

I-008 – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE CICLO COMPLETO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR

Daniele Cristina Talarico⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Meio Ambiente, Águas e Saneamento pela Universidade Federal da Bahia. Assistente de Saneamento da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA)

Luciano Matos Queiroz⁽²⁾

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Professor Adjunto da Universidade Federal da Bahia

Magda Beretta⁽³⁾

Doutora em Química Analítica Ambiental pela Universidade Federal da Bahia. Professora permanente do Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento

Endereço⁽¹⁾: Avenida Jardim Guanabara, S/N – Boa Vista – Vitória da Conquista - BA - CEP: 45026-145 - Brasil - Tel: (77) 3424-7318 - e-mail: danielect1@hotmail.com

RESUMO

A avaliação do desempenho de uma ETA, comumente, é realizada por meio da análise de parâmetros de qualidade da água que não são suficientes para responder questões de ordem: operacional, hidráulica, entre outras. Admitindo como objeto de estudo as ETA Vieira de Melo (VM), Teodoro Sampaio (TS) e ETA Principal, que abastecem a Região Metropolitana da cidade de Salvador - Bahia, bem como, os pontos de captação Joanes I (JO I), Ipitanga I (IP I), Pedra do Cavalo (PC) e Joanes II (JO II), o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do processo de tratamento de água, no período compreendido entre os anos de 2010 e 2014, a partir dos índices de qualidade da água bruta (IQAB) e de qualidade da estação de tratamento de água (IQETA), concomitante aos resultados do índice de conformidade da qualidade da ETA (ICA), utilizado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), e o levantamento de aspectos operacionais e ambientais das ETA estudadas, tais como: o consumo de produtos químicos e as perdas de água na manutenção das ETA. Constatou-se que tanto o IQAB quanto o IQETA, na forma de produtivo, são mais susceptíveis a menores valores de alguns parâmetros. Quanto ao grau de associação entre IQAB, consumo de produtos químicos (PQ), e o Índice de Perdas de Água no Tratamento (IPTR), confirmou-se a assertiva de que a depreciação da qualidade da água no manancial é acompanhada pelo aumento do consumo de PQ e elevação do IPTR. Quanto à aplicação do IQETA, nas ETA VM e Principal verificou-se que quanto maior a vazão de operação, menor o IQETA e, na ETA TS, constatou-se o inverso, ou seja, quanto maior a vazão, melhor o desempenho hidráulico da ETA. Quando hierarquizados, os resultados de IQETA mostram que a ETA Principal, após a ampliação da unidade de floculação, registrou o melhor desempenho, entre as três ETA estudadas, e a ETA TS, o pior desempenho hidráulico do período. Embora, seja difícil estabelecer hierarquias absolutas no tratamento de água, a aplicação dos índices de qualidade IQAB e IQETA na avaliação do desempenho das ETA, se mostrou apropriada, podendo ser usados para transformar dados de exploração em informação de apoio à tomada de decisão por parte dos gestores.

PALAVRAS-CHAVE: Água de abastecimento, Desempenho operacional, Índices de qualidade, Tratamento de água.

INTRODUÇÃO

O crescente número de parâmetros de qualidade, seguido de limites cada vez mais restritivos dos padrões de potabilidade, associado à degradação da qualidade da água nos mananciais e as limitações tecnológicas dos sistemas de tratamento de água comumente adotados, compõem o quadro complexo do abastecimento de água potável no Brasil.

Essa complexidade exige dos prestadores dos serviços de abastecimento de água posturas mais proativas no que tange a adequação e enquadramento dos sistemas as novas exigências impostas. Muitas dessas ETA enfrentam problemas de sobrecarga hidráulica, consequência do aumento da demanda de água potável, não

acompanhada da ampliação das unidades, além das dificuldades na tratabilidade da água, advinda do decaimento da qualidade da água nos mananciais de abastecimento.

Geralmente, a avaliação do desempenho da ETA se norteia pela qualidade do efluente tratado ou, em outras palavras, pelo tempo de operação da unidade durante o qual a água tratada atende às premissas estabelecidas pelo Ministério da Saúde. No entanto, dependendo do objetivo e do nível de detalhamento que se deseja obter, a avaliação do desempenho de uma ETA via parâmetros de qualidade não é suficiente para responder questões de ordem operacional, hidráulica, entre outras.

