a UPGRH SF5 (São Francisco 5). O rio das Velhas tem sua nascente principal na cachoeira das Andorinhas, no município de Ouro Preto, numa altitude de aproximadamente 1.500 metros. Toda a bacia compreende uma área de 27.850 km<sup>2</sup>, nos quais o rio principal percorre uma distância de 806,84 km, desaguando no rio São Francisco, em barra do Guaicuí, Distrito de Várzea da Palma, numa altitude de 478 m [CBH RIO DAS VELHAS (2016)]. O rio das Velhas é dividido em trechos, segundo os cursos alto, médio e baixo [Guimarães (1953)].

O enquadramento dos corpos d'água na bacia do rio das Velhas foi instituído pela Deliberação Normativa COPAM nº 20/1997 e continua em vigor até o presente. A Deliberação Normativa nº 05/2004 do CBH Rio das Velhas aprova a modificação do Enquadramento, apresentando uma proposta de reenquadramento dos corpos d'água levando em consideração os objetivos da Meta 2010.

### 2.2 Dados de monitoramento de qualidade das águas

No Estado de Minas Gerais, o monitoramento dos recursos hídricos é realizado pelo IGAM. Em execução desde 1997, o monitoramento permite a avaliação e o acompanhamento da condição da qualidade das águas nas principais bacias hidrográficas do Estado, possibilitando aos órgãos e entidades responsáveis identificarem e implementarem estratégias de aperfeiçoamento de seus instrumentos gerenciais [IGAM (2015)].

Os dados das estações do baixo rio das Velhas com frequência de monitoramento mensal, selecionados para análise do ICE é composto por 6 estações de monitoramento, localizadas na calha

do rio das Velhas. A localização geográfica de cada estação pode ser visualizada na Figura 1. Foram analisados os dados de 36 coletas por estação de monitoramento, entre 2013 e 2015, perfazendo um total de 3.850 observações válidas.

A classe de enquadramento dos pontos analisados é a Classe 2, essas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

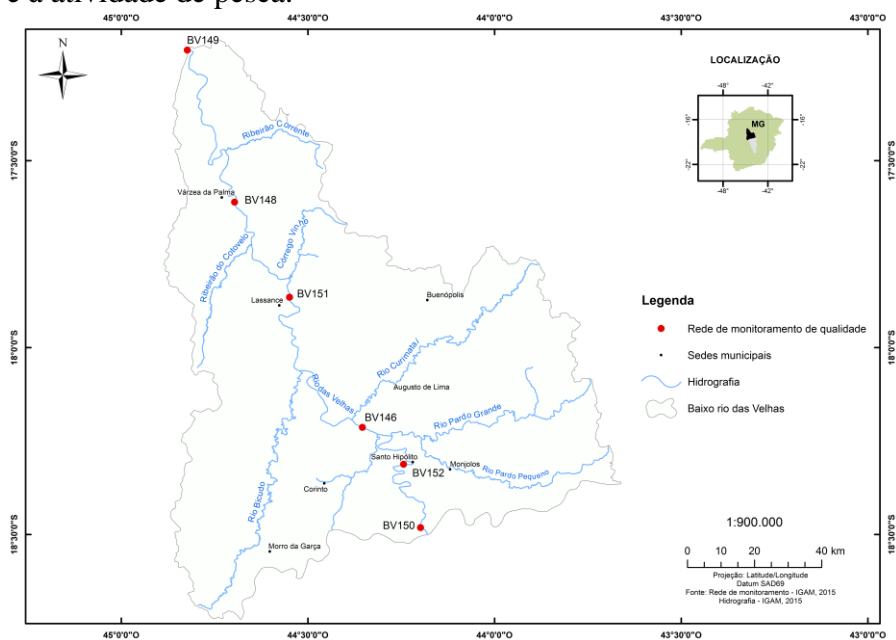


Figura 1 – Baixo rio das Velhas com indicação das 6 estações de monitoramento de qualidade da água no ano 2015.

### 2.3 Identificação dos parâmetros a serem utilizados no cálculo do ICE

Para o cálculo do ICE, a seleção de variáveis de qualidade da água apropriadas para uma determinada região é necessária para obter um índice com resultados significativos. Dessa forma utilizou-se uma análise estatística multivariada, a Análise Fatorial (AF), para identificação dos parâmetros a serem utilizados no cálculo do ICE.

