

REDUÇÃO DA DOSAGEM DE COAGULANTE NA ETA NOVA ATRAVÉS DE ADEQUAÇÃO DE MECANISMO DE COAGULAÇÃO- ADSORÇÃO/NEUTRALIZAÇÃO.

Márcia Cristina Martins⁽¹⁾

Técnica em Química. Química Industrial pela Universidade Vale do Rio Doce. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo. Operadora de ETA da CESAN-ES.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Perimetral, sem número, Bairro Vale Esperança, Cariacica, Espírito Santo -Brasil. Tel: (27) 99720-2154 - e-mail:marcia.martins@cesan.com.br

Renato Soares de Sá⁽²⁾

Técnico em Meio Ambiente. Biólogo – Licenciado pelo Centro Universitário Salesiano – Vitória – ES. Operador de ETA da CESAN-ES.

Endereço⁽²⁾: Avenida Perimetral, sem número, Bairro Vale Esperança, Cariacica, Espírito Santo -Brasil. Tel: (27) 99931-0112 - e-mail: renato.soares@cesan.com.br

RESUMO

Este trabalho foi realizado na ETA Vale Esperança - CESAN, Cariacica-ES, com o objetivo de melhorar as condições operacionais da ETA Nova (filtração direta) através da redução de dosagem de coagulante. Os testes foram realizados entre outubro e dezembro de 2021. As análises físico-químicas e os ensaios de jarteste foram realizados no laboratório da ETA Vale Esperança e aplicados na ETA Nova. Os resultados encontrados durante os testes foram bem satisfatórios, e a partir de março de 2022 a metodologia passou a ser utilizada por toda a equipe de operadores. Esta mudança refletiu na melhoria operacional da ETA, na redução de todos os insumos utilizados no processo, e na melhoria da qualidade da água tratada. Em 12 meses foram economizados aproximadamente 200.000 kg de Sulfato de alumínio, com conseqüente economia dos demais insumos, com custo hora-homem. Este trabalho foi desenvolvido durante o período de crise no setor de sulfato de alumínio, quando o produto teve aumento de 100% no custo, demonstrando a proatividade e o preparo da equipe de operadores de Vale Esperança para as mudanças que o mercado de saneamento exige, principalmente, após o estabelecimento do Marco do saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: filtração direta, sulfato de alumínio, mecanismo de coagulação, mecanismo de filtração.

INTRODUÇÃO

O Sistema de tratamento de água de Vale Esperança é o maior sistema da CESAN, considerando o volume total de água tratada (vazão máxima total 3500 L/s), e é composto por duas ETA's com diferentes tecnologias. A ETA Velha utiliza a tecnologia de tratamento convencional, e a ETA Nova, de filtração direta descendente com floculação. A água é captada no rio Jucu, em Cariacica-ES.

Sua última ampliação se deu em 1994, com a demanda de aumento da capacidade de produção de água, sendo assim construída ao lado da ETA já existente, a ETA Nova.

Considerando fatores como, como menor custo de construção, menor número de unidades envolvidas, e, portanto operação e manutenção simplificada, menor consumo de produtos químicos no processo de tratamento, menor volume de lodo gerado, e as características da água bruta observada à época com baixa turbidez e cor, a tecnologia de filtração direta surgiu como uma alternativa viável, oferecendo vantagens em relação ao tratamento convencional.

Atualmente, apenas durante alguns meses do ano se observam características de água bruta desejáveis/compatíveis com a tecnologia de filtração direta. Apesar desta limitação, que ocorre principalmente no período chuvoso, esta é uma ETA que produz uma água tratada com resultados satisfatórios, porém com alguns desafios operacionais. Um dos desafios recorrentes reside no fato de que a ETA foi projetada para vazão máxima de 1800 L/s e a vazão média de trabalho tem sido 1250 L/s.

Outro ponto observado, é que desde a inauguração da ETA Nova, a dosagem de coagulante aplicada foi de 1 mg/L a menos do que a que se aplicava na ETA Velha, de forma que a dosagem era praticamente a mesma nas duas ETA's. As características dos flocos formados na ETA Nova eram muito parecidas com aqueles formados na ETA Velha (ver figuras 1 e 2), gerando colmatagem, perda de carga e transpasse muito rápido nos filtros, e como consequência, além de alto consumo de produtos químicos, carreiras de filtração mais curtas, maior consumo de água de processo, retenção da água nos filtros etc.

Esses desafios levaram à busca por melhorias, que pudessem ser alcançadas de forma mais simples, rápida e menos onerosa.



Figura 1. Floculação ETA Nova antes da redução da dosagem



Figura 2. Retenção da água nos filtros da ETA Nova.

O período da pandemia de Covid-19, apesar de ter marcado a humanidade com tanto sofrimento, também trouxe novas oportunidades. Pela necessidade de manter o distanciamento físico, foram oferecidos variados cursos na modalidade à distância, que normalmente, no formato presencial seriam de custo muito alto e demandariam deslocamentos para longas distâncias, tornando inviável o investimento para um operador de ETA.

A novidade abriu caminhos para a auto capacitação e possibilitou o uso de novas ferramentas na busca por melhorias do processo, evidenciando que a equipe do Sistema Vale Esperança está preparada para as mudanças que o mercado de saneamento exige, principalmente após o estabelecimento do Marco do saneamento, com empregados comprometidos e que assumem o protagonismo na sua função, igualmente alinhados com o programa Transforme-C da CESAN, que tem o objetivo de estimular este protagonismo nos empregados.

Neste cenário, dois operadores se dispuseram a fazer cursos específicos na área de tratamento de água, e a partir da compreensão dos conceitos aprendidos nestes cursos, especificamente os de mecanismos de coagulação e mecanismos de filtração, em outubro de 2021 surgiu a iniciativa de testar e avaliar a redução de dosagem na ETA Nova, com o objetivo de melhorar as condições operacionais da ETA.

O presente trabalho não teve como objetivo discutir os conceitos de mecanismos de coagulação e filtração, nem investigar a forma como estes mecanismos estão acontecendo na prática, mas ressaltar que a compreensão destes conceitos foi o que permitiu alcançar não apenas o objetivo inicial, de melhorar as condições operacionais da ETA, como os demais resultados que serão apresentados e discutidos.

Os testes foram realizados entre outubro e dezembro de 2021, num momento de crise no setor de produção de sulfato de alumínio, quando o valor deste insumo sofreu um aumento de mais 100%. E a partir de março de 2022 toda a equipe passou a usar o mesmo procedimento, com resultados bem relevantes, que estão impactando na melhoria operacional da ETA Nova, na redução do consumo de todos os insumos e na melhoria na qualidade da água tratada.

O trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira, foi feita uma mudança no ponto de dosagem de polímero na ETA Nova. Posteriormente, iniciaram-se os ensaios de jarteste em laboratório e aplicação na ETA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O coagulante deve possuir como característica principal a capacidade de desestabilizar ou envolver as partículas coloidais e as partículas suspensas na água (Libânio, 2010).

Dalsasso, R. L. & Sens, M. L. (2005) afirmam que a resistência e a densidade dos flocos podem ser influenciadas pelo tipo e dosagem de coagulante ou do auxiliar de coagulação utilizado no tratamento, bem como pelas condições de coagulação e floculação.

Portanto, conhecer e aplicar a dosagem ótima do coagulante determina o sucesso da etapa de coagulação, e como consequência irá refletir nos resultados das demais etapas a serem empregadas no tratamento e na dosagem dos demais insumos.

No tratamento convencional ou de ciclo completo a coagulação ocorre pelo mecanismo de varredura. Este mecanismo conduz a dosagens bem mais elevadas em relação ao mecanismo de adsorção-neutralização, resultando em flocos de maior peso e facilidade de sedimentação nos decantadores, produzindo uma água decantada com baixíssima turbidez (Vianna, 2010).

