



## **227 - AVALIAÇÃO DE RESULTADOS OPERACIONAIS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE IGARATÁ-SP E AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE UMA NOVA FERRAMENTA DE MONITORAMENTO DO SISTEMA**

**Thiago Teixeira de Albuquerque<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Química, especialista com MBA em Gerenciamento de Projetos

**Matheus Müller<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil, doutorando em Engenharia de Infraestrutura de Aeroportos

**Endereço:** Rua Francisco Rodrigues Silva, 1490 – Cidade Morumbi – São José dos Campos – São Paulo - CEP: 12236-460 - Brasil - Tel: +55 (12) 99669-2001 - e-mail: [thiago9106@gmail.com](mailto:thiago9106@gmail.com)

### **RESUMO**

O sistema de tratamento de água do município de Igaratá, SP produz uma vazão média de 102 m<sup>3</sup>/h de água tratada e abastece cerca de 3000 ligações. Por ser um município que fica às margens da represa do Rio Jaguari, Igaratá sofre uma considerável variação na quantidade de pessoas em períodos de férias, finais de semana e feriados, também devido à proximidade à capital do estado. De acordo com dados do volume de água captado entre janeiro de 2015 e abril de 2019 é possível observar uma pequena elevação da demanda por água no município, fator que mostra a necessidade da constante observação do sistema para busca de oportunidades de melhorias para aumentar sua eficiência.

Com a aplicação de uma ferramenta simples, foi possível observar melhor o comportamento do sistema com dados de longo período e observar uma grande melhoria após a modificação de um procedimento simples aplicada no mês de abril de 2019 que gerou uma redução de 35% no consumo Sulfato de Alumínio em comparação ao mesmo período do ano anterior, que ofereceu melhores condições para o processo de coagulação como o baixo volume de chuvas 37,5 vezes menor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água, Igaratá, ferramenta de controle.

### **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso fundamental desde às atividades mais básicas dos seres humanos até para o desenvolvimento financeiro de um país (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017). A ameaça da falta d'água pode parecer exagero, mas com o rápido crescimento da população mundial e a concentração desta população em grandes cidades, a sua falta já é evidência em várias partes do mundo. Dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) revelam que 2,6 bilhões de pessoas não contam com serviços de saneamento. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

O crescimento da demanda por água potável combinado com a má qualidade da água dos rios, pode resultar na necessidade de aumento da quantidade de produtos químicos nos sistemas de tratamento de água. A escassez de recursos hídricos seja por condições climáticas, crescimento populacional ou pela intervenção humana no meio ambiente, se intensifica a cada dia e afeta a qualidade, disponibilidade e a capacidade de autodepuração dos corpos d'água (RIBEIRO, 2007).

Neste cenário, o estudo para a construção de um sistema de tratamento deve contemplar o tipo de população atendida, o volume seguro de reserva, vazão adequada de tratamento, análise da água bruta, e todas as exigências legais relativas à qualidade do produto final e às normas ambientais para a disposição dos resíduos.

Os sistemas que já estão em operação, também devem ser analisados continuamente a fim de se observar oportunidades de melhorias que podem trazer mais eficiência, ou seja, aumentar sua capacidade de tratamento, reduzir custo operacional, melhorar a qualidade do produto final, reduzir o volume de resíduos e impactos ao meio ambiente.

Em Igaratá, SP, o sistema de tratamento de água adota um sistema convencional compacto com uma capacidade nominal de tratamento de 72 m<sup>3</sup>/h (MANUAL DE OPERAÇÃO ETA IGARATÁ, 2002).

Atualmente o sistema trabalha com uma vazão média de tratamento de 102 m<sup>3</sup>/h (BDCO IGARATÁ, 2019). O processo de tratamento utiliza Sulfato de Alumínio Isento de Ferro como coagulante, Hipoclorito de Sódio como desinfetante, Carbonato de Sódio como alcalinizante e Ácido Fluossilícico no processo de fluoretação. O sistema possui um floculador de 40 m<sup>3</sup> com seis módulos de mistura, dois decantadores de 40 m<sup>3</sup>, quatro filtros gravitacionais de 5,5 m<sup>3</sup> e uma caixa de nível para contato e homogeneização dos produtos adicionados no final do tratamento (MANUAL DE OPERAÇÃO ETA IGARATÁ, 2002).