Primeiramente, verificou-se a necessidade de exclusão de parâmetros. Foram calculados os percentuais de dados faltantes e de dados censurados de cada parâmetro de qualidade da água considerando-se os dados das estações e do período selecionado. Analisando-se os resultados simultaneamente, optou-se por eliminar aqueles parâmetros que apresentaram mais de 50% de dados faltantes, procedimento já utilizado em outra pesquisa [Trindade (2013)], e mais de 80% de dados censurados. Critérios importantes, uma vez que a análise multivariada fica prejudicada pelos dados faltantes, em função da consequente eliminação de outros dados. Para a realização das análises, os valores censurados foram considerados iguais aos limites de detecção.

Ademais, o cálculo do ICE exige pelo menos quatro variáveis, amostradas um mínimo de quatro vezes para ser utilizado e os parâmetros selecionados devem apresentar limite legal. Esses critérios também foram levados em consideração na preparação do banco de dados.

A partir dos parâmetros selecionados, a AF foi realizada, utilizando o software *Statistica 10.0*, com o objetivo de identificar os parâmetros mais importantes para a caracterização da qualidade das águas da bacia, ou seja, os parâmetros responsáveis por explicar a maior variabilidade da qualidade da água. Destaca-se que na AF foi utilizado o método de extração por Componentes Principais e rotação *varimax*. A escolha do número de fatores adequados foi realizada segundo o critério

desenvolvido por Kaiser (1958), segundo o qual os fatores com autovalores menores que um são excluídos [Liu *et al.* (2003)]. Enquanto que para a seleção das cargas significativas foi adotada a definição de Liu *et al.* (2003) que consideram cargas maiores que 0,75 fortes. Os parâmetros que apresentaram cargas fatoriais fortes, em cada um dos fatores identificados, foram, então, selecionados para o cálculo do ICE.

## 2.4 Cálculo do ICE

O ICE traduz a combinação de três fatores que representam a desconformidade dos parâmetros monitorados em relação aos limites de classe previstos na Deliberação Normativa Conjunta CERH/COPAM nº 01/08. Esses três fatores representam: a abrangência do impacto causado pela desconformidade, a frequência com que as desconformidades ocorrem e a amplitude da desconformidade, isto é, o desvio em relação ao valor objetivo da variável de qualidade da água.

O índice proposto pelo CCME (2001) é composto pelos fatores:

**Fator 1 - Abrangência/Espaço:** representa a abrangência das desconformidades, isto é, o número de variáveis de qualidade da água que violaram os limites desejáveis pelo menos uma vez no período de observação.

$$F_1 = \left( \frac{\text{Número de variáveis que falharam}}{\text{Número total de variáveis}} \right) \times 100 \quad (1)$$

**Fator 2 - Frequência:** representa a porcentagem de vezes que as variáveis de qualidade da água estiveram em desconformidade em relação ao número de observações, isto é, aos testes para comparar o valor observado com o padrão (critério) estabelecido.

$$F_2 = \left( \frac{\text{Número de testes que falharam}}{\text{Número total de testes}} \right) \times 100 \quad (2)$$

**Fator 3 - Amplitude:** representa a quantidade pela qual o valor testado falhou, isto é, a diferença entre o valor observado e o valor desejado de acordo com o objetivo de qualidade da água. O fator F3 é calculado em três etapas:

1) O número de vezes em que a concentração individual é maior que (ou menor que, quando o objetivo é um mínimo), ou seja, quando o valor do teste não deve exceder o objetivo.

$$\Delta v = \text{variação} = \left( \frac{\text{Valor testado que falhou}}{\text{Objetivo}} \right) - 1 \quad (3)$$

Para os casos em que o valor do teste não deve ser abaixo do objetivo a equação é expressa por:

$$\Delta v = \text{variação} = \left( \frac{\text{Objetivo}}{\text{Valor testado que falhou}} \right) - 1 \quad (4)$$

2) A reunião dos testes individuais que estão fora da conformidade é calculada somando todas as variações individuais que não atenderam aos objetivos e dividindo pelo número total de testes. Esta variável denominada como a soma normalizada das variações, ou snv é calculada da seguinte maneira:

$$\text{snv} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta v_i}{\text{Número total de testes}} \quad (5)$$