A figura 3 ilustra de forma simplificada como isso ocorre.

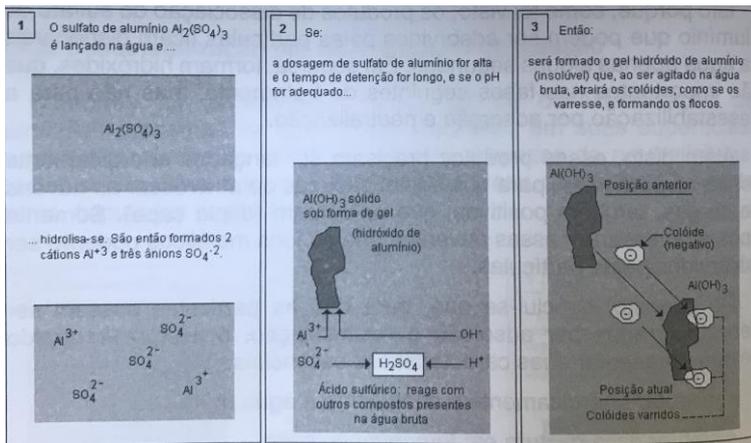


Figura 3. Esquema de mecanismo de coagulação por varredura (Vianna, 2010)

Na filtração direta é importante produzir flocos com tamanho adequado e com resistência ao cisalhamento decorrentes das forças hidrodinâmicas do escoamento, aumentando a eficiência de retenção dos microflocos nos interstícios do leito filtrante (Libânio, 2010).

Portanto, na tecnologia de filtração direta é desejável que o mecanismo de coagulação seja por adsorção/neutralização, principalmente para águas com baixa cor e turbidez. Para águas com tais características, o mecanismo de varredura iria formar flocos com baixa velocidade de sedimentação e, portanto, dificuldade para sedimentar ou flotar (Di Bernardo *et al*, 2017).

Neste mecanismo a desestabilização das partículas presentes na água bruta ocorre por adsorção em suas superfícies pelas diversas espécies hidrolisadas de carga positiva que são formadas pela dissociação do sulfato de alumínio quando adicionado na água. Estas unidades hidrolisadas permanecem por poucos segundos na massa líquida, conduzindo à formação de flocos menores (Vianna, 2010), como mostra a figura 4.

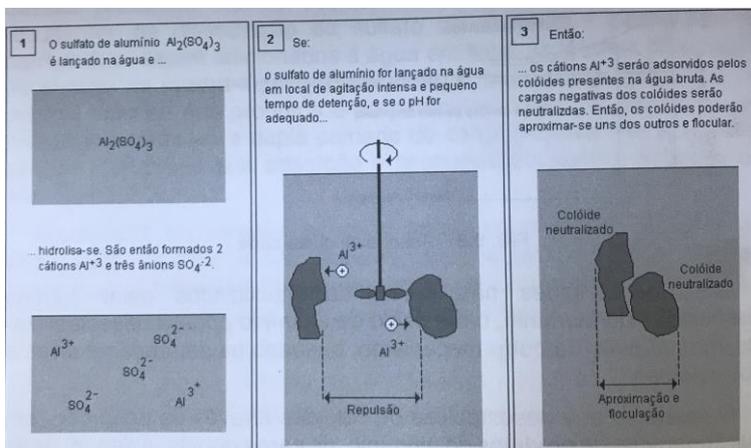


Figura 4. Mecanismo de coagulação por adsorção/neutralização (Vianna, 2010)

Em complementação aos mecanismos de coagulação foi importante conhecer e compreender os mecanismos de filtração, principalmente porque no tratamento de água por filtração direta o material do leito filtrante funciona como microunidades decantadoras (Di Bernardo *et al*, 2017). Sendo fundamental que os flocos tenham as características próprias resultantes de um mecanismo de coagulação por adsorção/neutralização, pois flocos muito grandes vão colmatar rapidamente a superfície do leito filtrante e flocos com pouca resistência ao cisalhamento vão se desprender com facilidade concorrendo para que ocorra o transpasse mais rápido.

Esses mecanismos são complexos e resultam da ação conjunta, principalmente, de três fenômenos: transporte, aderência, e desprendimento das partículas em suspensão que se pretende remover. Em geral, o regime de escoamento na filtração é laminar, de modo que as partículas se movem ao longo de linhas de corrente. Para

que sejam removidas é necessário que os mecanismos de transporte desviem suas trajetórias, conduzindo-as à superfície dos grãos (coletores) do meio filtrante, e as forças que tendem a mantê-la aderida ao coletor superem as que atuam do sentido de desprendê-las (Di Bernardo, 2017)

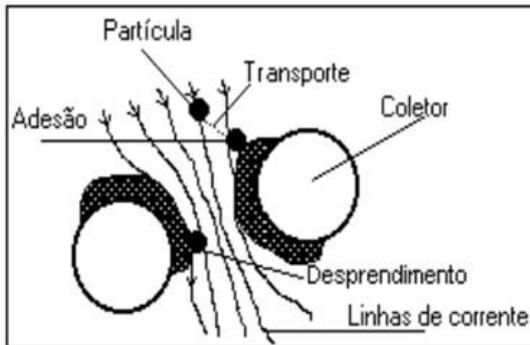


Figura 5. Ilustração simplificada dos mecanismos de filtração (adaptado de Di Bernardo, 2017)

A partir da compreensão desses conceitos, descritos de forma bem simples acima, deu-se início aos testes. Os ensaios de jarreste e demais análises, foram realizados no laboratório de Vale Esperança, e a aplicação dos resultados foram feitos na ETA Nova, de forma concomitante.

O laboratório da ETA não possui um aparelho de jarreste específico para filtração direta, portanto para determinação da melhor dosagem a ser aplicada na ETA Nova foi utilizado um aparelho de jarreste para tratamento convencional, e a partir do resultado encontrado foi feita adaptação para filtração direta.

As duas etapas estão descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: ALTERAR PONTOS DE DOSAGEM POLÍMERO

A primeira etapa do trabalho consistiu em alterar os pontos de dosagem de polímero na ETA Nova. Usualmente os pontos utilizados eram 2, 3 e 4, como mostra a figura 6, ocorrendo de forma simultânea nos três pontos ou no ponto 3 e 4, que era a configuração utilizada no início dos testes, o que estava contribuindo para a formação de um floco muito grande. A configuração foi alterada para dosar apenas no ponto 2 e quando possível, em função da qualidade da água bruta, promover a redução na dosagem de polímero.

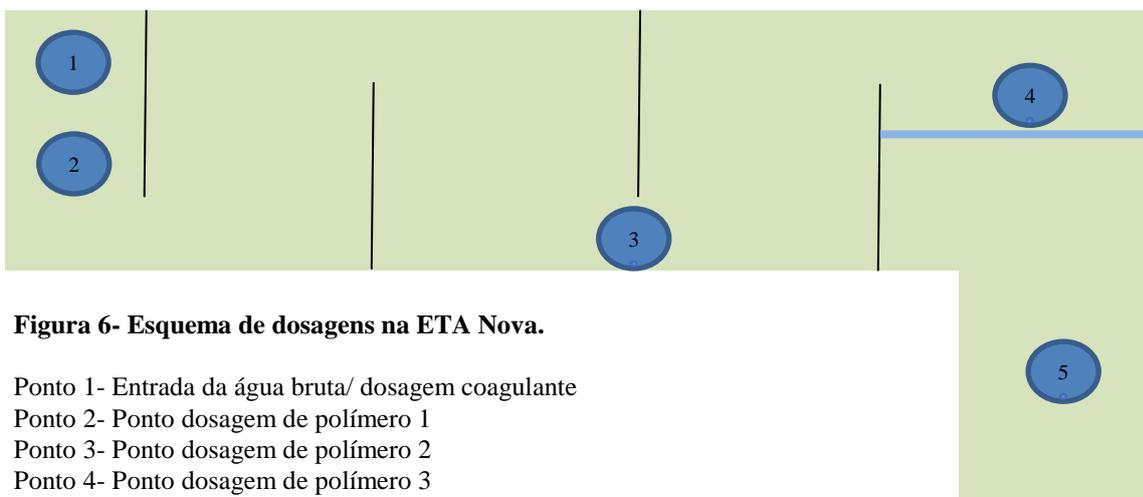


Figura 6- Esquema de dosagens na ETA Nova.

