

# METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO E ANÁLISE DO DESEMPENHO DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL PRODUZIDA PELOS SAA

*Data de aceite: 01/04/2024*

### **Rodrigo Antonio Pinto de Melo**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Desenvolvimento de Processos Químicos e Bioquímicos (UFPE). Analista de Regulação da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco (Arpe)

### **Cícero Henrique Macêdo Soares**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor em processos Catalíticos e Reatores Químicos (UFPE). Analista de Regulação da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco (Arpe)

### **João Paulo Barbosa da Costa**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Civil (UFPE). Analista de Regulação da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco (Arpe)

### **Emanuele Ferreira Gomes**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UFCG). Analista de Regulação da Agência de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado de Pernambuco (Arpe)

**RESUMO:** O presente trabalho visa mostrar a aplicação de um sistema de indicadores de desempenho para a avaliação da qualidade da água potável distribuída pelos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e sua funcionalidade em relação a regulação técnica do prestador de serviço em saneamento básico. Quatro parâmetros foram escolhidos para avaliar a qualidade da água de forma sistemática para o SAA, são eles: Turbidez, Cloro Residual Livre, Coliformes Totais e Escherichia coli. Foram estabelecidos indicadores de não conformidades de amostras analisadas para os parâmetros selecionados e que visam verificar os padrões estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde, e um indicador que objetiva resumir a informação de todos os outros em uma única, intitulado de Índice de Qualidade da Água Potável (IQAP). A mensuração dos indicadores foi realizada na saída do tratamento (st) e na rede de distribuição (rd), permitindo a avaliação da qualidade da água potável nas duas posições de formas independentes, proporcionando uma melhor identificação e localização dos problemas. Em termos de abrangência espacial do indicador, o cálculo foi realizado primeiro em suas menores

dimensões, depois expandido através da soma dos dados ou médias para dimensões maiores. Como resultado, foi possível averiguar as deficiências e o desempenho dos SAA, auxiliando a agência na tomada de decisão e na atuação através da regulação por exposição, propiciando intercambialidade e dinamismo das Entidades Públicas responsáveis por garantir a qualidade da água potável fornecida pelos SAA.

**PALAVRAS-CHAVE:** Padrões de Potabilidade. Qualidade. Indicadores de Desempenho. Regulação por Exposição.

## INTRODUÇÃO

Estabelecendo um breve contexto histórico sobre a qualidade da água para consumo humano no Brasil, já conseguimos perceber a preocupação das autoridades em saúde pública sobre a qualidade da água potável através da criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP), criado pela lei nº 3.987 na década de 1920. Em meados de 1961, o Governo Federal publicou o Decreto nº 49.974/1961 regulamentando a Lei nº 2.314/1954, adicionando novos dispositivos para vigilância sanitária e ambiental (Alves *et al.*, 2023). O marco legal de uma gestão mais eficiente e eficaz em relação a qualidade da água potável teve início com a publicação do Decreto Federal nº 79.367 de 09 de março de 1977, que atribui ao Ministério da Saúde a competência de definir padrões, produzir normativos e fiscalizar seu cumprimento, no intuito de implementar a gestão da potabilidade da água para consumo humano. Neste mesmo ano, o Ministério da Saúde Publicou a Portaria nº 56/BSB de 14 de março de 1977, o primeiro dispositivo sobre qualidade da água para consumo humano (Bastos, 2023). Com o passar dos anos a Portaria sofreu algumas revisões e em 2017, o Ministério da Saúde agrupou suas diversas normas na Portaria de Consolidação nº 5 e a Portaria 2.914/2011 é incorporada como Anexo XX. A próxima revisão aconteceu em 2020 e o resultado foi a publicação da Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, a qual é atual norma vigente sobre a qualidade da água para consumo humano.

Analisando a Portaria GM/MS Nº 888, ficam estabelecidas as duas atividades básicas para se garantir os padrões da qualidade da água potável: o **controle** e a **vigilância** da água. A atividade de controle é de responsabilidade por quem opera o SAA, e a vigilância fica a cargo das autoridades de Saúde Pública. As Agências Reguladoras infranacionais não executam papel de vigilância da água, sua forma de agir é definida pelo marco legal do saneamento básico, no qual fica claro que um de seus papéis principais é como condicionadora de metas contratuais ou aquelas estabelecidas através dos Planos de Saneamento Básico ou Instrumentos Normativos. Perante esse aspecto peculiar de funcionalidade, a utilização de dados do processo para desenvolver técnicas de avaliação de desempenho do prestador de serviço para posteriori comparação com metas, valores de referência ou técnicas de *benchmarking* torna-se uma das principais ferramentas do analista de regulação.

