



## ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO AUMENTO DA TURBIDEZ DA ÁGUA DECANTADA EM ETA DE CICLO COMPLETO

**Iuli Theisen Andersen da Silva Escalante<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química especialista em Engenharia Ambiental e Sanitária. Pós-graduanda em Gestão de Projetos.

**Karoline Ducci dos Santos<sup>(2)</sup>**

Técnica em Química. Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária.

**Felipe Nóbrega Jardim<sup>(3)</sup>**

Biólogo especialista em Gestão de Riscos, Gestão de Recursos Hídricos e Tratamento de Água.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Plácido Affonso Rausis, 287 – Nova Brasília - Joinville - Santa Catarina - CEP: 89213-600 - Brasil - Tel: +55 (47) 996311236 - e-mail: iuli.theisen@gmail.com

### RESUMO

Este estudo analisou as possíveis causas para a elevação da turbidez da água decantada na Estação de Tratamento de Água Cubatão (Joinville/SC) acima de 3 NTU. Foram investigadas quatro hipóteses principais: alteração da temperatura da água nas unidades operacionais, aumento do pH da água bruta, elevação da vazão afluente e ajuste operacional da dosagem de coagulante. A análise mostrou que, embora haja potencial para fluxos convectivos no floculador devido a pequenas variações térmicas, estes não são suficientes para ressuspensão significativa de flocos. Verificou-se forte correlação entre o pH da água bruta e a turbidez da água decantada, mas sem causalidade direta manipulável. A vazão afluente apresentou baixa correlação com a turbidez, indicando outros fatores mais influentes. Por fim, identificou-se que a falta de ajuste adequado na dosagem de coagulante, principalmente em eventos de aumento de vazão combinados com alta turbidez da água bruta, é a principal causa para o aumento da turbidez da água decantada. O estudo conclui que o desempenho do processo de coagulação/flocação precisa ser constantemente otimizado para manter a qualidade da água tratada e sugere a implementação de protocolos operacionais mais rigorosos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de Água, Turbidez, Ajuste de Coagulante

### INTRODUÇÃO

O processo de tratamento de água é visto como um conjunto de manipulações da água para torná-la apta ao abastecimento público, atendendo ao padrão de qualidade físico-química e microbiológica determinado pela agência reguladora (Filho, 2020). A Estação de Tratamento de Água (ETA) Cubatão, localizada em Joinville, Santa Catarina, e de responsabilidade da Companhia Águas de Joinville é de ciclo completo, contemplando as etapas de flocação/coagulação, decantação, filtração e desinfecção. Para cada etapa, há o monitoramento e registro de vários parâmetros físico-químicos, sendo dois deles o pH (potencial hidrogeniônico, adimensional) e turbidez (dispersão da luz causada por partículas suspensas e coloidais, NTU) (Di Bernardo, et al, 2011).

Para que não haja acolmatação do meio filtrante, causando redução na taxa de filtração, os processos anteriores devem ser finamente operados, com ajuste da melhor dosagem de coagulante para ocorrer a flocação/coagulação e descargas de lodo frequentes nos decantadores para evitar ressuspensão e arraste de flocos.

Quando a dosagem do coagulante Sulfato de Alumínio é ajustada com base no Jartest e na análise visual da flocação no floculador, mas ainda assim ocorre aumento da turbidez da água decantada acima de 3 NTU (parâmetro interno adotado como indicador), é necessário considerar outros fatores que podem contribuir para esse fenômeno — incluindo a possibilidade de inadequação na dosagem do coagulante. Assim, foram elencadas quatro principais hipóteses para análise dos dados e realização de testes, quando aplicáveis, sendo elas:

1. Alteração da temperatura da água nas unidades operacionais, criando um fluxo convectivo. É observado que em dias mais quentes e em momentos com maior incidência solar há maior arraste de flocos do decantador, podendo ser causado pela convecção da água, devido mudança na densidade ocasionada pelo aumento da temperatura.
2. Elevação do pH da água bruta. Durante o turno da tarde, se observa uma elevação do pH da água bruta e da turbidez da água decantada, podendo estes fatores estarem interligados de alguma forma devido à modificação dos processos de coagulação e flocação, que sofrem influência de parâmetros como pH, alcalinidade e turbidez.