Nesses casos, o uso de ferramenta de avaliação, como os índices de tratabilidade da água e de avaliação do desempenho da ETA, baseados em grupos de variáveis-chave, disponíveis na rotina de monitoramento da estação, pode ajudar no enfrentamento dos desafios de ordem estrutural e estruturante, que se colocam fundamentalmente na melhoria do desempenho das infraestruturas existentes, na tomada de decisão das prioridades de investimento e na produção de informação de apoio que auxilie na tomada de decisão.

Desse modo, a aplicação de índices de qualidade, como o Índice de Qualidade da Água Bruta – IQAB (SOUZA, 2008) e o Índice de Qualidade da Estação de Tratamento de Água - IQETA (LOPES, 2005; ALMEIDA, 2009), se justifica de modo a auxiliar os operadores, gestores e autoridades ligadas a esses serviços a atingir um nível de qualidade que melhor atenda as expectativas dos usuários, respeite a legislação em vigor e aproxime as metas de desempenho dos valores internacionalmente reconhecidos como satisfatórios.

A opção pelos índices IQAB e IQETA, face a outros índices de qualidade como, por exemplo, o Índice de Qualidade de Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público (IAP), utilizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), se deve ao fato de que tanto o IQAB quanto o IQETA foram desenvolvidos, especificamente, para aplicação em ETA que empreguem a tecnologia de ciclo completo de tratamento de água.

Nesse contexto, frente ao cenário de degradação da qualidade da água nos mananciais, as crescentes exigências legais de qualidade da água potável e o aumento da demanda, a proposta desse trabalho é avaliar o desempenho do processo de tratamento de água em três ETA de ciclo completo que abastecem a Região Metropolitana de Salvador (RMS), as ETA Vieira de Melo (VM), Teodoro Sampaio (TS) e ETA Principal, no período entre os anos de 2010 e 2014, nas quais se pretende discutir, a partir dos índices IQETA e IQAB, as limitações hidráulicas e de tratabilidade da água, concomitante ao levantamento de alguns aspectos ambientais da ETA, tais como: o consumo de produtos químicos empregados no tratamento e as perdas de água na manutenção da ETA (lavagem de filtros e descarga de decantadores).

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA-BA).

MATERIAL E MÉTODOS

OBJETO DE ESTUDO

A área de estudo foi composta por três ETA que fazem parte do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Salvador (SIAA RMS), denominadas: ETA Vieira de Melo (VM), Teodoro Sampaio (TS) e ETA Principal. As ETA VM e TS são responsáveis pelo abastecimento de 33% da população da cidade do Salvador, com uma vazão média de produção de 3,0 m³/s, de acordo com dados do Sistema de Informação de Controle Operacional de Água e Esgoto - COPAE (EMBASA, 2015).

A ETA VM entrou em operação no ano de 1963 e a TS no ano de 1972 e estão localizadas no Parque da Bolandeira, na cidade de Salvador. Entre os anos de 1976 e 1986, ambas passaram por reformas e ampliações da capacidade nominal. Atualmente, cada uma pode tratar até 2,5 m³.s⁻¹, no entanto, devido à deterioração da qualidade da água nos mananciais que as abastecem (rios Joanes e Ipitanga, a partir de captação nas barragens Joanes I e Ipitanga I), operam com vazão reduzida na maior parte do ano.

A ETA Principal, construída em 1991, está localizada no Km 35 da BR-324, próximo à localidade conhecida por Menino Jesus, zona rural do município de Candeias - BA. A água bruta é oriunda dos seguintes

mananciais: rio Paraguaçu, rio Joanes e rio Jacuípe, por meio dos sistemas adutores de Pedra do Cavalo, Joanes II e Santa Helena, respectivamente, sendo que o sistema adutor de Santa Helena, com captação no rio Jacumirim, atualmente, só é utilizado em caso de nível crítico da barragem Joanes II.

CRITÉRIOS DE CÁLCULO DO IQETA E DO IQAB

Os cálculos dos IQAB e IQETA somatório e produtivo foram realizados por meio das equações 1, 2, 3 e 4, sendo que, as equações 1 e 2 foram propostas por Souza (2008) e as equações 3 e 4 por Lopes (2005).