3) O valor de F3 é calculado pela soma normalizada das variações dos objetivos (snv), sendo que estas foram reduzidas a uma variável entre 0 e 100.

$$F_3 = \left( \frac{\text{snv}}{0,01 \times \text{snv} \times 0,01} \right) \quad (6)$$

O Índice ICE é calculado da seguinte forma:

$$\text{ICE} = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right) \quad (7)$$

O fator de 1,732 é utilizado, pois cada um dos três fatores individuais pode chegar até 100. Isto significa que o comprimento do vetor pode alcançar:

$$\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2} = \sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173,2 \quad (8)$$

Logo, a divisão por 1,732 faz com que o comprimento do vetor não exceda a 100 e a segunda parcela do CCME WQI fique limitado ao valor 100:

$$\left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732}\right) = \frac{173,2}{1,732} = 100 \quad (9)$$

O valor do ICE varia de 0 a 100, sendo que aqueles próximos de zero indicam uma situação em que a condição do corpo hídrico está muito distante do enquadramento desejado, enquanto que valores próximos de 100 apontam uma situação de conformidade com o enquadramento, considerando-se os parâmetros selecionados para o cálculo do indicador. O resultado do ICE é dividido em cinco categorias, apresentadas de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação do Índice de Conformidade de Enquadramento – ICE

Valor ICE	Classes	Significado
95 < ICE ≤ 100	Ótimo	A qualidade de água está protegida com virtual ausência de impactos. A qualidade da água está muito próxima da condição natural.
80 < ICE ≤ 95	Bom	A qualidade da água está protegida, apresentando apenas um pequeno grau de impacto. A qualidade da água raramente se desvia da condição natural ou dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
65 < ICE ≤ 80	Regular	A qualidade da água está protegida, mas ocasionalmente ocorrem impactos. A qualidade da água se desvia dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.
45 < ICE ≤ 65	Ruim	A qualidade da água é frequentemente afetada. Com frequência os parâmetros de qualidade de água não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.
ICE ≤ 45	Péssimo	A qualidade da água quase sempre está alterada. Os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos pelo enquadramento.

Fonte: Adaptado de IGAM, 2013.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Identificação dos parâmetros a serem utilizados no cálculo do ICE

Os parâmetros a serem utilizados no cálculo do ICE, foram definidos segundo os critérios definidos na metodologia. Dos 63 parâmetros de qualidade da água, somente 29 apresentaram menos de 50% de dados faltantes. Os parâmetros chumbo total, cromo total e cobre dissolvido apresentaram mais de 80% de dados censurados e por isso foram eliminados das análises. Ademais, os parâmetros temperatura do ar e coliformes totais também foram retirados do banco de dados por não serem representativos para avaliação da qualidade da água. Os parâmetros: arsênio dissolvido, condutividade elétrica *in loco*, demanda química de oxigênio, feofitina-*a*, sólidos totais e temperatura da água não possuem limite legal e, por isso, também foram excluídos do banco de dados.

Assim, para o estudo proposto, o banco de dados consolidado do baixo rio das Velhas contém seis estações de monitoramento de qualidade da água localizadas na calha do rio das Velhas, dezoito parâmetros de qualidade da água amostrados em 216 coletas mensais, totalizando 3.850 observações para o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2015.

A partir dos dados selecionados, aplicou-se a AF. Os resultados da AF indicaram os principais parâmetros que caracterizam a qualidade da água nas estações de monitoramento do baixo rio das Velhas, cuja variabilidade explicada foi de 70,48%. O valor das cargas fatoriais de cada parâmetro para cada fator e a variabilidade da qualidade da água explicada por cada fator estão apresentados na Tabela 2.

Para análise do ICE foram utilizados, então, os parâmetros com cargas fatoriais fortes obtidos a partir da AF, quais sejam: clorofila-*a*, densidade de cianobactérias, oxigênio dissolvido, pH *in loco*, sólidos em suspensão total, turbidez, arsênio total, cloreto total, sólidos dissolvidos totais, nitrito, cianeto livre, *Escherichia coli* e zinco total.