3. Elevação da vazão de trabalho. A vazão afluente na estação também pode ser um dos fatores para a elevação da turbidez na água decantada, visto que o seu aumento de forma não escalonada pode criar um fluxo pistão no sistema, ressuspensando os flocos sedimentados no decantador. Normalmente no turno da tarde ocorre um maior consumo de água nos reservatórios da cidade, sendo solicitado o aumento de produção de água. Essa ação ocorre em conjunto com a elevação de pH da água bruta e elevação da turbidez da água decantada.

4. Ajuste operacional da dosagem de coagulante, quando há alteração das características da água bruta, como a turbidez ou da vazão afluente. Caso seja aumentada a vazão afluente e não seja aumentada a dosagem de coagulante proporcionalmente, poderá ocorrer a má floculação e consequente aumento da turbidez da água decantada. A dosagem ótima é advinda dos resultados obtidos pela análise de Jartest, a qual é replicada na estação. Se mantém controle da vazão afluente e volume de dosagem de coagulante, por meio dos quais pode-se obter a concentração do coagulante (em ppm – partes por milhão) em relação ao volume de água bruta.

## OBJETIVOS

O objetivo geral é analisar as possíveis causas-raízes para a elevação da turbidez da água decantada para valores acima de 3 NTU. Para tanto, deve-se:

- Analisar a hipótese de troca de fluxo por temperatura ao longo do floculador e/ou decantador.
- Analisar a hipótese de que o aumento de pH da água bruta está relacionado ao aumento da turbidez da água decantada.
- Analisar a hipótese de que o aumento de vazão afluente, da forma como é feita hoje, está relacionada ao aumento da turbidez da água decantada.
- Analisar os dados do último bimestre para verificar se o ajuste operacional de dosagem do coagulante foi bem efetuado nos casos de aumento de vazão afluente.

## METODOLOGIA

### Hipótese 1: Alteração da temperatura da água

As medições ocorreram nos dias 05 e 06/12/2024, sendo que no dia 05 as condições eram de céu nublado e temperatura ambiente em 27 °C, e no dia 06 eram de sol sem nuvens e temperatura ambiente em 30 °C. Foram analisadas as temperaturas em 4 diferentes alturas para cada ponto ao longo do floculador, sendo 4 m, 2 m, 1 m e na superfície; e em duas alturas diferentes para os decantadores, sendo 1 m (encostando nas lamelas) e na superfície. A Figura 1 abaixo mostra os pontos medidos e suas identificações. As temperaturas foram medidas com um oxímetro com sonda de temperatura da marca Hach, modelo HQ30d.

**Figura 1 - Pontos de medição para temperatura ao longo do floculador**



Fonte: Elaboração própria.

#### **Hipótese 2: pH da água bruta**

Foi realizada a análise gráfica das médias horárias de pH da água bruta historicamente de 2021 a 2024, para verificar os horários de aumento e diminuição, e também feita a correlação com a média horária histórica da turbidez da água decantada, com os dados que já se tem registrados.

#### **Hipótese 3: Vazão afluente**

Foram analisadas as médias dos dados históricos de 2021 a 2024 de vazão afluente na estação, e também feita a correlação com a média horária histórica da turbidez da água decantada, com os dados que já se tem registrados.

#### **Hipótese 4: Ajuste operacional da dosagem de coagulante**

Foram analisados todos os dados de aumento de vazão de 01/01/2025 a 04/03/2025, sendo que, para cada evento, foi calculada a média da turbidez da água bruta nas últimas 24 horas do início do aumento de vazão, a diferença da turbidez da água decantada antes da alteração da vazão e duas horas após o aumento (tempo de detenção do início do processo até o final do decantador), a turbidez da água decantada duas horas após o aumento e a diferença de ppm de dosagem do coagulante antes e após o ajuste de dosagem. Levou-se em consideração que diferenças menores que - 0,5 e maiores que 0,5 no ppm de dosagem são os limitadores para esta variável, entendendo-se que essa diferença já é significativa para uma boa flocação.