IQAB somatório	$IQAB = \sum_{i=1}^n w_i q_i$	equação (1)
IQAB produtivo	$IQAB = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$	equação (2)
IQETA somatório	$IQETA = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n w_j Q_j \right)_i$	equação (3)
IQETA produtivo	$IQETA = \prod_{i=1}^N \left(\prod_{j=1}^n Q_j^{w_j} \right)_i$	equação (4)

Nas quais:

w_i = peso atribuído a cada parâmetro de forma que $\sum w_i = 1$;

w_j = peso conferido a cada parâmetro definido por meio de uma pesquisa de opinião junto a especialistas;

q_i = pontuação atribuída ao parâmetro observada nas curvas de qualidade;

Q_i = nota atribuída à estação para cada parâmetro selecionado segundo determinado critério desenvolvido;

j = cada parâmetro incluído no índice – para o IQAB; cada grupo que constitui o índice (Floculação,

Decantação e Filtração) – para o IQETA;

n = número de parâmetros – para o IQAB; número de parâmetros incluídos em cada grupo – para o IQETA;

N = número total de grupos que constitui o índice.

Quando utilizada a fórmula do produtivo, a menor pontuação recebida por um parâmetro é igual a um ponto, para que os parâmetros da qualidade da água captada e da ETA não apresentem valores nulos nos cálculos. Além disso, para as variáveis de controle do IQETA e os respectivos pesos dessas utilizou-se a sugestão de otimização do IQETA, proposta por Almeida (2009), de acordo com os critérios e valores mostrados na Tabela 1.

Tabela 1: Relação de parâmetros que compõe o IQETA e respectivos pesos

GRUPO	PARÂMETRO	PESO
Floculação	Gf/Tf - gradiente de velocidade floculação / tempo de floculação.	0,21
	Gp - gradiente de velocidade nas passagens entre câmaras.	0,07
	Nc - número de câmaras.	0,04
	Vc - velocidade média de escoamento canal de água floculada.	0,04
Decantação	Gcom - gradiente de velocidade médio nas comportas de acesso ao decantador.	0,06
	Gcor - gradiente velocidade através dos orifícios distribuição da água floculada.	0,07
	Vs - velocidade de sedimentação (taxa de aplicação superficial).	0,12
	VL - velocidade longitudinal de escoamento.	0,06
	QL - vazão linear de coleta de água decantada.	0,09
Filtração	Tfilt - taxa de filtração.	0,13
	Exp/Vasc - expansão do leito filtrante ou velocidade ascensional de lavagem.	0,06
	Laux - lavagem auxiliar.	0,05

A Tabela 2 mostra os parâmetros e os respectivos pesos das variáveis do IQAB. As curvas de variação da pontuação de cada parâmetro constituinte do índice desenvolvidas por Souza (2008).

Tabela 2: Parâmetros e pesos que compõe o IQAB

PARÂMETRO INTEGRANTE DO IQAB	PESO
Turbidez	0,22
Cor verdadeira	0,19
pH	0,12
Cianobactérias	0,11
Algas ou clorofila “a”	0,10
<i>E. coli</i> / CTE	0,09
Fe	0,09
Mn	0,08

A base de dados secundários para a aplicação do IQAB foi disponibilizada pelo Departamento de Controle da Qualidade da EMBASA – TSQ, que é responsável por monitorar a qualidade da água nos pontos de captação de água bruta, afluentes as ETA Vieira de Melo, Teodoro Sampaio e ETA Principal. Para a coleta dos dados necessários à aplicação do índice IQETA, utilizou-se uma combinação de técnicas, envolvendo a pesquisa documental, inspeção de campo, estudo de base de dados primários, e estudo de base de dados secundários.

Os resultados de acompanhamento da evolução do ICA durante o período entre os anos de 2010 a 2014 foram consultados na página da *intranet* da EMBASA por meio do Sistema Extrator da Qualidade da Água / ICA ETA e catalogados por mês e por ETA de interesse. Além do levantamento de dados que compõe os índices IQAB, IQETA e ICA foram catalogados dados de perdas de água na manutenção do processo produtivo das ETA e dados de consumo de produtos químicos usados no tratamento da água.

RESULTADOS

A Figura 1 mostra a distribuição mensal dos valores do ICA obtidos no período entre os anos de 2010 e 2014 nas três ETA estudadas.