- Ponto 1- Entrada da água bruta/ dosagem coagulante
- Ponto 2- Ponto dosagem de polímero 1
- Ponto 3- Ponto dosagem de polímero 2
- Ponto 4- Ponto dosagem de polímero 3
- Ponto 5- Canal de água flokulada para os filtros.

SEGUNDA ETAPA: TESTES EM LABORATÓRIO E APLICAÇÃO NA ETA

Na segunda etapa foram realizados ensaios de jarreste (aparelho com capacidade de seis jarros) para tratamento convencional (mistura rápida, mistura lenta e decantação). Os ensaios foram realizados com incremento de 2 em 2mg/L, tomando-se como referência a dosagem aplicada na ETA Velha naquele dia. Por exemplo, se a dosagem aplicada na ETA fosse de 14 mg/L, para o ensaio de jarreste então, seriam aplicados 8, 10, 12, 14, 16 e 18 mg/L consecutivamente em cada jarro.

Para definir a melhor dosagem para a ETA Nova os testes foram feitos na própria ETA, partindo do melhor resultado encontrado no jarreste e diminuindo de 1 em 1 mg/L consecutivamente até encontrar a dosagem adequada para filtração direta.

Para validação dos resultados, foi feito acompanhamento visual da floculação, observando-se as características dos flocos, testes de pH da água coagulada e análise dos efluentes. Ao longo do dia também era avaliado o impacto na carreira dos filtros. Esperava-se o tempo de resposta da ETA (em média 20 minutos), e um intervalo de uma hora para estabilização.

À medida que os resultados eram satisfatórios, reduzia-se a dosagem em 1 mg novamente e repetia-se todo o processo descrito acima, até encontrar o limite de qualidade da água tratada que atendesse aos padrões da Portaria de potabilidade. Este limite era definido pela análise da qualidade dos efluentes, sendo que ao observar que a turbidez dos efluentes apresentasse tendência de aumento, mas sem comprometer a qualidade da água de saída, estabilizava-se naquela dosagem ou voltava-se a trabalhar com dosagem imediatamente anterior (1 mg/L a mais).

Os testes foram realizados durante os meses de outubro a dezembro de 2021 por apenas 2 operadores (uma equipe dentre quatro). Em função da crise no mercado de produção de sulfato de alumínio em janeiro de 2022, os testes foram interrompidos, e nos meses de janeiro e fevereiro de 2022 o coagulante utilizado nas duas ETA's foi o PAC.

A partir de março de 2022 iniciou-se a dosagem de sulfato de alumínio novamente nas duas ETA's, e todas as duplas de operadores começaram a usar a metodologia descrita acima na ETA Nova.

Embora os resultados apresentados neste trabalho sejam referentes a testes realizados até o mês de dezembro de 2022, serão apresentados também os dados de dosagem média dos meses de janeiro, fevereiro e março de 2023, evidenciando uma tendência de aumento na diferença de dosagem entre as duas ETA's nestes meses.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Após a alteração no ponto de dosagem do polímero observou-se, visualmente, a redução no tamanho dos flocos.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Os dados utilizados para apresentar e discutir os resultados estão disponíveis no banco de dados da CESAN, o Sincop, e são referentes aos meses de março a dezembro 2022, comparados ao mesmo período relativo ao ano de 2021. A metodologia continua sendo aplicada até o presente momento (abril 2023), inclusive para o período chuvoso, com a mesma tendência de resultado.

Os dados de janeiro a março de 2023 não foram incluídos por indisponibilidade de todos os resultados necessários. Mas serão apresentados os dados relacionados às dosagens de sulfato de alumínio neste período, para efeito de cálculos da economia de coagulante e para demonstrar que a consolidação da metodologia conduz a aplicação de dosagens cada vez mais baixas na ETA Nova.

O primeiro ponto a ser apresentado e que se pretende destacar, é a redução da dosagem de sulfato de alumínio na ETA Nova, fazendo uma comparação o mesmo período do ano de 2021, e tomando a dosagem aplicada ETA Velha como referência.

O gráfico abaixo mostra as dosagens aplicadas nas duas ETA's no ano de 2021, e pode-se observar que as dosagens médias foram as mesmas nos meses de março e abril e variaram em no máximo 2 mg/L nos meses seguintes. Esse comportamento reflete o que acontecia desde a inauguração da ETA.

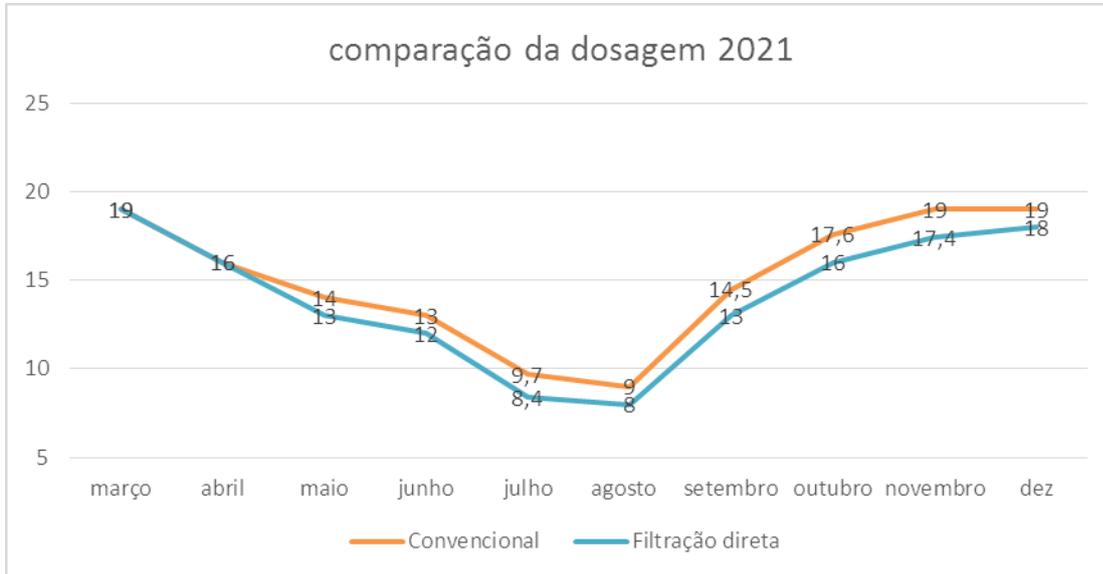


Figura 9-Comparação entre as dosagens de sulfato de alumínio aplicadas para cada ETA em 2021.

A partir de março de 2022, quando a metodologia passa a ser usada por toda a equipe, não se observa mais o uso da mesma dosagem nas duas ETA's e a diferença de dosagem média varia entre 2 e 5 mg/L. Os valores demonstrados no gráfico abaixo são valores médios para cada mês, sendo que para médias diárias pôde-se observar uma diferença de dosagem entre as duas ETA's de até 7mg/L.