Também se verificou no banco de dados se houve lançamento da análise de Jartest por volta do horário de cada evento de aumento de vazão, que pudesse confirmar a dosagem ou a diferença de dosagem obtida. Ainda, foi adicionada a informação se o pré-alcalinizante estava sendo dosado ou não, pois este também tem interferência na flocação.

### **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

#### **Hipótese 1: Alteração da temperatura da água**

A Figura 2 mostra os resultados das medições realizadas em cada ponto. Como rótulo de dados está a diferença entre a maior e menor temperatura (em vermelho, o ponto mais baixo medido foi no lodo a 4m, que se acumulou no fundo



do floculador). Pode-se ver uma diferença muito pequena, quando há, entre as medições de um mesmo ponto. Há uma diferença maior de temperatura entre o início (F1) e o fim (F12) do floculador.

De acordo com Metcalf & Eddy (2014) e Incropera & DeWitt (2011), variações de temperatura verticais em tanques de flocação da ordem de 0,5 °C ou mais são suficientes para iniciar fluxos convectivos naturais, especialmente em tanques com profundidades superiores a 3 metros. No presente estudo, foram observadas variações de temperatura entre 0 e 0,8 °C em altura no floculador, indicando que há potencial para a formação de células convectivas. Esse efeito é potencializado se o gradiente vertical de temperatura for acentuado. No que tange à qualidade da flocação, a principal preocupação com a ocorrência de convecção seria a possível desorganização do crescimento dos flocos, e não a sua ressuspensão, visto que a formação de flocos ocorre em meio controladamente turbulento (Edzwald, 2011). Em relação ao decantador, as variações de temperatura observadas entre 0 e -0,1 °C são consideradas muito pequenas para gerar fluxos convectivos significativos. Segundo Edzwald (2011) e Crittenden et al. (2012), em unidades de sedimentação, variações térmicas inferiores a 0,2 °C geralmente não promovem movimentos de água suficientes para ressuspender flocos.

De acordo com a Tabela 1 de densidades da água para cada temperatura, as variações de temperatura obtidas variam a densidade na quarta casa decimal após a vírgula, não sendo significativa para ocorrer o processo de convecção.

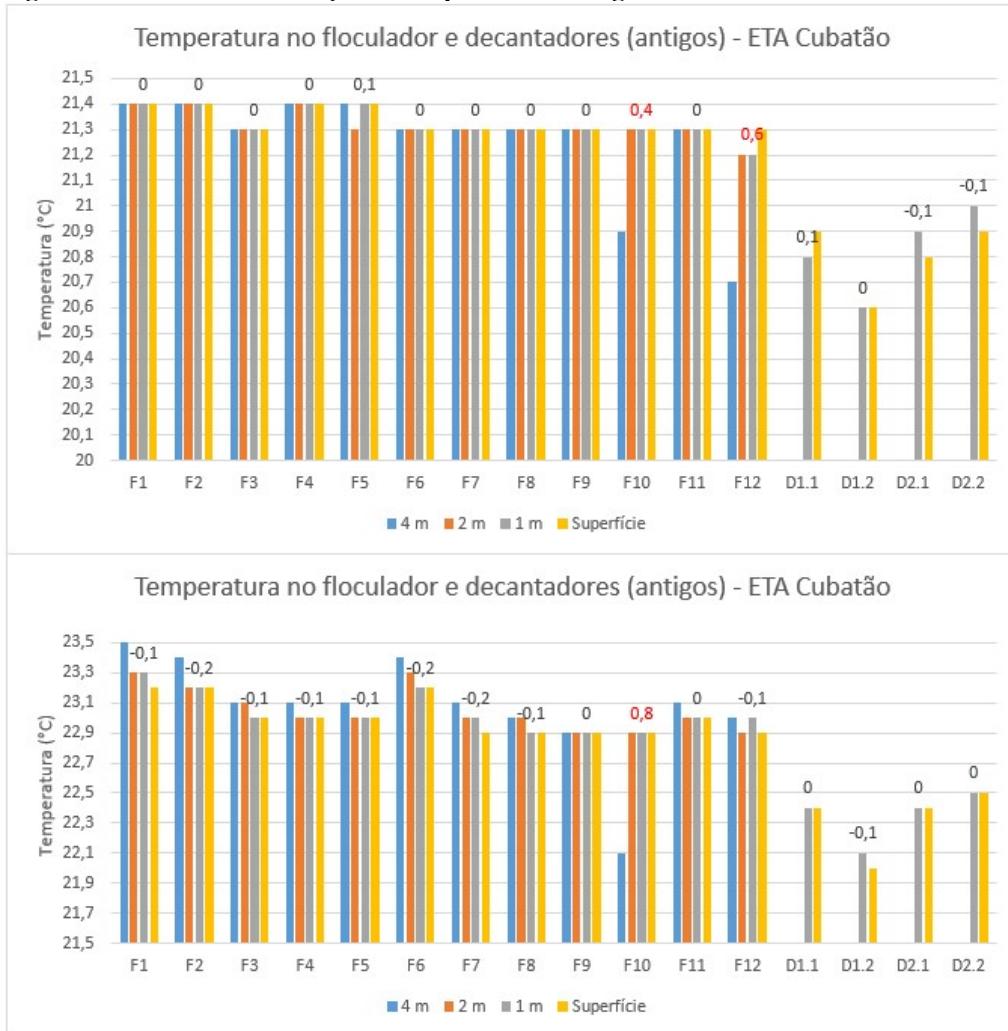
Assim, conclui-se que, no floculador, a variação térmica de 0,8 °C pode permitir a ocorrência de fluxos convectivos que potencialmente interferem na formação dos flocos, embora não causem ressuspensão expressiva. No decantador, por outro lado, a variação de -0,1 °C observada não apresenta risco relevante de convecção ou ressuspensão de flocos.