Os prestadores de serviço em saneamento básico ao operar os Sistemas de Abastecimento de Água têm por obrigação fornecer água que esteja enquadrada nos padrões de potabilidade estabelecido pela legislação vigente. Avaliar o desempenho dos SAA na produção da água nos padrões de potabilidade, considerando todas as anomalias possíveis, envolve uma infinidade de parâmetros que torna esta tarefa bastante complicada devido a quantidade de medições e métodos que devem ser empregados para medir todos os principais parâmetros envolvidos em sua avaliação. Ao se trabalhar com indicadores de desempenho, surge a necessidade de se escolher o menor número de parâmetros possíveis, mas sem perder a visão sistêmica em sua avaliação. Ou seja, os parâmetros escolhidos devem permitir inferir se o tratamento da água foi bem desempenhado e que os residuais de proteção contra contaminação estejam ativos em toda rede de distribuição.

A metodologia do uso de sistemas de indicadores de desempenho permitirá ao profissional de regulação abordar se as metas estabelecidas para qualidade da água foram cumpridas, além de, consentir a avaliação de desempenho dos SAA, propiciando um excelente acessório na tomada de decisão, principalmente em ações fiscalizatórias e na construção de ferramentas para uso da regulação por exposição, permitindo uma melhor interação entre os Órgãos Públicos responsáveis por fiscalizar o saneamento básico (Regulasan, 2017).

## OBJETIVOS

- Avaliar a qualidade da água potável distribuída pelos SAA através de um sistema de indicadores de desempenho.
- Propiciar um meio de auxílio a tomada de decisão.
- Fazer uso da regulação por exposição, propiciando uma melhor interação entre as partes interessadas (*stakeholders*), responsáveis ou não pela gestão do saneamento básico.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em relação a metodologia, na escolha dos indicadores para avaliação de desempenho, optou-se pela escolha de parâmetros essenciais para avaliação da tratabilidade da água de forma sistêmica. No que concerne a **qualidade bacteriológica**, de acordo com (OMS, 2005) citado por (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006), Coliformes Totais constitui um indicador satisfatório para avaliação da eficiência do tratamento por apresentar uma taxa de decaimento similar ou superior à dos coliformes termotolerantes e da *Escherichia coli*; mas, para contaminação bacteriológica, o indicador mais preciso é *Escherichia coli*. Quanto à **qualidade virológica**, o parâmetro bacteriológico Coliforme deve ser verificado conjuntamente com o parâmetro Cloro Residual na saída do tanque de contato junto com

o próprio tempo de contato. No que diz respeito a **qualidade parasitológica**, observa-se que as formas encapsuladas dos protozoários possuem elevada resistência aos teores de cloros usados no processo de desinfecção da água, notadamente, os cistos de *Giardia* e os oocistos de *Cryptosporidium*, por apresentarem elevada resistência a cloração, sua remoção em processo de tratamento é estritamente ligada à filtração, deste modo, os coliformes praticamente perdem seu papel de indicador, devendo ser substituídos por um indicador de remoção de partículas em suspensão por meio da filtração, como a turbidez (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). Do exposto, Coliformes Totais é um parâmetro chave porque mede a eficiência do tratamento, mas que não deve ser analisado sozinho, pelo fato de existir fatores que os Coliformes examinados isoladamente não consegue agregar a informação obtida através de sua avaliação.

Considerando os parâmetros Turbidez, Cloro Residual Livre, Coliformes Totais e *Escherichia coli*, como essenciais na avaliação do desempenho da tratabilidade da água, a Arpe optou por trabalhar com cinco indicadores para analisar o desempenho da tratabilidade da água distribuída pelos SAA operados pelo prestador de serviço. Quatro deles são baseados no indicador de incidência de análises realizadas fora do padrão, que é usado para aferir a quantidade de amostras realizadas que não estão de acordo com os padrões exigidos pela legislação vigente. Sua avaliação se baseia na divisão do número de análises realizadas que estão fora do padrão pelo número de amostras realizadas. A conjectura desses indicadores deve ser realizada em conjunto para uma compreensão mais satisfatória do desempenho do tratamento da água em relação a qualidade bacteriológica, virológica e parasitológica.