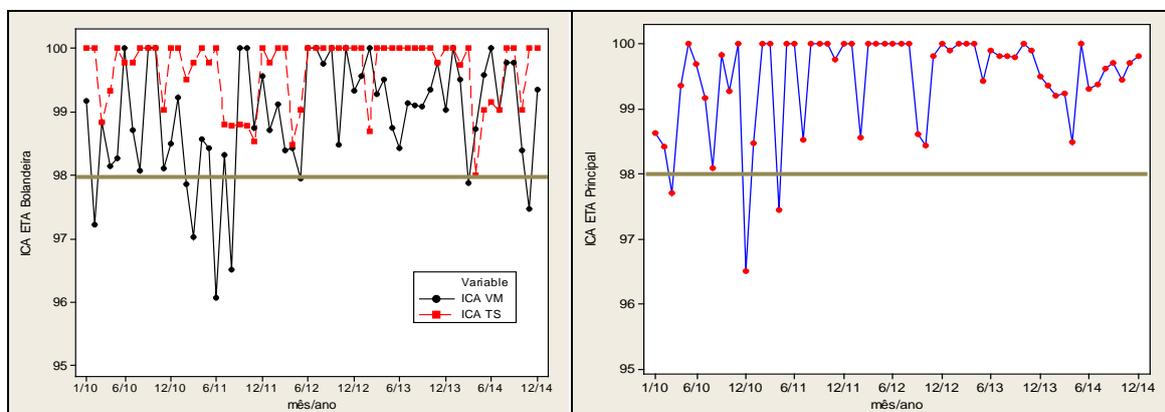


Figura 1: Resultados de ICA nas ETA do Parque da Bolandeira (VM e TS) e na ETA Principal no período entre os anos de 2010 e 2014.

Os resultados apresentados na Figura 1 evidenciam que na maior parte do período avaliado o ICA se manteve acima da meta da EMBASA, ou seja, com valores superiores a 98% de índice de conformidade. Na ETA TS a meta foi atingida em 100% dos 60 meses do período, e nas ETA VM e Principal esse percentual foi alcançado em 87% e 95% dos meses, respectivamente. Portanto, os valores do ICA das ETA do Parque da Bolandeira (VM e TS) e da ETA Principal indicaram que os processos de tratamento de água dessas unidades possuem bom desempenho nos quesitos avaliados.

A fim de elucidar algumas das questões que circundam o desempenho da ETA frente às variações da qualidade da água no manancial de abastecimento, e as limitações hidráulicas, físicas e tecnológicas das unidades, foram aplicados os índices IQAB e IQETA, além de uma análise conjunta dos índices com variáveis do processo de tratamento.

O IQAB foi aplicado a partir dos dados da qualidade da água bruta afluyente a estações de tratamento de água de ciclo completo estudadas, entre os anos de 2010 e 2014, nas formas de produtório e somatório, nos pontos de captação dos mananciais Joanes I e Ipitanga I, que abastecem as ETA VM e TS, e nas captações do Joanes II e Pedra do Cavalo, que abastecem a ETA Principal. A Tabela 3 mostra um resumo dos resultados obtidos a partir da aplicação do índice.

Tabela 3: Resumo descritivo da aplicação do IQAB somatório e produtório nas captações JO I, IP I, JO II e PC, no período entre os anos de 2010 e 2014.

Parâmetro	N	Max.	Min.	Mediana	Q1 (25%)	Q3 (75%)	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Coef. Var. (%)
JO I - somatório	10	86,5	73,0	79,7	77,0	82,4	79,4	4,3	1,4	5%
JO I - produtório	10	85,7	61,7	75,7	71,3	79,8	75,2	6,8	2,2	9%
Diferença percentual entre IQAB somatório mínimo e IQAB produtório mínimo no JO I										15,5%
IP I - somatório	10	89,9	78,3	83,8	80,2	86,3	83,5	3,8	1,2	5%
IP I - produtório	10	88,9	73,9	80,9	75,5	84,6	80,5	5,2	1,6	6%
Diferença percentual entre IQAB somatório mínimo e IQAB produtório mínimo no IP I										5,6%
JO II - somatório	10	87,8	68,6	80,1	76,1	85,3	79,8	6,1	1,9	8%
JO II - produtório	10	86,1	65,4	77,7	74,5	83,5	77,8	6,7	2,1	9%
Diferença percentual entre IQAB somatório mínimo e IQAB produtório mínimo no JO II										4,7%
PC - somatório	10	84,9	71,4	80,5	77,0	81,3	79,0	4,5	1,4	6%
PC - produtório	10	82,8	61,9	74,7	68,4	79,0	73,6	6,8	2,1	9%
Diferença percentual entre IQAB somatório mínimo e IQAB produtório mínimo na PC										13,3%

Observa-se que os valores de IQAB somatório, para um mesmo ponto de amostragem, foram sempre superiores aos de IQAB produtório. Os valores de IQAB mínimo, calculados pela equação do produtório, nas captações do JO I e PC são ligeiramente inferiores aos calculados pelo somatório.