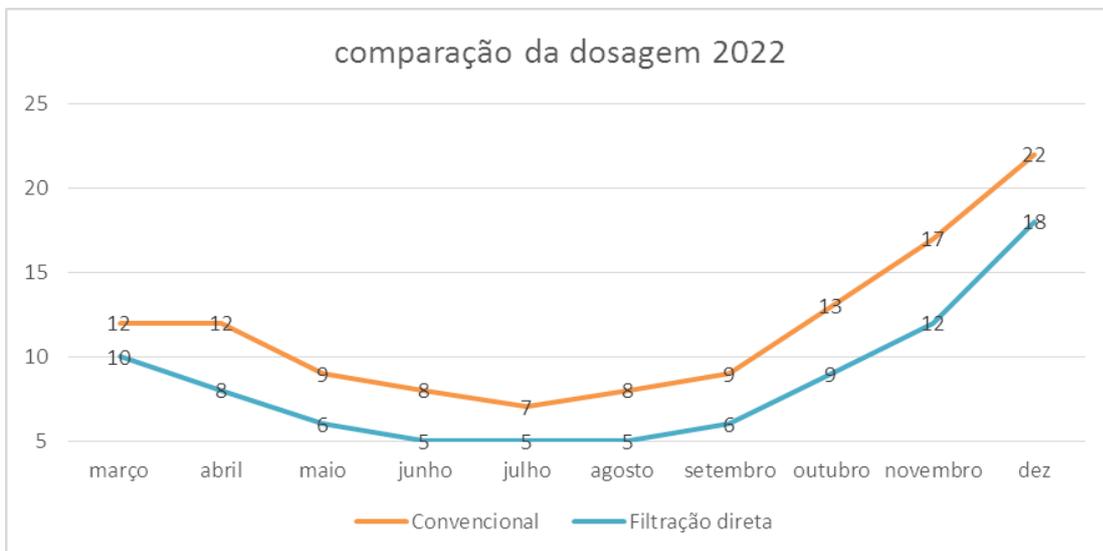


Figura 10- Comparação entre as dosagens de sulfato de alumínio aplicadas para cada ETA em 2022.

Os resultados apresentados foram encontrados para água bruta com uma considerável variação de turbidez e cor aparente, como mostram os gráficos 11 e 12, demonstrando que a metodologia se aplica para diferentes características de água bruta, mesmo com a limitação que a tecnologia de filtração direta apresenta para águas com turbidez muito acima do recomendado (25 NTU). Os dados abaixo são valores médios mensais da água bruta no período avaliado.

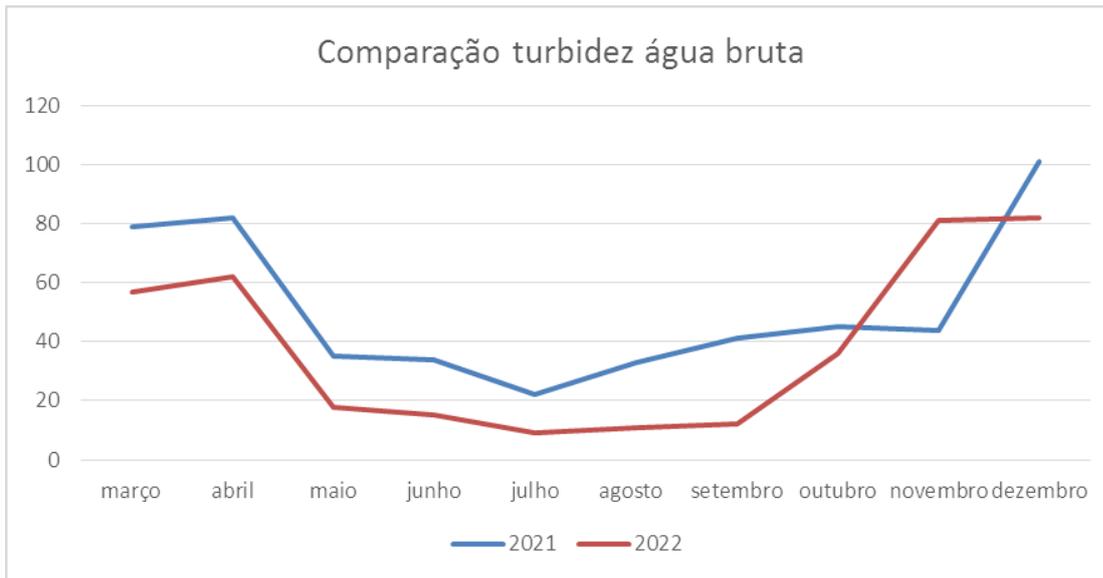


Figura 11: Comparação dos valores de turbidez da água bruta entre os mesmos períodos de 2021 e 2022.

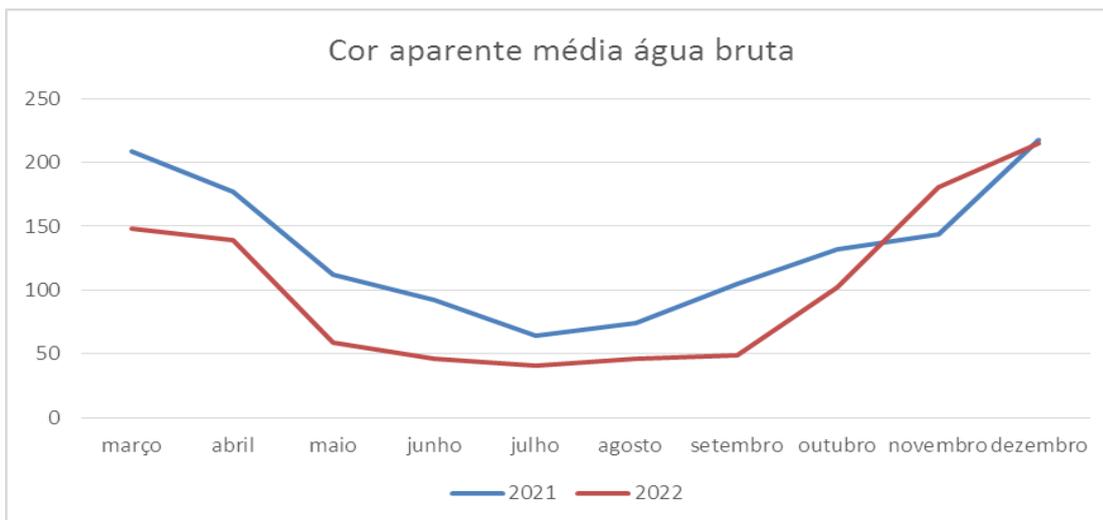


Figura 12- Comparação dos valores de cor aparente da água bruta entre os mesmos períodos de 2021 e 2022.

Os gráficos acima mostram que entre março e setembro de 2022 a água bruta se apresentou com valores de turbidez mais baixo que no mesmo período de 2021. Mas o ponto que deve ser destacado é que independente da turbidez da água bruta, a partir de março de 2022, quando todos os operadores já estavam utilizando a metodologia, os valores de dosagem na ETA Nova estão mais baixos que na ETA velha em média 4 mg/L, o que, no mesmo período do ano anterior era em média 1 mg/L. Nos meses de dezembro/22 e janeiro/23, período de turbidez mais alta, foi possível aplicar dosagens de até 7 mg a menos que as aplicadas no tratamento convencional.

Os dados referentes aos meses de janeiro a março de 2023 (figuras 12 e 13) serão apresentados para comparação e discussão exclusiva sobre a redução de dosagem de sulfato de alumínio na ETA Nova.