O aumento da vazão de tratamento de água do sistema reduziu o tempo de detenção dos decantadores de 66,7 minutos para 47 min, o que resultou no aumento do teor de sólidos da água decantada, e diminuição do tempo de carreira dos filtros. Foi instalada uma tela de nylon nos decantadores antes do ponto de coleta para condução da água para os filtros, o que contribuiu para a retenção de sólidos no decantador. Os decantadores, até março de 2019, eram descarregados totalmente uma vez por semana, e de acordo com o aumento da turbidez da água decantada, estes também eram descarregados parcialmente para eliminação do lodo acumulado no fundo, totalizando cerca de 90 m<sup>3</sup> de descarte por semana. Os quatro filtros são lavados diariamente durante oito minutos por retrolavagem, consumindo quase 20 m<sup>3</sup> cada um durante este processo (BDCO IGARATÁ, 2019).

A população atendida pelo sistema operado pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) em Igaratá é de cerca de oito mil habitantes, mas como a cidade fica às margens da represa do Rio Jaguarí e próxima à capital do estado, a cidade possui um alto número de chácaras de veraneio, pousadas e clubes, o que resulta em um aumento significativo da sua população durante os finais de semana, feriados e períodos de férias escolares, aumentando a demanda por água consideravelmente.

Para tentar melhorar a eficiência do sistema, a redução do volume de descarga dos decantadores foi uma alternativa escolhida pelos responsáveis. Então foi adotado um novo método de limpeza dos decantadores, que consiste em descargas parciais diárias que são iniciadas logo após uma descarga completa dos decantadores. Estas descargas duram cerca de um minuto para cada decantador e eliminam aproximadamente 1700 litros de lodo do fundo de cada um, não permitindo o acúmulo de uma grande quantidade de lodo, mantendo-o em trabalho por mais tempo antes de necessitar uma descarga completa. Desta forma, o sistema irá descarregar por volta de 24 m<sup>3</sup> de resíduo dos decantadores por semana, valor bem abaixo do que era descartado anteriormente (90 m<sup>3</sup> por semana).

Este novo modelo de operação, foi adotado o mês de abril de 2019, então ainda está em fase de acompanhamento para avaliar sua continuidade. Para avaliar o comportamento do sistema, foi adotado um método que será exposto neste trabalho.

## **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é analisar o histórico operacional do sistema de tratamento de água do município de Igaratá, SP. A partir desta análise, criar uma ferramenta de acompanhamento da correlação entre os fatores envolvidos no processo remoção das impurezas da água bruta e avaliar os resultados da nova rotina de limpeza dos decantadores.

## **METODOLOGIA**

A metodologia utilizada será a compilação dos dados operacionais do sistema em matrizes e a análise em gráfico de linhas para facilitar a compreensão da relação entre cada fator e os ganhos ou perdas após a mudança da rotina do sistema.

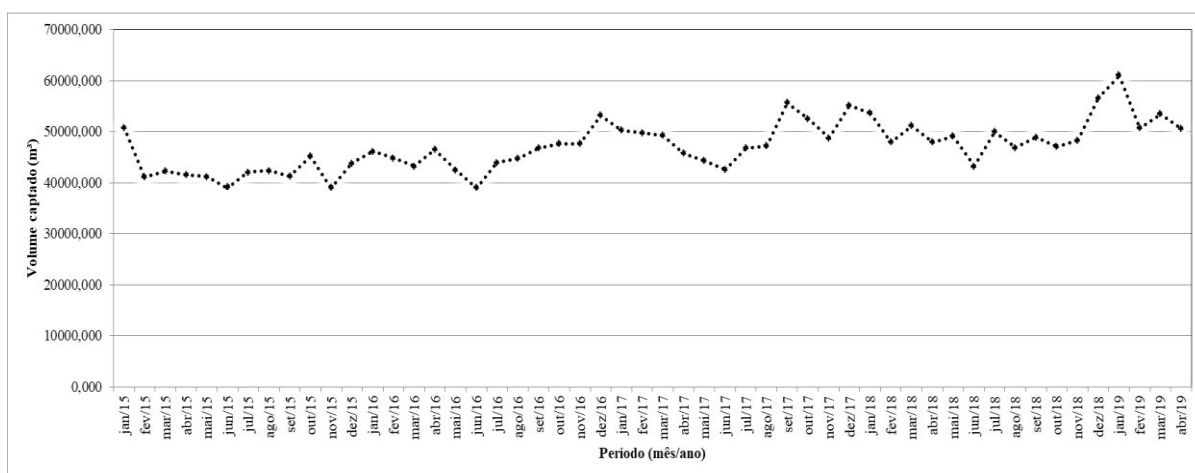
Os fatores consultados nos boletins de controle operacional do sistema foram:

- Consumo (kg) mensal de Carbonato de Sódio;
- Consumo (kg) mensal de Sulfato de Alumínio Isento de Ferro;

- Número de horas trabalhadas do sistema durante cada mês;
- Volume captado (m³), registrado por um medidor de vazão eletromagnético de inserção, marca Nivetec;
- Volume gasto no processo (m³), calculado de acordo com o tempo utilizado para executar as operações de limpeza de filtros e decantadores e a vazão de tratamento registrada no período;
- Volume tratado, calculado pela diferença entre o volume captado e o volume gasto no processo;
- Turbidez média da água bruta, registrada por um turbidímetro automático marca Digimed modelo TB-44A;
- Turbidez média da água tratada, registrada em NTU por um turbidímetro automático marca HF Scientific Modelo Microtrol 2 IR;
- Cor média da água bruta, registrada em UC por um colorímetro de bancada marca Policontrol modelo Nessler Quanti 200;
- pH de água bruta registrado por um pHmetro potenciométrico marca Digimed modelo TH-401;
- Precipitação pluviométrica, registrada por um pluviômetro graduado em mm da marca Nalgon.

## RESULTADOS OBTIDOS

Os primeiros dados analisados foram os dados históricos de tempo de funcionamento e do volume captado entre janeiro de 2015 e abril de 2018 para verificar o comportamento da demanda por água no município de Igaratá. O gráfico da figura 1 expressa o valor do volume captado nos períodos:



**Figura 1: Acompanhamento do volume de captação no período de janeiro de 2015 a abril de 2019.**

A figura 1 mostra que o consumo está aumentando gradativamente com alguns picos de consumo recordes no período dos últimos anos. Embora seja uma análise simples, este indicador comprova a importância da melhoria contínua no sistema devido ao aumento da demanda.

Para facilitar a análise crítica dos parâmetros envolvidos no processo de remoção de impurezas, foi criada uma matriz para o lançamento dos dados operacionais de cada mês. Desta forma pode-se executar análises mais precisas do comportamento e resultados que o sistema apresenta e criar planos de ação para melhorias no sistema.

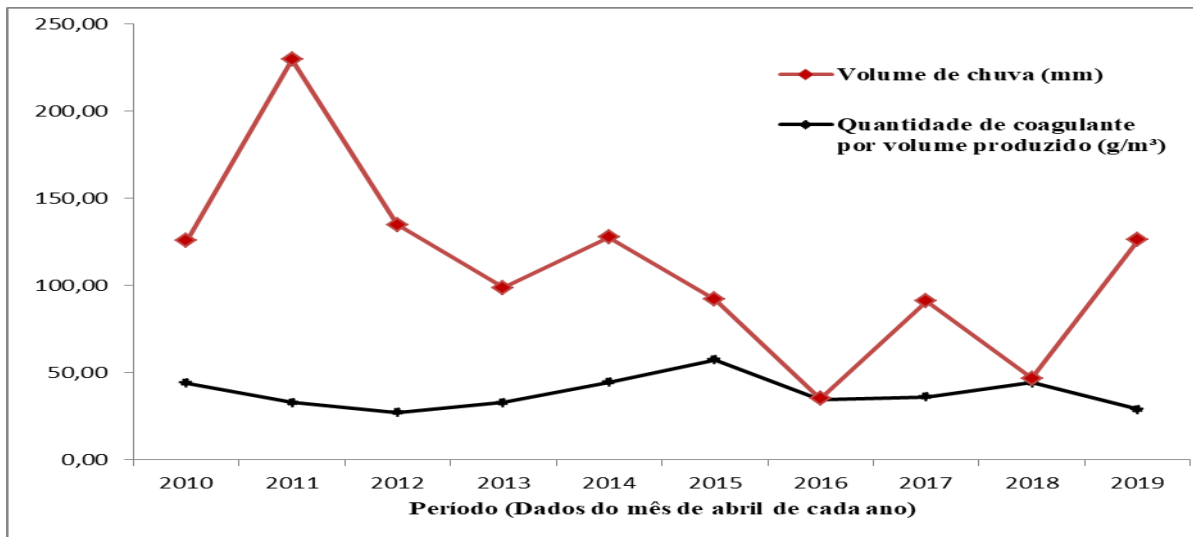
O exemplo abaixo contempla os dados de janeiro de 2018 a abril de 2019:

Tabela 1: Ferramenta para análise crítica de dados envolvidos no processo de coagulação



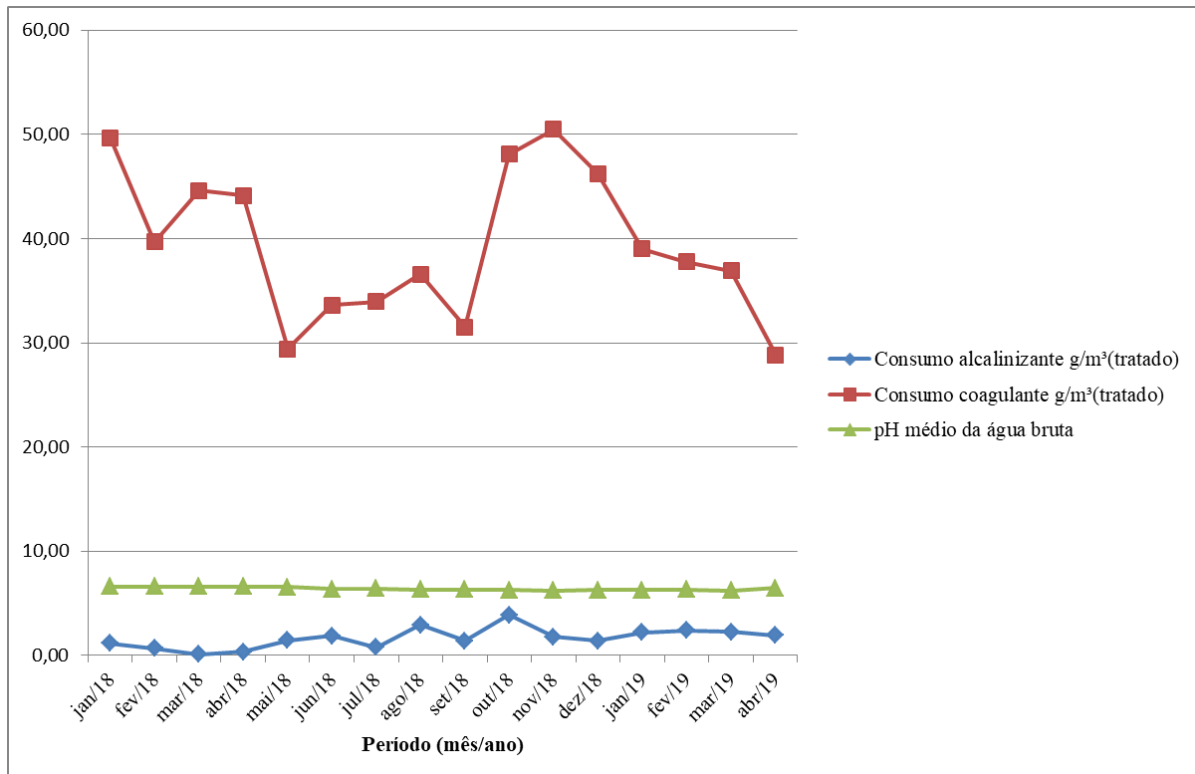
MÊS/ANO	CONSUMO ALCALINIZANTE (kg)	CONSUMO COAGULANTE(kg)	TEMPO DE TRABALHO (h)	VOLUME CAPTADO (m³)	VOLUME TRATADO (m³)	VOLUME GASTO NO PROCESSO (m³)	CONSUMO ALCALINIZANTE g/m³(TRATADO)	CONSUMO COAGULANTE g/m³(TRATADO)	pH MÉDIO DA ÁGUA BRUTA	TURBIDEZ MÉDIA DA ÁGUA BRUTA (uT)	TURBIDEZ MÉDIA SAÍDA DO TRATAMENTO (uT)	COR MÉDIA DA ÁGUA BRUTA (uH)	VOLUME DE CHUVA (mm)
jan/18	59,30	2482,00	508,90	53523,00	50038,00	3485,00	1,19	49,60	6,60	14,61	0,26	140,58	275,20
fev/18	30,30	1780,00	450,98	47791,00	44839,00	2952,00	0,68	39,70	6,62	13,86	0,26	152,56	83,20
mar/18	5,40	2140,00	481,37	51030,00	48004,00	3026,00	0,11	44,58	6,60	14,78	0,22	195,31	191,60
abr/18	15,70	2010,00	456,93	47875,00	45532,00	2343,00	0,34	44,14	6,63	11,18	0,23	125,63	2,60
mai/18	66,60	1366,00	463,23	48984,00	46452,00	2532,00	1,43	29,41	6,57	9,96	0,24	78,71	1,70
jun/18	76,00	1363,00	408,05	43056,00	40578,00	2478,00	1,87	33,59	6,39	9,61	0,30	61,56	18,70
jul/18	35,00	1567,00	474,17	49832,00	46149,00	3683,00	0,76	33,96	6,41	6,59	0,36	62,26	14,70
ago/18	126,00	1578,00	444,68	46730,00	43130,00	3600,00	2,92	36,59	6,33	8,62	0,42	66,07	69,50