Essa verificação corrobora a assertiva de que o cálculo do índice a partir da equação do produtório é mais susceptível a valores menores de pontuação de alguns parâmetros, mesmo de menor peso, quando comparado ao somatório. Souza e Libânio (2009), após aplicação do IQAB à água bruta afluyente a cinco ETA de ciclo completo, situadas no estado de Minas Gerais, apontaram para a maior suscetibilidade da forma de IQAB produtório aos efeitos sazonais da qualidade da água, recomendando essa formulação como ferramenta de avaliação da tratabilidade do afluyente às ETA. Observaram, também, que a distinção entre os resultados do IQAB somatório e produtório tendem a ser menos evidente para águas de melhor qualidade.

A aplicabilidade do IQAB, nas formas de somatório e produtório, nas ETA estudadas foram comparadas com a variação de consumo de produtos químicos nessas unidades. A hipótese é que quanto pior a qualidade da água no manancial maior o consumo de produtos químicos empregados. A Figura 2 mostra os diagramas de dispersão dos dados correlacionados.

Como pode ser observado nos gráficos da Figura 2.a, existe uma forte tendência de correlação entre o IQAB JO I e o consumo de produtos químicos nas ETA VM e TS. O maior grau de associação entre o IQAB do JO I e o consumo de produtos químicos nas ETA VM e TS já era esperado, pois, a captação no JO I compõe aproximadamente 87% e 82% do volume de água bruta afluyente as ETA VM e TS, respectivamente, enquanto que o IP I representa aproximados 13% e 18% do volume afluyente as respectivas ETA. Logo, o consumo de produtos químicos no tratamento de água das ETA VM e TS tende a ser mais influenciado pela qualidade da água do JO I do que do IP I, pelo fato do primeiro compor a maior parte da vazão afluyente em ambas as ETA.

No que concerne a correlação entre IQAB no JO II e o IQAB na PC versus o consumo de produtos químicos na ETA Principal, verifica-se que não há uma tendência de linearidade entre os dados, traduzidos pelos baixos valores de correlação linear entre essas variáveis, sugerindo estas são estatisticamente independentes.