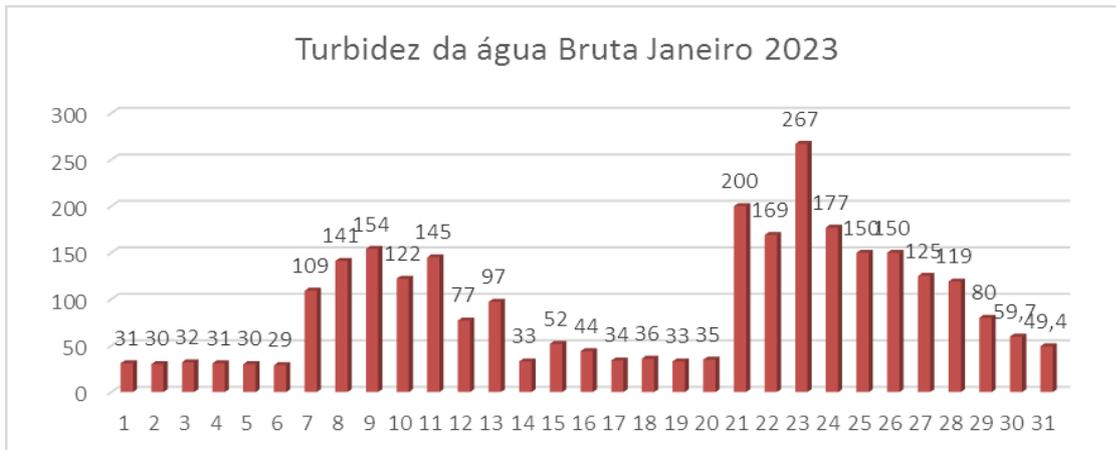


Figura 12- Turbidez de água bruta no mês de janeiro de 2023.

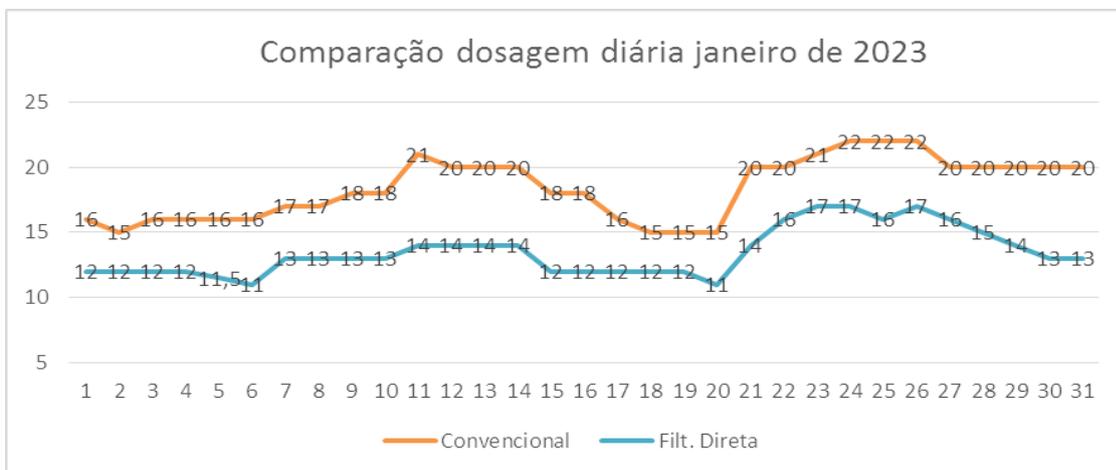


Figura 13- Comparação dosagem média diária de sulfato de alumínio entre as duas ETA's em janeiro de 2023.

Os resultados encontrados no mês de janeiro de 2023 foram apresentados com médias diárias para ilustrar melhor como a metodologia está consolidada e para confirmar que se aplica a qualquer variação de turbidez, como mostram os gráficos acima. Para turbidez de água bruta de 30 (entre os dias 1 e 6) e 267 NTU (dia 23) foi possível utilizar 4 mg/L a menos na ETA Nova. Para valores de turbidez que variaram na faixa de 100 NTU foi possível aplicar 6 mg/L a menos na ETA Nova. E a partir do dia 30, com valor de turbidez de 50 NTU foi possível aplicar 7 mg/L a menos. É importante ressaltar que em todo o tempo o principal objetivo é produzir uma água filtrada com qualidade que atenda aos padrões de qualidade exigidos pela Portaria GM/MS nº 888.

Abaixo estão apresentados os dados de turbidez da água bruta e dosagem média mensal de sulfato de alumínio para os meses de janeiro a março de 2023, seguindo a mesma tendência observada acima.

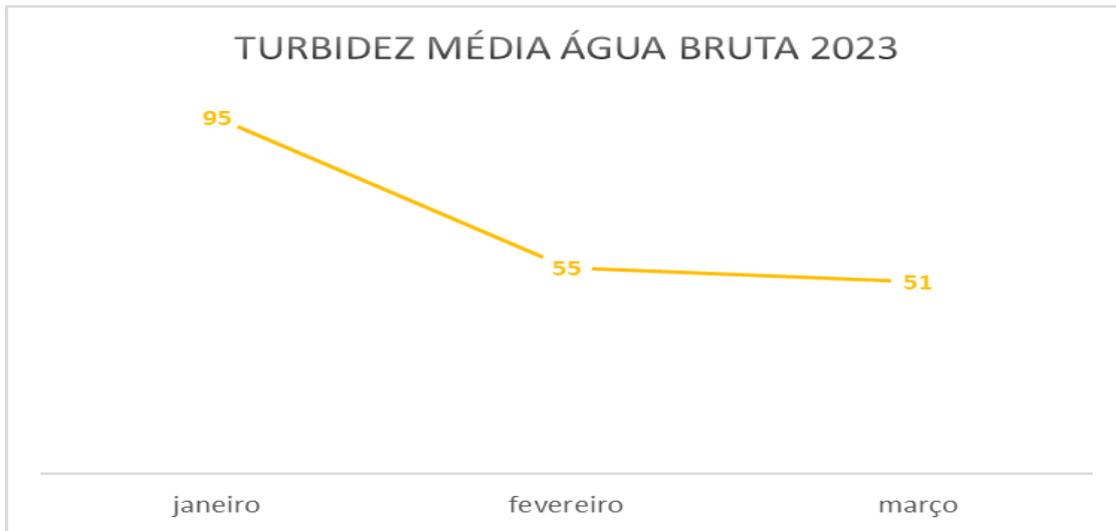


Figura 14- Turbidez média da água bruta em janeiro de 2023.

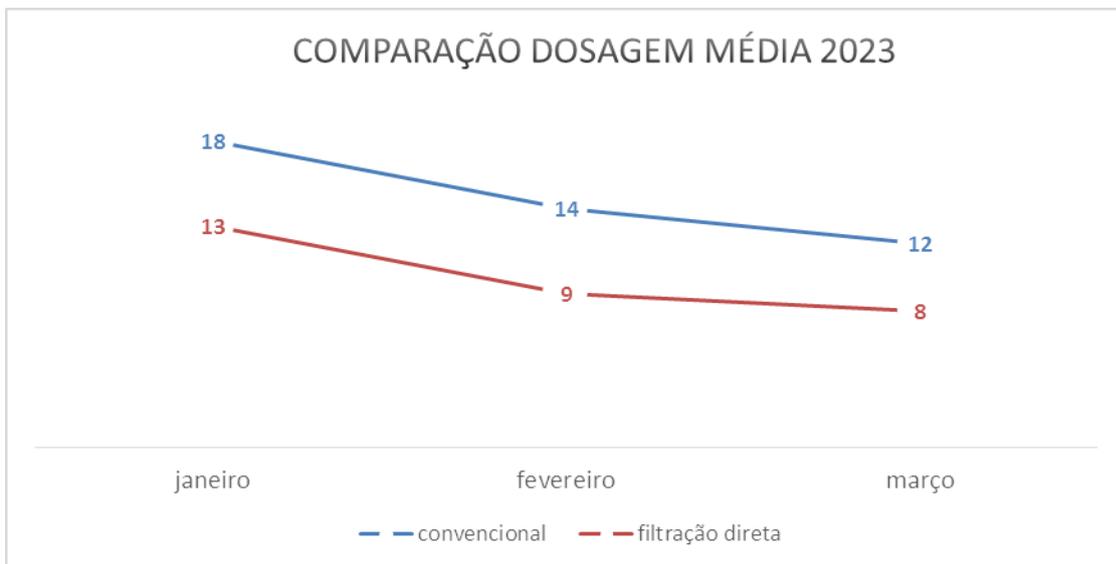


Figura 15- Comparação dosagem diária janeiro de 2023

Os dados acima evidenciam que a dosagem de sulfato de alumínio nas duas ETA's segue a tendência de aumento/diminuição da turbidez da água bruta, como se é esperado. Porém, a partir destes dados, não é possível afirmar que há uma correlação direta ou inversa, entre a diferença de dosagem aplicada na duas ETA's com a turbidez da água bruta, pois esta diferença é variável.