set/18	63,00	1425,00	467,88	48753,00	45213,00	3540,00	1,39	31,52	6,33	9,19	0,47	86,00	41,70
out/18	168,50	2098,00	453,73	46986,00	43621,00	3365,00	3,86	48,10	6,27	16,11	0,36	157,40	238,10
nov/18	79,50	2264,00	485,40	48178,00	44838,00	3340,00	1,77	50,49	6,25	15,65	0,30	177,47	237,90
dez/18	74,00	2458,00	539,73	56513,00	53184,00	3329,00	1,39	46,22	6,27	15,80	0,32	172,22	205,20
jan/19	125,90	2236,00	582,10	61024,00	57349,00	3675,00	2,20	38,99	6,27	12,94	0,33	165,42	235,70
fev/19	113,50	1799,00	552,42	50581,00	47629,00	2952,00	2,38	37,77	6,30	14,20	0,30	164,00	234,60
mar/19	111,60	1841,00	511,72	53400,00	49889,00	3511,00	2,24	36,90	6,22	15,61	0,39	146,88	220,30
abr/19	90,00	1361,00	483,82	50426,00	47225,00	3201,00	1,91	28,82	6,45	12,28	0,34	138,55	97,50

Após a mudança da rotina operacional no mês de abril foi observada uma redução no consumo de sulfato de alumínio em comparação aos meses anteriores. Mas como cada período do ano tem sua particularidade no que diz respeito à demanda de água distribuída, foram analisados o consumo de coagulante por m<sup>3</sup> de água tratada nos meses de abril de 2010 a abril de 2019. Também foram considerados os volumes de chuva para avaliar sua influência no processo. Os dados são apresentados na figura 02.