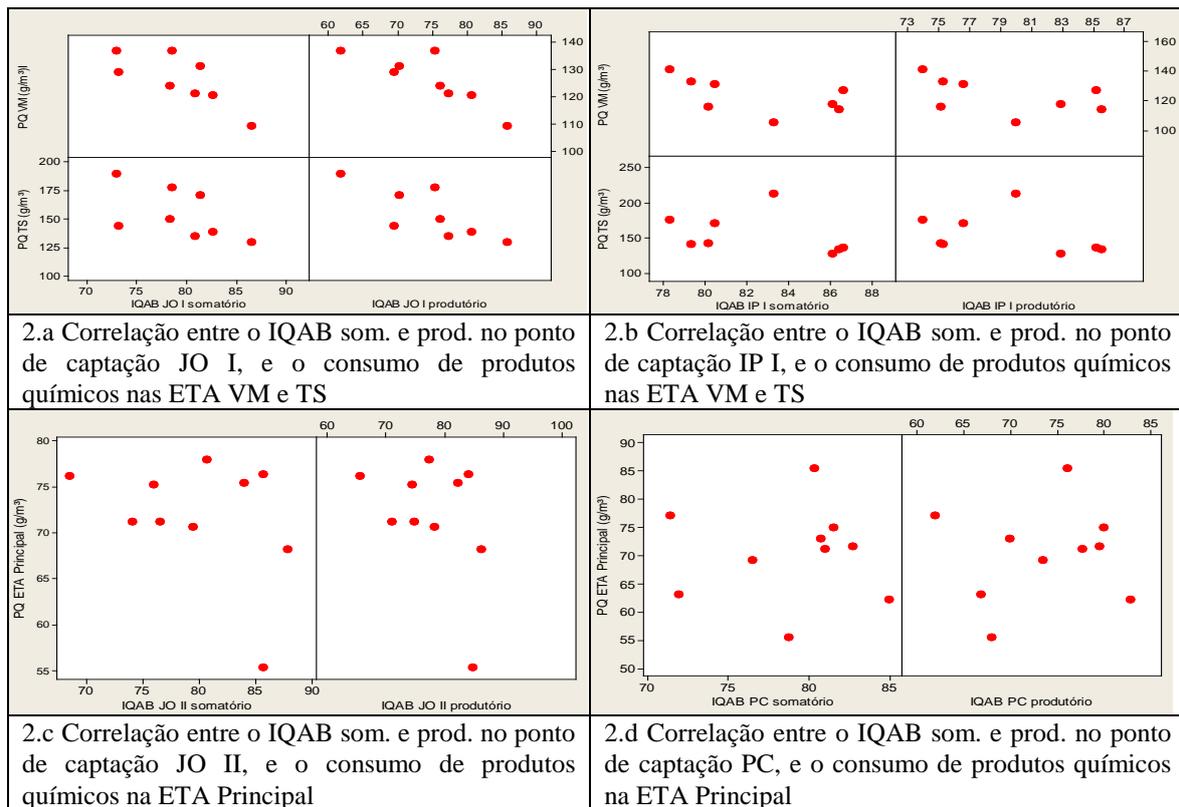


Figura 2: Correlação entre o IQAB somatório e produtório, por ponto de captação, e o consumo de produtos químicos por ETA, entre os anos de 2010 e 2014.

Outro parâmetro considerado pertinente na verificação da aplicabilidade do IQAB nas ETA estudadas foi o Índice de Perda no Tratamento (IPTR), que tem como princípio básico o argumento de que uma piora da qualidade da água no manancial deve ser seguida do aumento das perdas de água no processo de tratamento, ou seja, a qualidade da água corrobora nas perdas operacionais que, em ETA de ciclo completo, são relativas à lavagem de filtros e descarga de decantadores para remoção do lodo. A fim de verificar tal assertiva os dados de IQAB, nas formas de somatório e produtório, foram correlacionados com os dados de IPTR das ETA estudadas. A Figura 3 mostra os diagramas de dispersão dos dados correlacionados.

Como pode ser observado nos gráficos da Figura 3, com exceção do resultado de correlação entre o IQAB produtório no JO I e o índice de perdas nas ETA do Parque da Bolandeira (Figura 3.a), que apresentou grau de associação entre essas variáveis de, aproximadamente, $-0,623$, com escore do p valor em $0,054$, os demais resultados não demonstraram uma tendência de correlação entre o IQAB e o IPTR. Diante dos resultados de IQAB, somatório e produtório, nos pontos de captação e do consumo de produtos químicos e IPTR nas ETA que compõe esse estudo, a premissa de que a piora da qualidade da água no manancial de abastecimento é acompanhada, concomitantemente, pelo aumento do consumo de produtos químicos no tratamento de água e pela elevação do IPTR na ETA, pôde ser verificada com maior grau de associação entre a captação do JO I e as ETA VM e TS e, em menor grau, entre a captação do IP I e as ETA em questão. Em relação às captações de PC e JO II e a ETA Principal, essa assertiva não foi confirmada.