O quinto indicador ou índice tem o objetivo de resumir o resultado dos quatro indicadores de análises fora dos padrões em um único número. Conforme relata (Libânio, 2010), a divulgação da interpretação de dados e parâmetros de qualidade de água de forma inteligível ao público, ainda que não seja exclusividade desta área de conhecimento em questão, tem sido motivo de esforços de diversos pesquisadores. É importante, muitas vezes, em termos de análise, reproduzir em um único valor o significado de um conjunto de dados de distintas naturezas. A Figura 1 relata o esquema do sistema de indicadores.

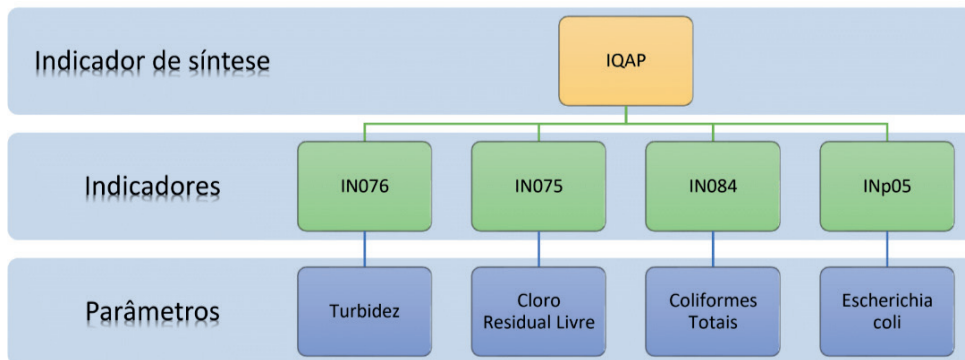


Figura 1 – Sistema de indicadores para avaliação da tratabilidade da água

O ponderamento do indicador IQAP é realizado através de uma avaliação quantitativa do risco que as não conformidades dos indicadores IN076, IN075, IN084 e INp05 acarretam ao SAA. Para caracterizar o risco de cada parâmetro utilizamos pontuações para os seguintes aspectos: Severidade (S), Ocorrência (O) e Perigo (P). Severidade significa a magnitude que tem o perigo caso ele ocorra (quantidade de danos que o perigo ocorrido oferece), ocorrência, a frequência com que o perigo está ocorrendo no processo, ou seja, ela é o próprio indicador de inferência de análise fora dos padrões, e perigo, um efeito adverso ocasionado por determinada circunstância. Uma metodologia mais completa pode ser vista em (Ogata, 2011). Dois aspectos devem ser destacados para o cálculo do peso  $w$ :

1. **O peso calculado é dinâmico:** a severidade e o perigo são aspectos constante para determinado parâmetro, mas a ocorrência varia conforme o próprio indicador de não conformidade, ou seja, quanto mais não conformidade existir para o parâmetro, maior será o peso calculado.
2. **O peso pode ser redistribuído:** Se qualquer parâmetro possuir risco zero, ele não entrará no cálculo do IQAP, e o peso é redistribuindo entre os parâmetros que possuem risco diferente de zero.

A Tabela 1, a seguir, ilustra as fórmulas usadas para os cálculos dos indicadores junto com a nomenclatura utilizada.