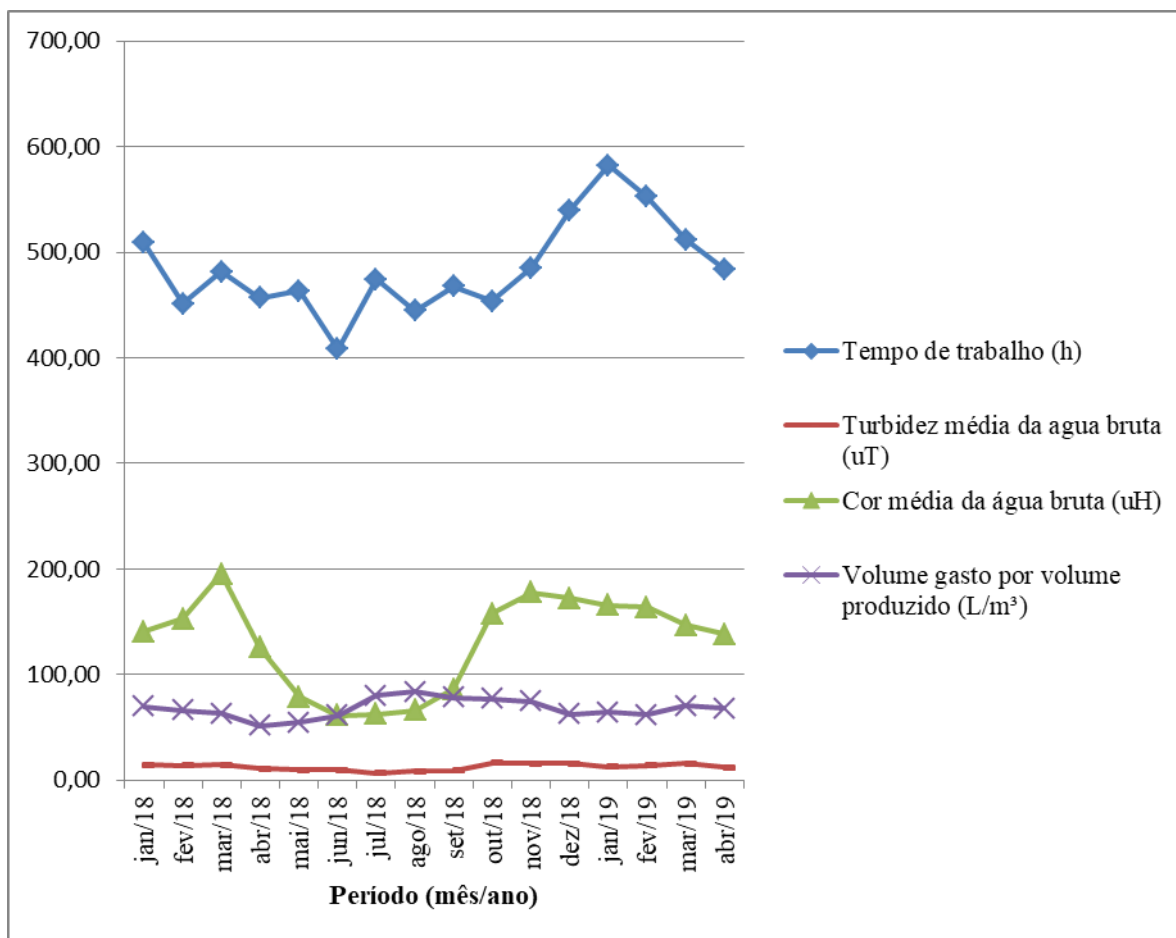
**Figura 2: Consumo de coagulante e volume de chuvas nos meses de abril de 2010 a 2019.**

O gráfico abaixo permite o estudo da influência do consumo Sulfato de Alumínio e o pH da água bruta sobre o consumo de alcalinizante (Carbonato de Sódio).



**Figura 3: Análise da influência do consumo de coagulante e pH da água bruta sobre o consumo de alcalinizante.**

A figura 4 auxilia a análise crítica da quantidade de água gasta no processo em relação à turbidez e a cor da água bruta e o tempo de funcionamento do sistema.



**Figura 4: Fatores de influência no gasto de água no processo.**

### ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

A figura 1 mostra que o consumo está aumentando gradativamente com alguns picos de consumo recordes no período dos últimos anos. Embora seja uma análise simples, este indicador comprova a importância da melhoria contínua no sistema, pois podem evitar a necessidade de grandes investimentos no curto prazo, reduzir os custos operacionais e manter o atendimento aos padrões de qualidade.