# I SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico.

Tabela 2 – Cargas fatoriais dos parâmetros de qualidade da água para cada fator após rotação *varimax* das Componentes Principais, para os dados do baixo rio das Velhas, no período de 2013 a 2015

Parâmetros	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Arsênio total	0,081	0,003	<b>0,848</b>	-0,186	0,039	0,118
Cianeto Livre	0,055	0,063	0,061	-0,063	<b>0,774</b>	0,137
Cloreto total	0,200	-0,147	<b>0,793</b>	0,334	0,037	-0,026
Clorofila a	<b>0,766</b>	0,001	0,307	0,006	0,045	-0,150
<i>Escherichia coli</i>	-0,014	0,222	-0,033	0,076	<b>0,801</b>	-0,133
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,744	0,024	0,199	0,035	0,455	-0,098
Densidade de cianobactérias	<b>0,764</b>	0,091	0,028	0,036	0,030	0,048
Fenóis totais	0,175	-0,043	-0,268	0,376	-0,094	0,511
Fósforo total	0,165	0,615	0,466	0,180	-0,006	-0,014
Nitrato	0,129	-0,022	0,281	0,478	-0,295	-0,283
Nitrito	0,011	-0,128	0,208	<b>0,773</b>	-0,015	-0,064
Nitrogênio amoniacal total	-0,076	0,000	0,005	0,745	0,090	0,065
Oxigênio dissolvido	<b>0,800</b>	-0,201	-0,054	0,023	-0,110	0,010
pH in loco	<b>0,815</b>	-0,293	0,186	-0,046	-0,107	0,051
Sólidos dissolvidos totais	0,191	-0,078	<b>0,795</b>	0,363	-0,023	-0,074
Sólidos em suspensão totais	-0,209	<b>0,897</b>	-0,121	-0,159	0,126	0,107
Turbidez	-0,161	<b>0,834</b>	-0,210	-0,140	0,249	0,017
Zinco total	-0,117	0,104	0,164	-0,151	0,053	<b>0,775</b>
Variabilidade (%)	24,75	13,87	12,18	7,80	6,24	5,64
% acumulada	24,75	38,62	50,80	58,61	64,84	70,48

Negrito e sublinhado – Correlações fortes (valor absoluto maior que 0,75)

### 3.2 Avaliação dos resultados do ICE

A partir da identificação dos parâmetros mais significativos para a qualidade das águas, o cálculo do ICE foi realizado individualmente para cada estação. A Tabela 3 apresenta os resultados do ICE para cada estação de monitoramento analisada no baixo rio das Velhas, ao longo da série histórica de 2013 a 2015. Os parâmetros que mais proporcionaram o afastamento da conformidade ao enquadramento, apresentando os maiores percentuais de violação em relação ao limite legal, para cada estação de monitoramento, podem ser visualizados na Figura 2.

Tabela 3 – Valores de ICE calculados para o período de 2013 a 2015 nas estações de monitoramento localizadas na calha do rio das Velhas na parte baixa da bacia do rio das Velhas.

Anos	Estações de monitoramento					
	BV146	BV148	BV149	BV150	BV151	BV152
2013	65,17	61,05	65,37	67,76	66	63,27
2014	65,86	77,28	69,48	59,57	72,6	71,15
2015	59,63	40,86	55,16	62,33	59,25	58,83

As águas no trecho do rio das Velhas analisado apresentam um nível de qualidade da água afastado dos padrões estabelecidos para Classe 2.

Nas estações BV146, BV149 e BV151 localizadas, respectivamente, a jusante do rio Pardo Grande, a montante da foz no rio São Francisco em Guaicuí e a jusante do córrego do Vinho em Lassance, nota-se que o ICE permaneceu regular durante os anos de 2013 e 2014. E, no ano de 2015, o ICE foi classificado como ruim, indicando que a qualidade da água é frequentemente afetada e com frequência os parâmetros de qualidade de água não atendem os padrões estabelecidos da Classe 2. Em relação à análise do percentual de violação, na estação BV151, comparando-se os anos de 2013, 2014 e 2015, observou-se que houve elevação para os parâmetros arsênio total, clorofila-*a*, densidade de cianobactérias e pH *in loco*. Para as estações BV146 e BV149, com exceção do parâmetro arsênio total, todos os demais parâmetros em desconformidade não apresentaram percentual de violação superior a 50%.