Indicador	Descrição	Origem	Fórmula de cálculo
IN075	Incidência das análises de cloro residual fora do padrão	SNIS	$IN075 = \left( \frac{QD007}{QD006} \right) \times 100$ QD007 - Quantidade de amostras para cloro residual fora do padrão (analisadas) QD006 - Quantidade de amostras para cloro residual (analisadas)
IN076	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	SNIS	$IN076 = \left( \frac{QD009}{QD008} \right) \times 100$ QD009 - Quantidade de amostras para turbidez fora do padrão (analisadas) QD008 - Quantidade de amostras para turbidez (analisadas)
IN084	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	SNIS	$IN084 = \left( \frac{QD027}{QD026} \right) \times 100$ QD027 - Quantidade de amostras para coliformes totais fora do padrão (analisadas) QD026 - Quantidade de amostras para coliformes totais (analisadas)
IN <sub>p</sub> 05	Incidência das análises de E.coli fora do padrão	Arpe	$IN_{p05} = \left( \frac{QD_{p009}}{QD_{p010}} \right) \times 100$ QD <sub>p</sub> 009 - Quantidade de amostras para E.coli fora do padrão (analisadas) QD <sub>p</sub> 010 - Quantidade de amostras para E.coli (analisadas)
IQAP	Índice de qualidade da água potável	Arpe	$IQA_p = \sum_{i=1}^n [(1 - q_i) * w_i]$ $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ $R_i = \text{Severidade (S)} \times \text{Ocorrência (O)} \times \text{Perigo (D)}$ $R_{total} = \sum_{i=1}^n R_i \therefore w_i = \frac{R_i}{R_{total}}$ <p>onde.:</p> <p>n - número de parâmetros de qualidade da água avaliado localmente no SAA            i - parâmetro avaliado            q<sub>i</sub> - Incidência das análises fora do padrão do parâmetro i            w<sub>i</sub> - Peso atribuído ao parâmetro i            R<sub>i</sub> - Risco que o parâmetro i oferece</p>

Tabela 1 – Esquema de cálculo dos indicadores

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido-Arpe, 2023

As informações referentes as análises de qualidade da água oriundos do processo de monitoramento realizado pelo Prestador de Serviço em Saneamento Básico são recebidos pela Agência mensalmente em planilhas do Microsoft Excel®. Um script, em Visual Basic, de leitura de dados foi desenvolvido para o tratamento da informação e posterior cálculo dos indicadores. Para a visualização, três painéis (*dashboard*) foram construídos conforme a abrangência espacial na qual se quer analisar o desempenho.

O cálculo dos indicadores são realizados para as análises do controle da água realizado conforme os pontos estabelecidos pelo normativo vigente, assim, os indicadores são gerados para dois pontos específico do sistema separadamente, a saída do tratamento e a rede de distribuição, permitindo uma melhor averiguação da localização dos problemas.

No que diz respeito a abrangência dos indicadores, a Figura 2 ilustra a unidade na qual recebemos os dados e a expansão dos mesmo para o cálculo em unidades territoriais maiores, visando uma avaliação mais macro.



Figura 2 – cálculo dos indicadores por abrangência espacial

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido – Arpe, 2023

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Para avaliar, conforme a metodologia apresentada, a prestação do serviço em saneamento básico em termos de desempenho da tratabilidade da água, utilizou-se de alguns gráficos de desempenho do índice IQAP e seus respectivos indicadores de composição, calculados na faixa anual de 2018 a 2022. A Figura 3, relata o desempenho classificado como regular do IQAP para todos os anos de averiguação, e uma tendência de declive negativo com o passar dos anos.

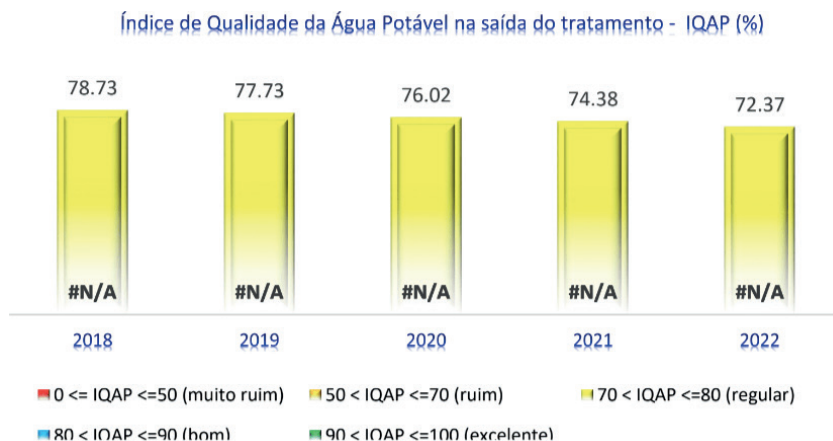


Figura 3 - Gráfico da evolução anual do IQAP (st)