**Tabela 1 - densidades da água para cada temperatura**

Temperatura (°C)	Densidade (g/mL)						
15	0,9991	19	0,9984	23	0,9975	27	0,9965
16	0,9989	20	0,9982	24	0,9973	28	0,9962
17	0,9988	21	0,998	25	0,997	29	0,9959
18	0,9986	22	0,9978	26	0,9968	30	0,9956

Fonte: Handbook of Chemistry and Physics, CRC press, Ed 64

**Figura 2 - Resultados de medição de temperatura ao longo do floculador**

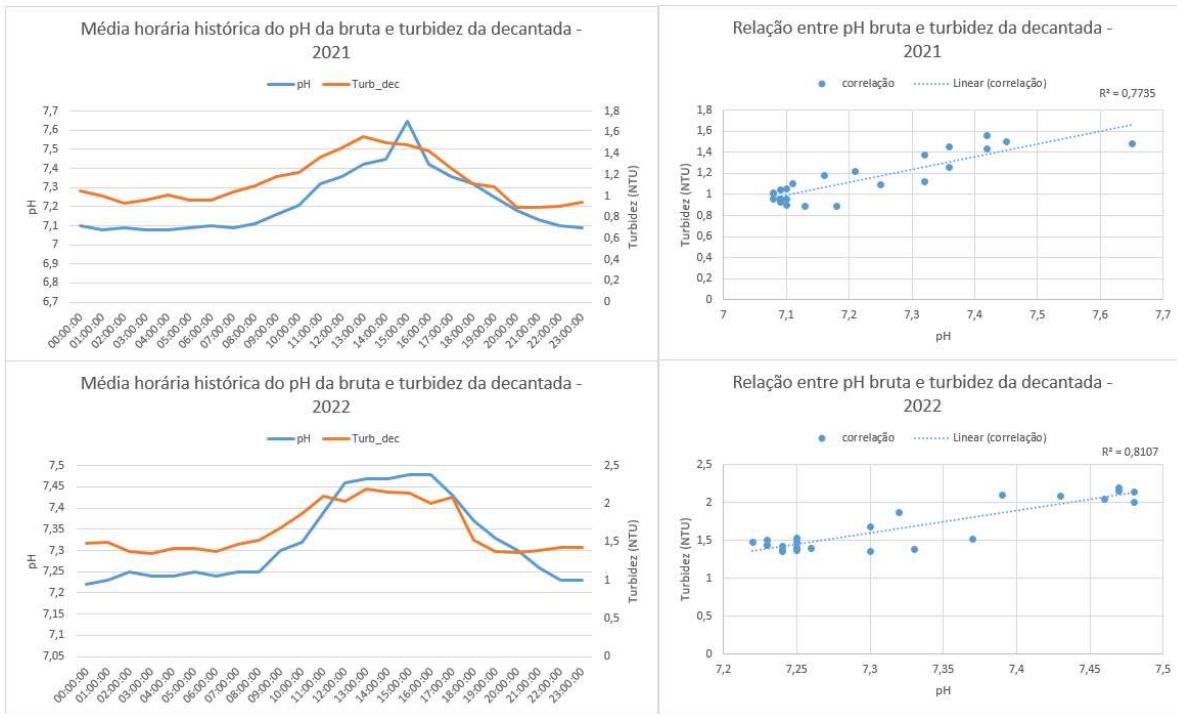


Fonte: Elaboração própria.

### Hipótese 2: pH da água bruta

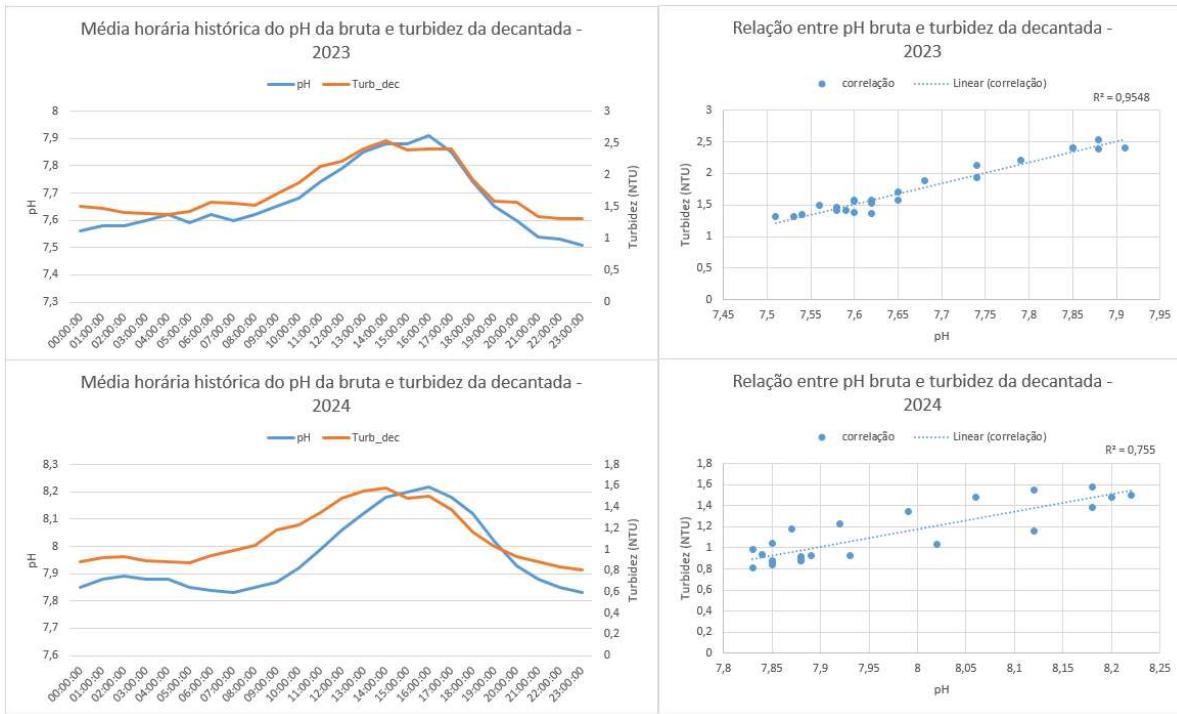
As Figuras 3 e 4 mostram graficamente as análises de pH da água bruta em comparação e correlação com a turbidez da água decantada nos anos de 2021 a 2024. Observa-se uma linearidade entre os parâmetros em todos os anos, com as duas curvas com comportamento muito similar, aumentando e diminuindo quase simultaneamente. Os gráficos de dispersão indicam uma correlação forte entre os dois parâmetros, mas não perfeita, pois ainda há margem de variação podendo ser devida a outros fatores ou ruídos. Para Hair (2019), uma correlação entre dois parâmetros com qualquer valor de  $R^2$  acima de 0,7 já é considerado forte na maioria das áreas de estudo.