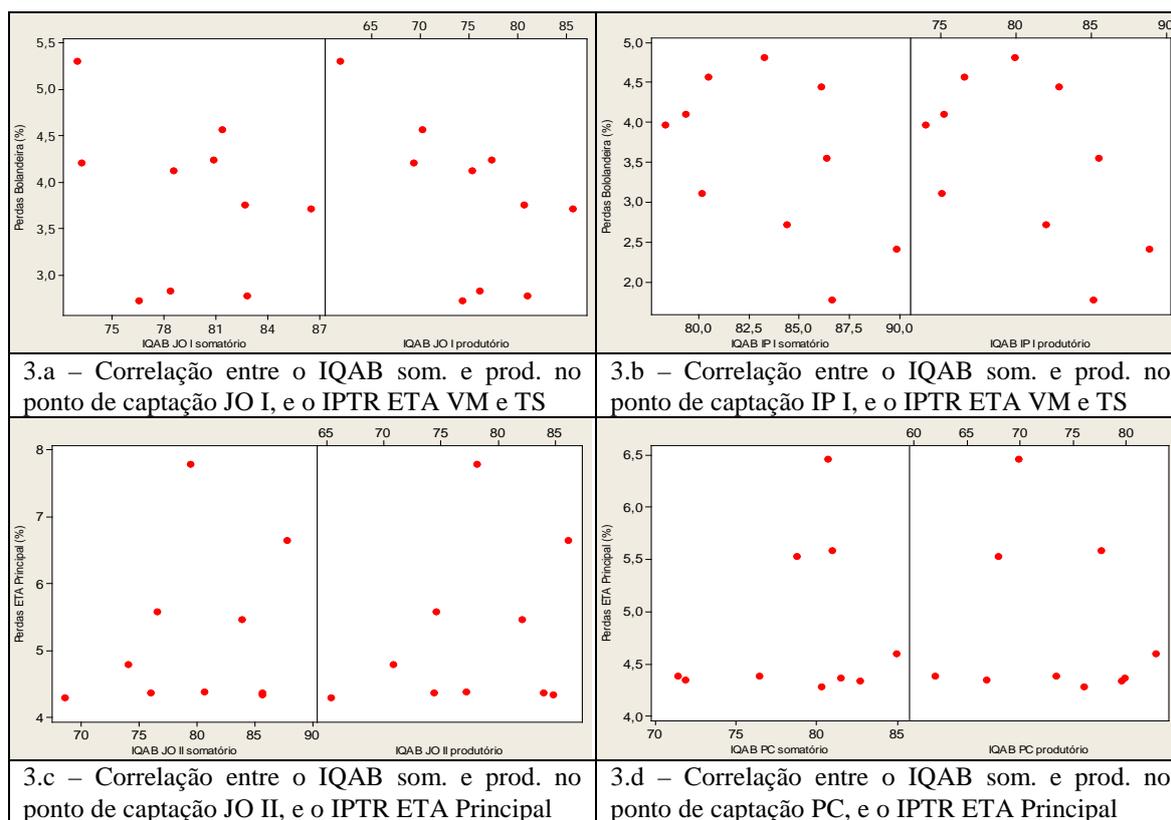


Figura 3: Correlação entre o IQAB somatório e produtório, por ponto de captação, e o IPTR nas ETA do Parque da Bolandreira e na ETA Principal, no período entre os anos de 2010 e 2014.

Quanto à aplicação do IQETA, a Tabela 4 mostra um resumo descritivo dos valores de vazão afluyente as ETA estudadas e os valores obtidos pela aplicação do IQETA somatório e IQETA produtório. Observa-se que os valores do IQETA somatório, para uma mesma ETA, foram sempre superiores aos do IQETA produtório. Essa constatação corrobora com a assertiva de que o cálculo do índice a partir da equação do produtório é mais susceptível a valores de pontuação mais baixa de alguns parâmetros, mesmo de menor peso, quando comparado ao somatório.

Tabela 4: Resumo descritivo das vazões e dos valores de IQETA somatório e produtório nas ETA VM, TS e Principal, no período entre os anos de 2010 e 2014.

Parâmetro	ETA Principal			ETA VM			ETA TS		
	IQETA som.	IQETA prod.	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	IQETA som.	IQETA prod.	Vazão (m ³ .s ⁻¹)	IQETA som.	IQETA prod.	Vazão (m ³ .s ⁻¹)
N	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Máximo	87,5	71,6	8,0	85,1	69,9	2,6	84,7	68,0	1,7
Mínimo	75,8	59,7	6,7	79,7	64,6	2,0	74,3	54,3	0,9
Mediana	77,9	62,1	7,3	84,3	69,1	2,1	79,3	62,8	1,3
Média	79,8	63,9	7,3	84,1	68,9	2,1	79,8	63,2	1,3
Desvio Padrão	4,1	4,2	0,3	1,0	1,0	0,1	2,1	2,6	0,2
Erro Padrão	0,5	0,5	0,04	0,1	0,1	0,01	0,3	0,3	0,02
Coef Var (%)	5%	7%	5%	1%	1%	5%	3%	4%	12%

Lopes (2005), após aplicação do IQETA em 10 ETA de ciclo completo, dos estados de Minas Gerais e São Paulo, observou que as ETA com melhor desempenho apresentavam resultados de IQETA somatório bem próximos aos obtidos com o IQETA produtório para todos os parâmetros.

Nas ETA VM e Principal, verificou-se que quanto maior a vazão de operação, menor o resultado de IQETA e, portanto, pior o desempenho hidráulico das ETA. Por outro lado, para ETA TS, constatou-se que quanto maior

a vazão de adução da ETA maior o IQETA e, conseqüentemente, melhor o desempenho hidráulico. Isso se deve ao fato de que a ETA TS opera com vazão bem inferior ao do projeto.