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido-Arpe, 2023

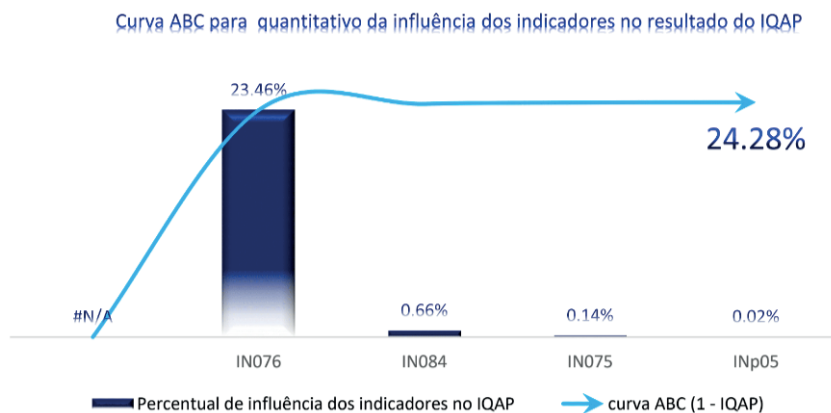


Figura 4 - Gráfico da Curva ABC (1 - IQAO (st))

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido – Arpe, 2023



Ao observar a Figura 4, verifica-se que IQAP médio dos anos em análise obteve um déficit de 24,28% em relação aos 100% de excelência máxima e que do conjunto de indicadores que compõe o IQAP, o IN076 foi responsável por cerca de 23,46% do déficit, restando 0,82% que é composto pelo déficit dos indicadores IN084, IN075 e INp05. Então, a concessionária obteve excelente desempenho em termos dos parâmetros bacteriológicos e dosagem do cloro residual livre, evidenciando uma ótima eficiência na eliminação de vírus e bactérias, visto que o déficit de IN084 médio foi de 0,66%. Em relação ao IN076, o déficit mostra uma dificuldade em se obter o padrão de 0,5 NTU em 95% das amostras para algumas regiões, evidenciando que poderá estar exposta aos problemas relacionados a essa não conformidade. As Figuras 5 e 6 mostram os resultados dos indicadores para a rede de distribuição.

Índice de Qualidade da Água Potável na rede de distribuição - IQAP (%)

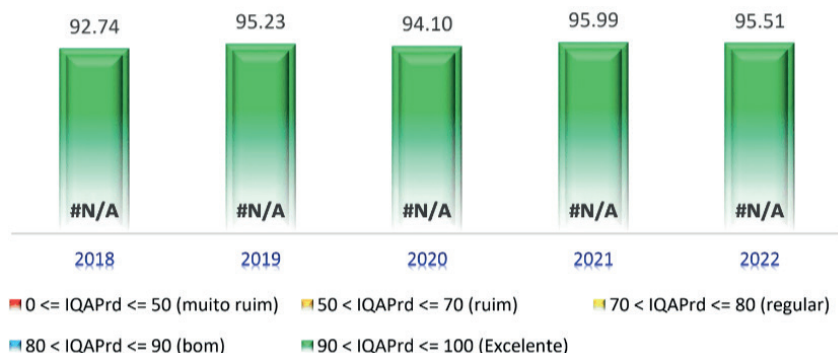


Figura 5 - Gráfico da evolução do IQAP (rd)

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido – Arpe, 2023

Curva ABC para quantitativo da influência dos indicadores na resultado do IQAP

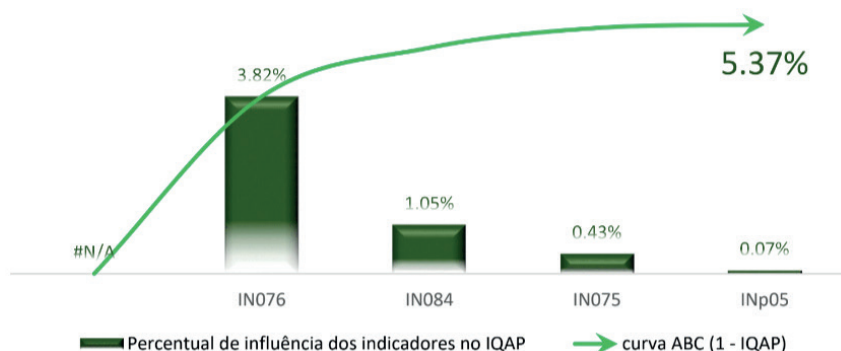


Figura 6 - Gráfico da Curva ABC (1 - IQAP(rd))

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido – Arpe, 2023

Analisando a Figura 5, é visto que para os 5 anos analisado a prestação de serviço em termos de tratabilidade da água na rede de distribuição obteve classificação de excelente, apresentando IQAP de 92,74% para 2018 e nos anos restantes uma média em cerca de 95% de excelência. Conforme mostra a Figura 6, o déficit médio no IQAP para rede de distribuição foi de 5,37%. Novamente o IN076 obteve o maior percentual do déficit, mas dessa vez respondendo apenas por 3,82%, e os 1,55% restante, distribuído entre os outros indicadores. A concessionária alcançou um IQAP em nível de excelência na rede de distribuição, diferente da saída do tratamento, que apresentou um problema contínuo em relação ao indicador IN076.