Outro ponto que fica evidenciado é que o uso da metodologia durante os meses de março a dezembro permitiu aos operadores adquirirem confiança para reduzir as dosagens com mais segurança na ETA Nova. É importante considerar que não há um aparelho de jarteste específico para filtração direta e que o processo passa pela avaliação, visual dos flocos, acompanhamento da saída da turbidez nos efluentes dos filtros e do tempo de corrida dos filtros.

Os reflexos da otimização da dosagem de sulfato na qualidade da água da ETA Nova, são apresentados na figura15 através dos resultados da turbidez na saída dos filtros da ETA Nova (Filtração direta) que apresentaram valores menores que 0,5 NTU. Estes valores são uma média mensal.

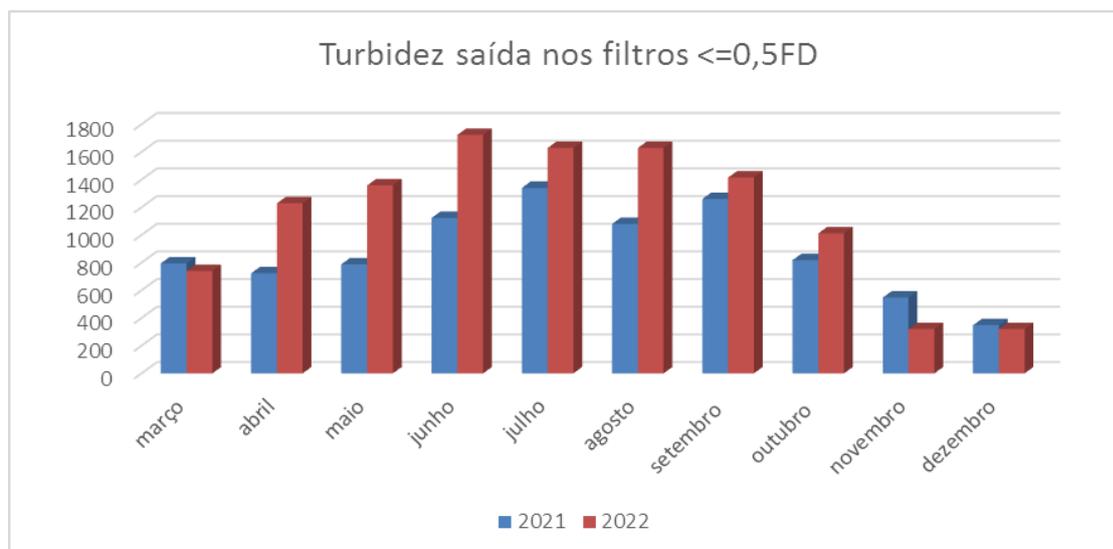


Figura 15- Turbidez na saída dos filtros < 0,5 NTU.

O gráfico da figura 15 demonstra que o número de amostras dos efluentes dos filtros que apresentaram turbidez $\leq 0,5$ NTU aumentou consideravelmente entre abril e agosto, e a partir do mês de setembro, se mantiveram maiores mesmo havendo um aumento na turbidez da água bruta em relação ao ano anterior.

A tabela 1 apresenta o número de amostras coletadas na saída da ETA com resultados de turbidez > 1 NTU no período de março de 2021 a dezembro de 2022. Observa-se que houve uma redução significativa no número de amostras com valores de turbidez acima de 1 NTU após adequação da dosagem de sulfato de alumínio aplicado na ETA Nova.

Tabela 1- Amostras de água na saída da ETA com turbidez > que 1 NTU.

	TURBIDEZ NTU	
	2021	2022
Março	70	1
Abril	46	5
Maio	29	0
Junho	0	0
julho	0	0
agosto	0	0
setembro	3	0
outubro	22	9
novembro	16	30
dezembro	55	72

A partir de março de 2022, início do uso da metodologia por todos os operadores, observa-se uma queda brusca nos números de análises com valores de turbidez acima de 1 NTU na saída da ETA, esses valores representam entre 60 e 100% de redução, e se mantiveram até o mês de outubro.

Nos meses de novembro e dezembro, quando há um aumento na turbidez da água bruta em relação ao ano anterior, e são valores de turbidez que estão muito acima do que se recomenda para a tecnologia de filtração direta, observa-se um aumento no número de amostras com turbidez acima de 1 NTU. Mas proporcionalmente, e considerando o aumento de turbidez da água bruta, esses números foram bem menores, comparados com o número de anomalias observadas entre março e maio de 2021.

As figuras 16 e 17 apresentam os resultados referentes ao aumento no volume de água produzida pela ETA Nova e aumento no tempo de corrida dos filtros após a adequação de dosagem de sulfato de

alumínio.

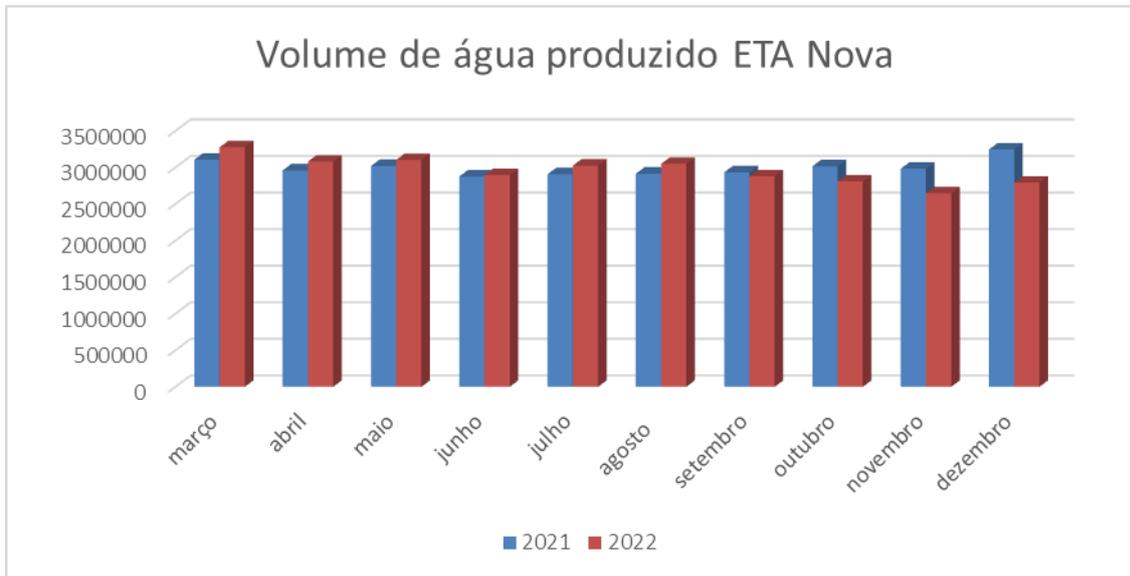


Figura 16- Volume de água produzido pela ETA Nova em m3/mês

Houve um aumento discreto no volume produzido pela ETA Nova entre março e agosto, o que indica ter se dado pela redução na dosagem de sulfato na ETA Nova. A partir do mês de setembro, quando começa a ocorrer um aumento da turbidez da água bruta, há uma redução no volume de água produzido pela ETA Nova, o que se justifica por ser uma ETA de filtração direta, que requer uma água bruta com valores de turbidez mais baixos.