A tabela 1, compila todos dados relacionados diretamente, ou indiretamente ao processo de remoção de impurezas da água no tratamento e pode ser usada como uma ferramenta de acompanhamento e análise crítica possibilitando a investigação de resultados fora dos padrões, consumo elevado de produtos químicos, reajuste do sistema para reduzir o consumo de produtos químicos e água gasta no processo. A figura 2, por exemplo, mostra a relação entre o volume de chuva com o consumo de coagulante (Sulfato de Alumínio Isento de Ferro). A elevação do consumo de coagulante, pode ser justificada pelo alto volume de chuvas no período, mas de acordo com a figura 2, foi mostrado uma queda de consumo muito significativa no mês de abril de 2019, que foi implantada uma nova rotina operacional no sistema. Mesmo com um volume de chuva elevado, o consumo de sulfato se igualou apenas ao período de abril de 2012 que também teve um volume de chuva elevado, mas neste período a vazão de tratamento era cerca de 30% menor, o que facilita o processo pois se tem um maior tempo de detenção nos decantadores, menor velocidade de passagem nos floculadores melhorando a formação dos flocos e uma taxa de filtração mais lenta, permitindo a aplicação de uma dosagem reduzida de coagulante. Mas em comparação com o mesmo período do ano anterior a redução do consumo de coagulante alcançou os 35% com um volume de chuvas 37,5 vezes maior.

A figura 3 analisa graficamente o consumo do agente alcalinizante em relação ao pH da água bruta e o consumo de coagulante. Quando a água bruta chega com o pH mais elevado, a necessidade de adição de alcalinizante pode diminuir ao final do processo, mas o gráfico não mostra uma relação linear. Também com relação ao consumo de coagulante que reduz o pH da água bruta necessitando maior quantidade de alcalinizante ao final do processo. Em alguns períodos, o consumo de coagulante foi elevado e se observa uma queda significativa no consumo de



alcalinizante e em outros se observa o contrário. A aplicação da tabela 1 como ferramenta de controle, pode melhorar o monitoramento desta influência produzindo resultados mais coerentes após possíveis ajustes no sistema. Podendo gerar economia de coagulante e alcalinizante.

A figura 4, analisa os fatores que podem influenciar o gasto de água no processo. Quando a água bruta chega com a turbidez e a cor mais altas, a sobrecarga de lodo nos decantadores e nos filtros cresce, aumentando a necessidade de operações de limpeza de filtros e decantadores e resultaria em um maior gasto de água por volume tratado. Mas no gráfico da figura 4 não se tem uma relação linear, fato que pode mostrar que as operações estão sendo feitas de maneira contínua sem uma análise crítica do comportamento do sistema. Esta ferramenta pode auxiliar em uma melhor observação do sistema e levar à redução do consumo de água no processo.

## CONCLUSÃO

Em muitas situações no cotidiano de um processo, um trabalho simples pode resultar em ganhos significativos. A melhoria contínua pode ser uma ótima estratégia para aumentar a receita e melhorar a qualidade do produto de uma organização.

Neste trabalho foi possível observar que os dados mais importantes para um sistema de tratamento de água compilados em uma simples tabela podem ampliar o campo de visão do comportamento do sistema. Isto pode auxiliar o processo de gestão, operação e até mesmo reduzir a necessidade de grandes investimentos para atender o crescimento da demanda pelo produto. Como exemplo visto neste trabalho, uma pequena melhoria feita no processo de limpeza dos decantadores, resultou em uma economia significativa de produto químico e mais importante ainda na redução do volume de resíduos, reduzindo o impacto ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boletim de controle operacional (BDCO) da Estação de Tratamento de Água de Igaratá – Operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Igaratá, 2019.
2. Manual de operação da Estação de Tratamento de Água de Igaratá – Operado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Igaratá, 2002.
3. Ministério do Meio Ambiente. Plano nacional do saneamento básico. Brasília, 2017. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br).
4. Relatório da Agência Nacional de Águas. Apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica, São Paulo, 2017. Disponível em: [www3.ana.gov.br](http://www3.ana.gov.br).
5. RIBEIRO, L.M. Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA de Itabiritó. Ouro Preto, 2007. Dissertação Mestrado em Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Ouro Preto.