Avaliando numa abrangência espacial menor, a Figura 7 relata o cálculo do IQAP para as unidades de negócio do prestador, é possível verificar que seis gerências obtiveram IQA classificado como ruim.

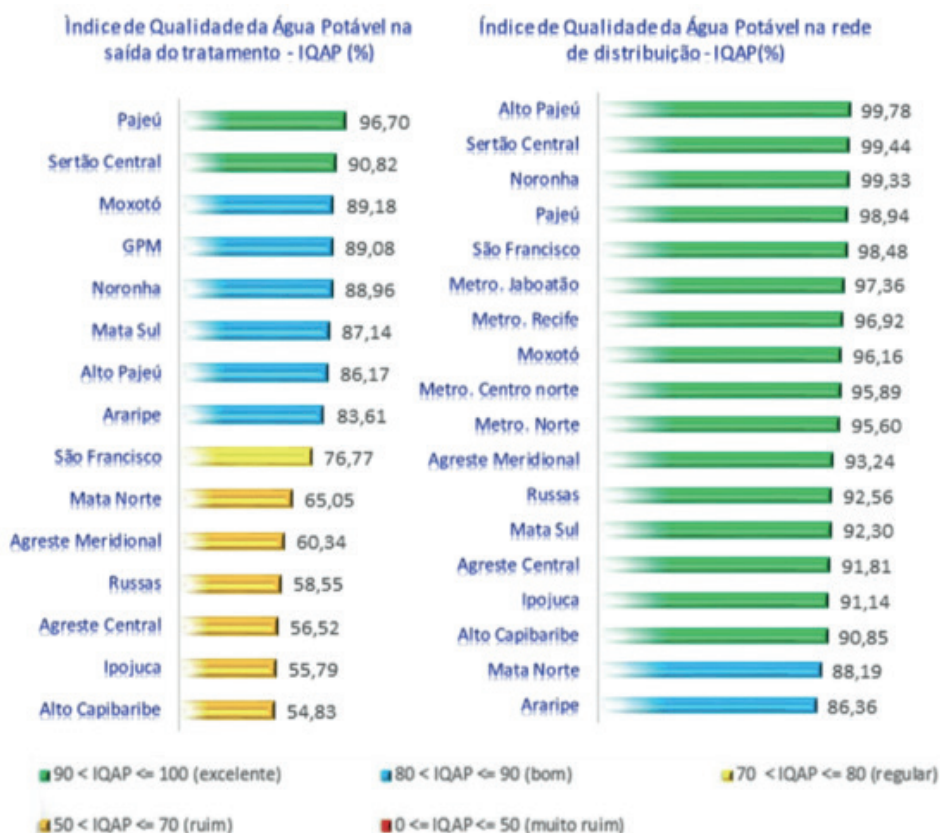


Figura 7 - IQA médio (2018 - 2022) calculado para abrangência das unidades de negócio

Fonte: Coordenadoria de Saneamento e Resíduo Sólido – Arpe, 2023

A explicação para um desempenho abaixo do regular é que, para as gerências do Alto do Capibaribe, Ipojuca, Agreste Central, Russas e Agreste Meridional, que pertence a região do agreste nordestino, possuem muitos dos mananciais usados para o abastecimento de água em colapso ou pré-colapso devido a problemas relacionados a escassez hídrica, o que muitas vezes eleva bastante a turbidez da água, tornando-se difícil a clarificação, principalmente se o tratamento não for convencional.

Levando em consideração o resultado da avaliação de desempenho através dos sistemas de indicadores para tratabilidade de água, a Arpe optou pela fiscalização direta para alguns municípios da Mata Norte no ano de 2023, uma vez que eles apresentaram IQA ruim e não tinham sido objeto de uma fiscalização recente.