**Figura 3 – Média horária histórica do pH da água bruta em comparação com a turbidez da água decantada nos anos de 2021 e 2022**



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 4 – Média horária histórica do pH da água bruta em comparação com a turbidez da água decantada nos anos de 2023 e 2024**



Fonte: Elaboração própria.

No entanto, apesar da forte correlação, o pH da água bruta não é corrigido operacionalmente em boa parte do tempo, sendo sua variação causada por fatores naturais do próprio rio, por exemplo a acelerada atividade fotossintética, pois o dióxido de carbono (ácido) é consumido pelas algas, sendo liberado oxigênio, como expresso na Equação 1:



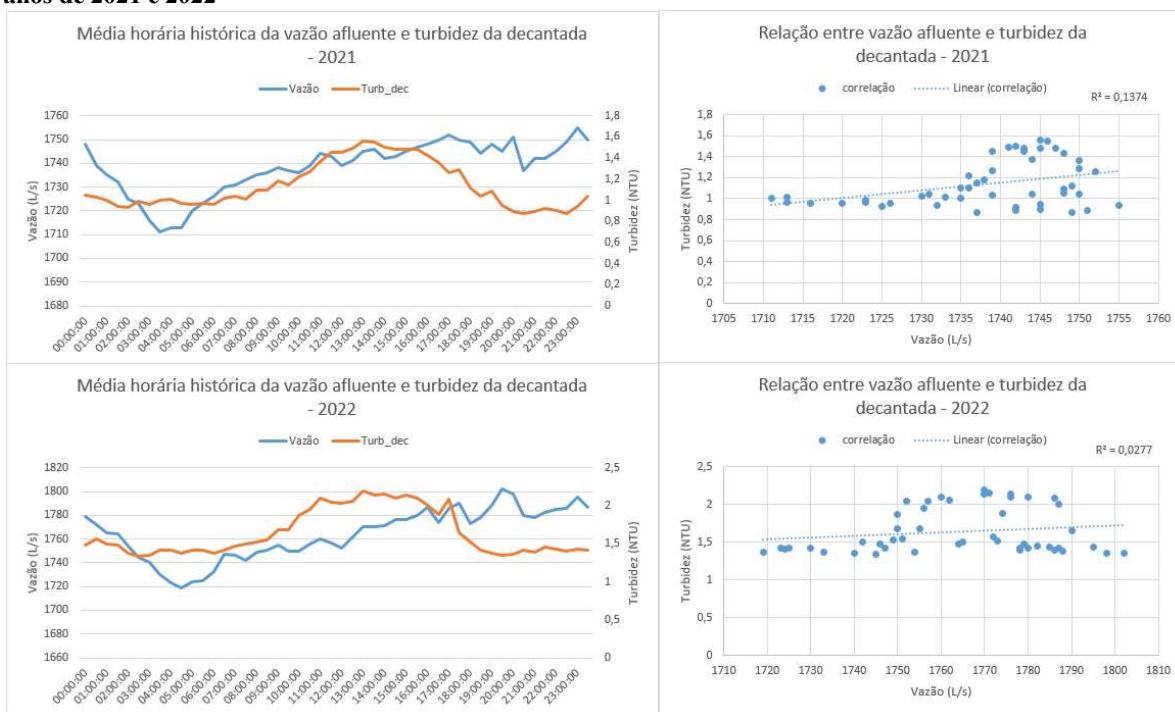
(Equação 1)

A fotossíntese é intensificada com o aumento da temperatura e da luz, pois a planta necessita de energia luminosa para realizar o ciclo de fotofosforilação e produzir ATP, dessa forma, tem seu ápice às 12h quando a incidência solar é maior (Kluge, Tezzoto-Uliana e Silva, 2014). Portanto, o pH da água bruta foi considerado como ruído de processo porque não é manipulável dentro das condições do sistema, mesmo que tenha forte correlação com a turbidez da água decantada, ele tem relação estatística, mas não necessariamente causalidade. Ainda, sugere-se um estudo futuro mais aprofundado sobre as variações de outros parâmetros físico-químico-biológicos no manancial de captação.