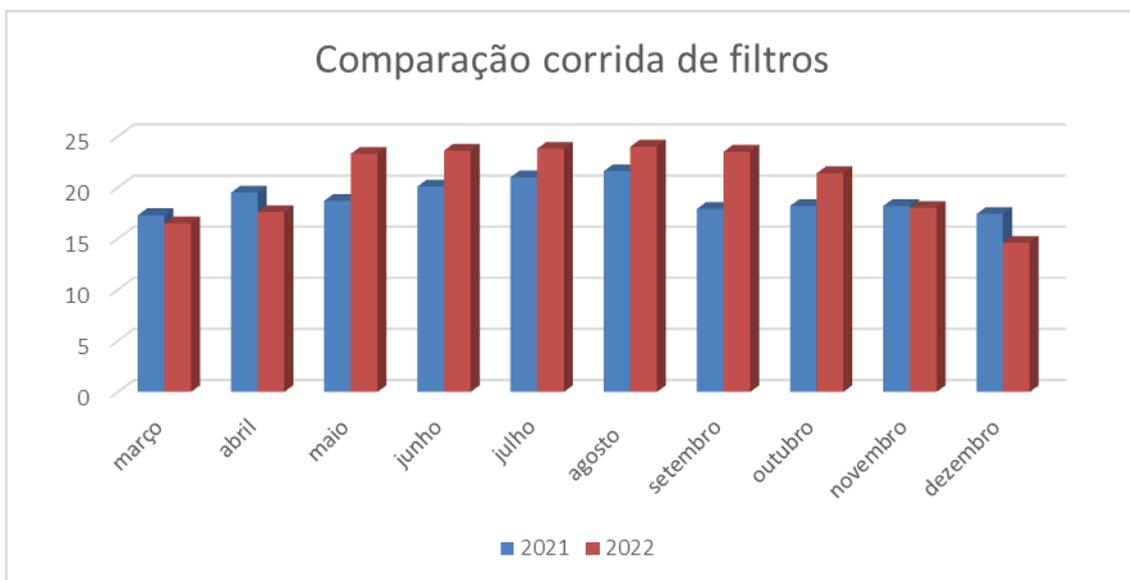


Figura 17- Tempo de corrida média dos filtros da ETA Nova em horas.

Em relação à corrida de filtros, como se observa no gráfico 17, houve um aumento no tempo, prolongando o tempo em que o filtro permanece em operação, e deve ser atribuído à redução na dosagem de coagulante, pois nos meses de setembro, outubro e novembro, mesmo havendo um aumento da turbidez da água bruta, observa-se que as corridas dos filtros ainda se mantêm um pouco mais longas.

Os resultados sobre a redução na dosagem de sulfato de alumínio e nos demais insumos utilizados no tratamento de água da ETA Nova estão apresentados nas figuras 18,19 e 20.

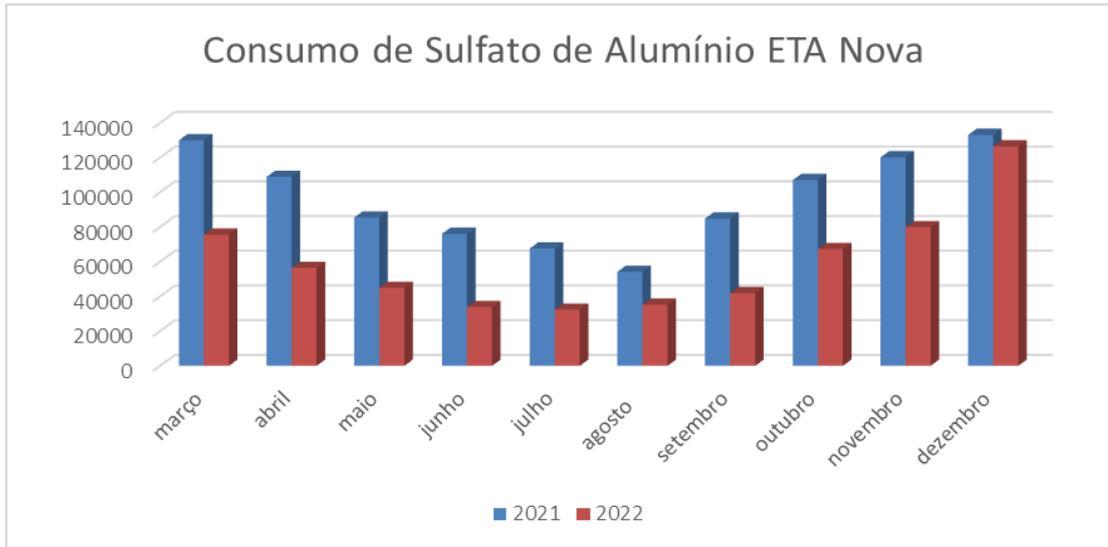


Figura 18- Comparação de consumo de sulfato de alumínio na ETA Nova nos mesmos períodos de 2021 e 2022.

Não é possível afirmar que toda economia de sulfato de alumínio foi devida exclusivamente à nova metodologia, pois a turbidez média da água bruta em 2022 foi um pouco mais baixa. Mas é possível afirmar que grande parte desta economia deve ser atribuída ao fato de que a ETA Nova trabalhava em média com 1 unidade de mg/L de sulfato a menos que a ETA Velha, e que atualmente este valor tem sido em média 4 unidades de mg/L a menos.

Abaixo é apresentado o valor montante economizado entre março de 2022 e fevereiro de 2023.

Montante economizado em 12 meses	
Quantidade em Kg de sulfato de Alumínio	Valor em reais
200.000	320.000

Nota: valor Kg Sulfato para cálculos: R\$1,60

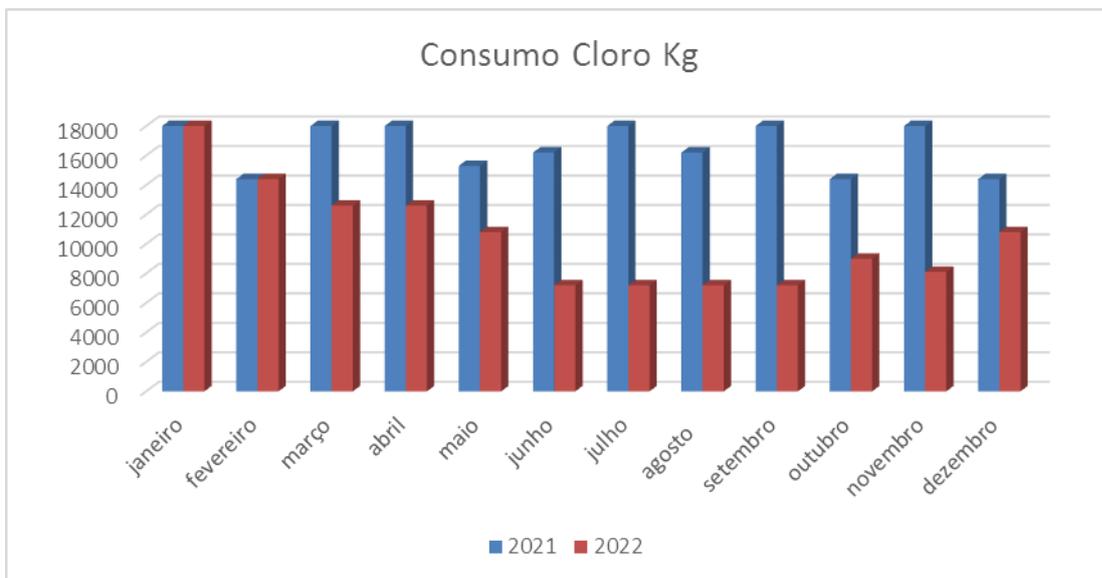


Figura 19- Comparação do consumo de cloro gás no mesmo período nos anos de 2021 e 2022.