Na estação BV148, localizada na cidade de Várzea da Palma, verifica-se que o ICE foi classificado como ruim em 2013, apresentou uma melhoria no ano de 2014, mas foi classificado como péssimo em 2015, indicando que a qualidade da água quase sempre está alterada e os parâmetros de qualidade frequentemente não atendem os padrões estabelecidos para a Classe 2. Destaca-se que dos

# I SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico.

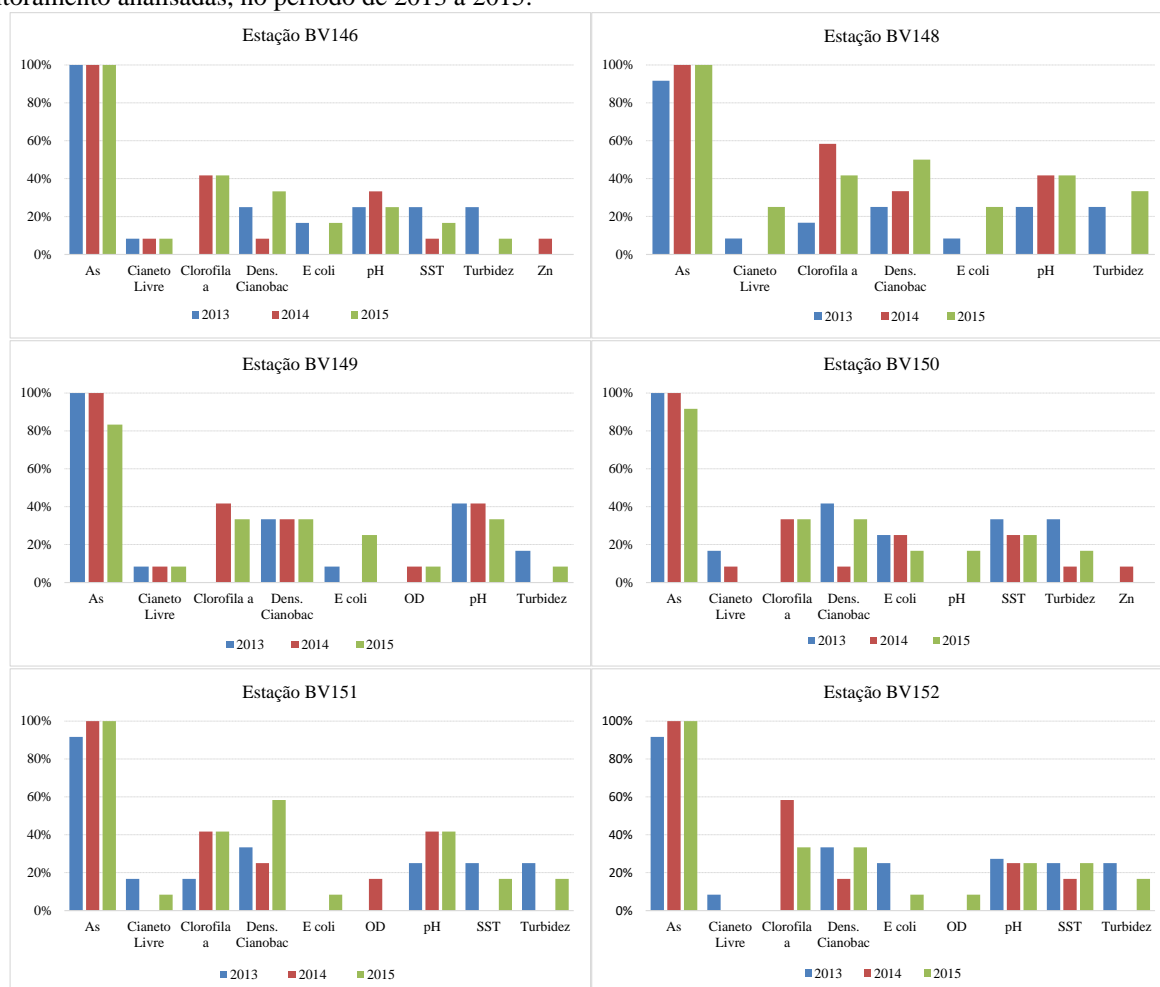
treze parâmetros utilizados, sete apresentaram violação em pelo menos um dos três anos. Os parâmetros com maiores percentuais de violação foram: arsênio total em todos os anos, clorofila-*a* no ano de 2014 e densidade de cianobactérias em 2015.