Fazendo um panorama geral em relação ao indicador IN076 no estado de Pernambuco, observa-se que as Estações de Tratamento de Água com tipo de tratamento não convencional possuem dificuldade em atingir 0,5 uT em 95% das amostras para a maioria dos SAA, e que, mesmo as ETAs que possuem tratamento completo, em períodos chuvosos, muitas vezes não conseguem atingir os padrões exigidos pela Portaria GM/MS Nº 888 para o indicador IN076.

## CONCLUSÃO

Conforme verificado através dos gráficos, o percentual médio (2018-2022) de não conformidades para os indicadores IN084, IN075 e IN<sub>p</sub>05 que impactaram o IQAP foram respectivamente de 0,66%, 0,14% e 0,02% para saída do tratamento e 1,05%, 0,43% e 0,07% na rede de distribuição, evidenciando problemas pontuais em relação ao tratamento da água, mas pode-se inferir que, de maneira geral, os SAA apresentaram um bom desempenho em relação a eliminação de vírus e bactérias na água distribuída a população. Um problema sistêmico foi verificado para o indicador IN076, que pode ser usado como indicador de eficiência na remoção parasitológica para saída do tratamento. O IN076 foi responsável por uma deficiência média de 23,46% para o IQAP na saída do tratamento, totalizando praticamente todo o déficit obtido.

A utilização de um sistema de indicadores de desempenho para avaliar a qualidade de água potável produzida por um SAA mostrou-se ser uma ferramenta muito útil para o tipo de trabalho exercido pelo regulador em saneamento básico. A capacidade do sistema de indicadores de permitir avaliar o desempenho em termos de tratabilidade da água fornece vários instrumentos de trabalho e análise, o que garante ao analista um ganho na tomada de decisão, como também, melhores procedimentos e atuações fiscalizatórias, visto que as deficiências podem ser apontadas, diminuindo a assimetria da informação no momento da fiscalização, permitindo seleção e foco diante do universo de SAA em piores condições de produção e manutenção da qualidade da água potável. Além disso, a gestão do setor de saneamento é bastante complexa, exigindo muitas vezes a ação em conjunto

de vários *stakeholders* do setor público, que muitas vezes não estão alinhados com seus trabalhos internos e muito menos com outras instituições. A elaboração de relatórios de desempenho, sua divulgação e disponibilidade são elementos interessantes para estreitar as lacunas existentes entre os órgãos e proporcionar uma gestão mais eficiente e de maneira globalizada.

## REFERÊNCIAS

Libânio, M. (2010). **Fundamentos de qualidade e tratabilidade de água (3ª ed.)**. Campinas, SP.

Ogata, I. S. Avaliação de risco da Qualidade da Água Potável do Sistema de Abastecimento da Cidade de Campina Grande (PB). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade estadual da Paraíba. Campina Grande (2011)

Regulasan. **Curso de avaliação da qualidade, desempenho dos serviços, indicadores e sistemas de informação**. Projeto REGULASAN. Curso III (produto VIII.3). Campinas (2017)

Ministério da Saúde. (2006). **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, DF. Acesso em 08 de 09 de 2023, disponível em [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)

Alves, A. G., Formaggia, D. M., Fernandes, M. L., Machado, P. A., Souza, R. M. **Padrão de potabilidade: Contexto histórico das portarias de potabilidade, dúvidas, indagações, considerações e preocupações da nova Portaria GM/MS nº 888/21**. Acesso em 06 de julho de 2023, disponível em <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/padrao-potabilidade-nova-portaria-gm-ms-888-21/>

Bastos, R. K. **A norma brasileira de qualidade da água para consumo humano em revisão – um convite à reflexão sob a ótica dos direitos**. Acesso em 05 de julho de 2023, disponível em [https://ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2020/05/A-norma-brasileira-de-qualidade-da %C3%A1gua-para-consumo-humano-em-revis%C3%A3o-%E2%80%93-um-convite-%C3%A0 reflex%C3%A3o-sob-a-%C3%B3tica-dos-direitos-.pdf](https://ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2020/05/A-norma-brasileira-de-qualidade-da-%C3%A1gua-para-consumo-humano-em-revis%C3%A3o-%E2%80%93-um-convite-%C3%A0-reflex%C3%A3o-sob-a-%C3%B3tica-dos-direitos-.pdf)