Especialmente para o consumo de cloro foram apresentados os resultados para os meses de janeiro e fevereiro, quando estava sendo dosado o PAC, mostrando que o consumo de 2021 e 2022 foram praticamente os mesmos. A partir de março de 2022 há uma queda considerável, chegando a diferenças na faixa de 10000 kg/mês quando comparado ao ano anterior. Isso demonstra que a melhora na qualidade da água impactou diretamente na redução do consumo deste insumo, como mostra o gráfico 19.

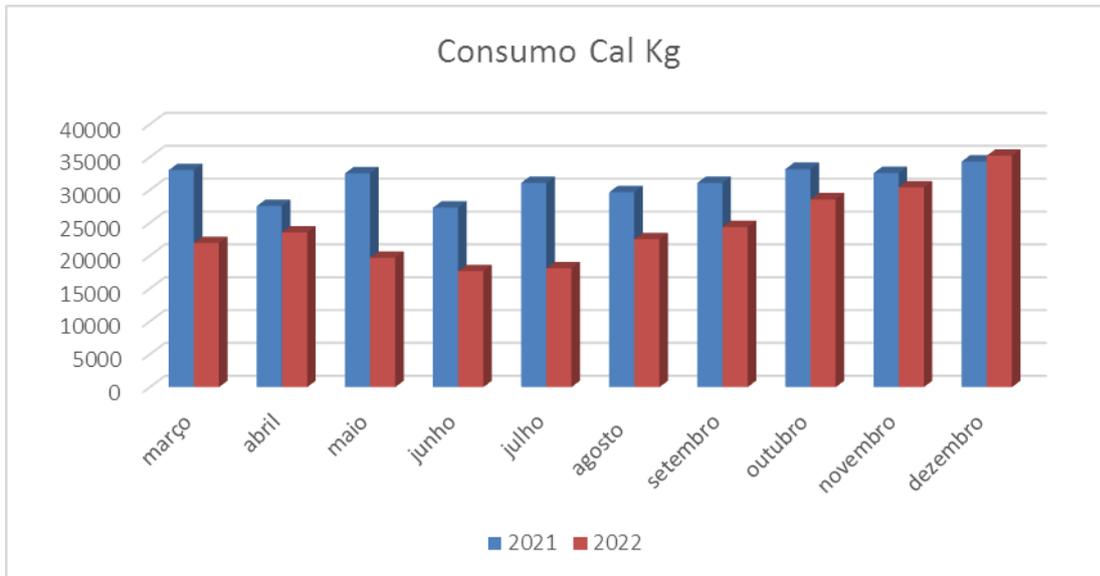


Figura 20- Comparação do consumo de cal hidratada no mesmo período nos anos de 2021 e 2022.

O consumo de cal hidratada também sofreu uma redução significativa, o que se justifica pela redução na dosagem de sulfato de alumínio, que reduz o pH da água bruta na mistura rápida.

A seguir duas fotos para ilustrar a dificuldade enfrentada anteriormente e a melhoria operacional observada atualmente.



Figura 21- Foto ETA Nova no ano 2021

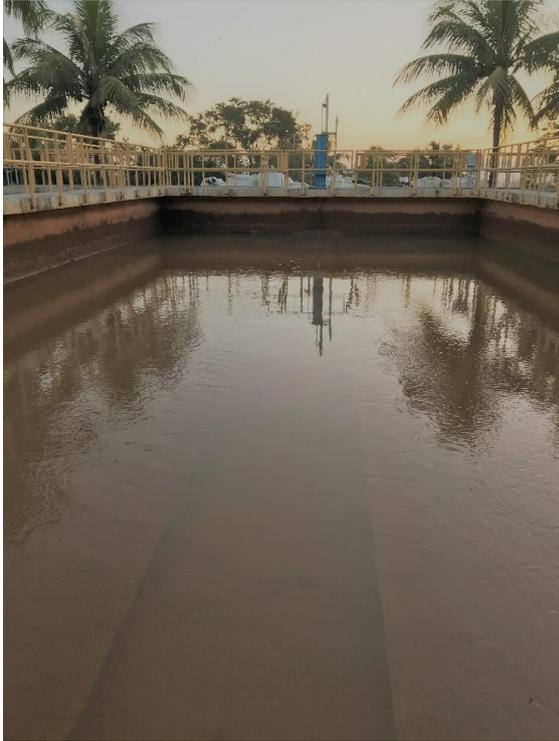


Figura 22 - Foto ETA Nova no ano 2022/2023

As fotos acima sintetizam os resultados que foram apresentados e discutidos anteriormente, e devem ser vistas considerando que o volume de água tratada no momento é discretamente maior que no mesmo período do ano 2021 (período de estiagem). Mas o fato mais importante é que a água não fica mais represada nos filtros e com perda de carga muito rápida nos filtros como ocorria anteriormente.

Esse efeito pode ser atribuído à qualidade da água bruta, com valores mais baixos de cor e turbidez, mas se explica pelos resultados alcançados com a otimização da dosagem de coagulante, pois, quando a filtração direta é realizada sob condições otimizadas de floculação, os custos operacionais da ETA podem diminuir, devido à redução do consumo de produtos químicos e ao aumento da duração de carreira da filtração, é o que afirma Di Bernardo (2017), e pôde ser demonstrado através dos resultados.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A adequação e otimização da dosagem de sulfato de Alumínio na ETA Nova proporcionou uma economia de até 50% em relação ao que era aplicado anteriormente.

Em consequência da redução da dosagem de coagulante houve uma importante economia também na dosagem de cal hidratada e cloro gás.

Houve melhora significativa na qualidade da água tratada.

Houve um aumento na duração das carreiras dos filtros.

O custo das adaptações realizadas e da otimização na dosagem de sulfato na ETA teve um custo zero para a empresa.

A dosagem de polímero na saída da canaleta de água floculada estava contribuindo para formação de flocos muito grandes, e a dosagem apenas no início do processo (logo após adição de coagulante) contribuiu para melhorar as características dos flocos para a filtração direta.

A capacitação dos empregados através de treinamentos e cursos específicos na área de atuação, é importante, necessária e se converte em melhorias para o processo.

Na época em que foram realizados os estudos a prioridade básica era a melhoria operacional da ETA que estava demandando muito tempo e atenção, pois a água ficava retida nos interior dos filtros, além da qualidade da água e o aumento da capacidade da estação. Atualmente, a estação encontra-se trabalhando com dosagens de até 50% inferiores ao que se aplica à ETA Velha, já foi possível trabalhar com vazão de 1600 L/s por períodos curtos, e mantendo a qualidade da água conforme os padrões exigidos pela Portaria 888. Mas a média tem sido 1350 L/s.

Recomenda-se que sejam realizados testes aumentando a vazão da ETA Nova gradativamente e avaliando o aumento da água de lavagem dos filtros para encontrar qual a vazão máxima que se pode trabalhar, garantindo a qualidade da água de saída.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dalsasso, R. L. , SENS, M. L. Filtração direta com pré-floculação e coagulação com sulfato de alumínio e hidroxicloreto de alumínio: estudo com água de manancial eutrofizado. Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol.11- n°3- jul/set 2006.
2. DI BERNARDO, L. et al. Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta. PROSAB 3. RIMA Editora, 498p. Rio de Janeiro, 2003.
3. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B. VOLTAN, P. E. N. Métodos e técnicas de tratamento de água. v.1, 3.ed. São Carlos: LDiBe Editora, 2017.
4. LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3 ed. Campinas: Editora Átomo, 494 p., 2010.
5. DI BERNARDO, L. et al. Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta. PROSAB 3. RIMA Editora, 498p. Rio de Janeiro, 2003.
6. VIANNA, M. R., NETO M. R. V. Química para engenheiros sanitaristas e ambientais: volume 1: fundamentos de química aplicada ao saneamento. 1ªEd. – Belo Horizonte: Universidade FUMEC/FEA, 2010.