Quando se hierarquizam os resultados de IQETA, verifica-se que a ETA Principal, após a ampliação da unidade de floculação, registrou o melhor desempenho dentre as três ETA estudadas, seguida pela ETA VM e, por último, pela ETA TS, que apresentou o pior desempenho hidráulico no período.

CONCLUSÕES

As análises e observações feitas ao longo desse trabalho, no que se refere a avaliação do desempenho do processo de tratamento de água a partir da aplicação dos índices de qualidade IQAB e IQETA, nos pontos de captação dos reservatórios JO I, IP I, PC e JO II, e nas ETA VM, TS e Principal, respectivamente, no período entre os anos de 2010 e 2014, frente às limitações de tratabilidade da água e hidráulicas desses sistemas, permitiu concluir que:

Quanto ao ICA, os resultados do índice evidenciaram que as ETA do Parque da Bolandeira (VM e TS) e ETA Principal têm apresentado um bom desempenho no quesito conformidade da qualidade da água tratada no atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Durante o período estudado, o ICA manteve-se na maior parte do tempo acima da meta estabelecida pela EMBASA que é de ICA mínimo de 98%.

Com relação ao cálculo do IQAB, verificou-se que a equação do produtório é mais susceptível aos valores de menor pontuação de alguns parâmetros, mesmo de menor peso, quando comparado ao cálculo usando a expressão do somatório. Nos casos em que os valores dos parâmetros de qualidade da água foram mais constantes, evidenciou-se uma tendência de equalização dos valores de IQAB nas formas de somatório e produtório, ou seja, houve uma menor variação dos resultados encontrados entre uma campanha e outra de amostragem, o que também já havia sido verificado por outros pesquisadores.

Quanto ao grau de associação entre o IQAB e o consumo de produtos químicos nas ETA, constatou-se uma forte tendência de correlação entre o IQAB JO I e o consumo de produtos químicos nas ETA VM e TS, com maior correspondência linear entre o IQAB produtório e o consumo de produtos químicos na ETA VM, com r de Pearson igual a 0,84.

No que tange a correlação entre o IQAB e o IPTR nas ETA, com exceção do resultado entre o IQAB produtório no JO I e o IPTR nas ETA do Parque da Bolandeira, com valor de r de Pearson igual a -0,623, os demais resultados não demonstraram uma tendência de correlação linear, sendo que, o grau de associação entre essas variáveis foi pouco significativo.

Com relação a análise conjunta dos dados de IQAB, consumo de produtos químicos e IPTR, a assertiva de que a piora da qualidade da água no manancial seja acompanhada, concomitantemente, pelo aumento do consumo de produtos químicos e pela elevação do IPTR, se confirmou entre a captação do JO I e as ETA VM e TS, mostrando-se significativa nesses sistemas. No entanto, a mesma afirmativa não foi verificada entre os resultados de IQAB nas captações do IP I, PC e JO II versus o consumo de produtos químicos e elevação do IPTR nas respectivas ETA (VM, TS e ETA Principal), sugerindo que existam outras variáveis com maior grau de influência do que essas.

No que concerne a avaliação do desempenho hidráulico das ETA, a partir da aplicação do IQETA, constatou-se que a vazão se configura na variável chave do índice e que as demais variáveis se derivam dessa, bem como a própria variação do desempenho.

Embora seja difícil estabelecer hierarquias absolutas no tratamento de água, a utilização dos índices, IQAB e IQETA, na avaliação da tratabilidade da água e do desempenho hidráulico da ETA, se revelaram como boas ferramentas de avaliação que podem ser usadas para transformar dados de exploração em informação de apoio à tomada de decisão ao nível operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, J. M. e S. Otimização do índice de qualidade de estação convencional de tratamento de água (IQETA) por meio de análise estatística multivariada. 2009. 84 p. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia da UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
2. EMBASA. Manual do controle operacional de água e esgoto. Salvador: COPAE -Embasa, 2015. Não publicado.
3. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008. 219p. Rio de Janeiro. 2010.
4. LOPES, V. C. Proposição de um índice para avaliação do desempenho de estações convencionais de tratamento de água. 2005. 217p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
5. SOUZA, M. E. T. A. Proposição de um índice de qualidade da água bruta afluyente a estações convencionais de tratamento de água. 2008. 117p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
6. SOUZA, M. E. T. A.; LIBÂNIO, M. Proposta de índice de Qualidade para Água Bruta afluyente a estações convencionais de tratamento. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 14, n. 4, p. 471-478, 2009.