Na estação BV150, localizada a jusante do rio Paraúna, na localidade de Senhora da Glória, verifica-se que o ICE passou de regular no 2013 para ruim nos anos de 2014 e 2015, indicando que a qualidade da água é frequentemente afetada e que os parâmetros nem sempre atendem os padrões estabelecidos da Classe 2. Assim como nas estações BV146 e BV149 o arsênio total foi o único parâmetro com percentual de violação superior a 50%.

Em relação à estação BV152, localizada entre os Rios Paraúna e Pardo Grande, nota-se que o ICE permaneceu ruim, exceto no ano de 2014. Ressalta-se que o parâmetro arsênio total violou 100% das amostras nos dois últimos anos. E, em 2014, o parâmetro clorofila-*a* violou 58% das amostras analisadas. Os demais parâmetros não apresentaram violação superior a 40% no período analisado.

Em todas as estações de monitoramento analisadas o parâmetro que mais se destacou, apresentando percentual de violação superior a 80%, foi arsênio total, provavelmente, relacionado às atividades de beneficiamento de minério de ouro na calha do rio das Velhas [IGAM (2015)].

Figura 2 – Parâmetros com percentual de violação dos limites de enquadramento em cada uma das estações de monitoramento analisadas, no período de 2013 a 2015.



O trecho do rio das Velhas analisado encontra-se afastado dos padrões estabelecidos para Classe 2, consequência da degradação ambiental observada na bacia. Segundo análise de qualidade da água na bacia do rio das Velhas, realizada por Calazans (2015), as estações localizadas no baixo rio das Velhas são afetadas por poluição difusa por agricultura, solo exposto da região (áreas de pastagem) e

o enriquecimento do meio aquático proveniente da decomposição da matéria orgânica, além de proliferação de algas. Nesse mesmo estudo, as estações do baixo rio das Velhas foram identificadas como uma das que possuem melhor qualidade da água, quando comparadas às demais estações localizadas na sub-bacia, e ainda assim o trecho do curso d'água analisado sequer encontra-se próximo dos padrões estabelecidos pelo enquadramento.

#### 4. CONCLUSÃO

Observa-se uma melhoria do ICE no período de 2013 para 2014 em todas as estações, exceto na BV150. No entanto, no período seguinte todas as estações apresentaram uma deterioração do ICE. Dos treze parâmetros utilizados para o cálculo do ICE, dez apresentaram violações do padrão estabelecido pela legislação para a Classe 2, em pelo menos um dos anos ou uma das estações analisados. O parâmetro que mais se destacou, apresentando percentual de violação superior a 80%, foi o arsênio total, resultado que pode estar associado às atividades de beneficiamento de minério de ouro na calha do rio das Velhas.

#### REFERÊNCIAS

a) Artigo em revista

CUDE, C. G. (2001). Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 37, pp. 125–137.

LIU, Cheng-Wuing; LIN, Kao-Hung; KUO, Yi-Ming. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *The Science of Total Environment*, n. 313, p. 77-89, 2003.

b) Dissertação

GUIMARÃES, A.P. *Paisagem física do Rio das Velhas*. 1953. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1953.

TRINDADE, A. L. C. *Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da Bacia do Rio São Francisco*. 2013. 181 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.

CALAZANS, G. M. *Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba, utilizando técnicas estatísticas multivariadas*. 2015. 196 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2015.

c) Publicação de entidades

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. *Monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Relatório trimestral - 3º trimestre, 2015. 188 p.

d) Site

COMITÊ DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO DAS VELHAS – CBH Velhas. Disponível em <<http://cbhvelhas.org.br/a-bacia-hidrografica-do-rio-das-velhas/>>. Acesso em 30 mar. 2016.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT – CCME. *A Sensitivity Analysis of the Canadian Water Quality Index*. 2006. Disponível em:

<[http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi\\_sensitivity\\_analysis\\_rpt\\_web.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/wqi_sensitivity_analysis_rpt_web.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2016.