### Hipótese 3: Vazão afluente

As Figuras 5 e 6 mostram graficamente as análises de vazão afluente em comparação e correlação com a turbidez da água decantada nos anos de 2021 a 2024. Os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtidos — 0,13; 0,02; 0,19 e 0,40 — indicam que as correlações entre os parâmetros analisados são fracas a muito fracas, evidenciando que a variação observada em cada parâmetro não pode ser significativamente explicada pela variação do outro. Isso provavelmente é devido à estabilização do sistema após o período de aumento de vazão. Visto isso, a análise da Hipótese 4 foi realizada.

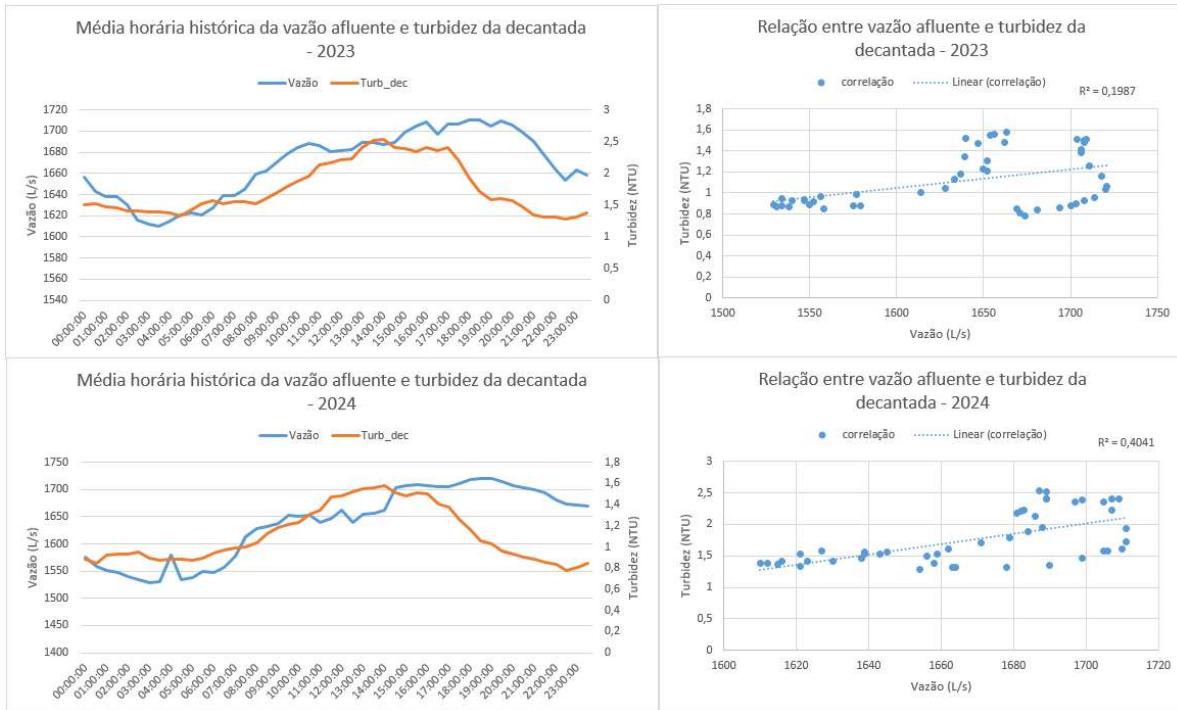
**Figura 5 – Média horária histórica da vazão afluente em comparação com a turbidez da água decantada nos anos de 2021 e 2022**



Fonte: Elaboração própria.



**Figura 6 – Média horária histórica da vazão afluente em comparação com a turbidez da água decantada nos anos de 2023 e 2024**

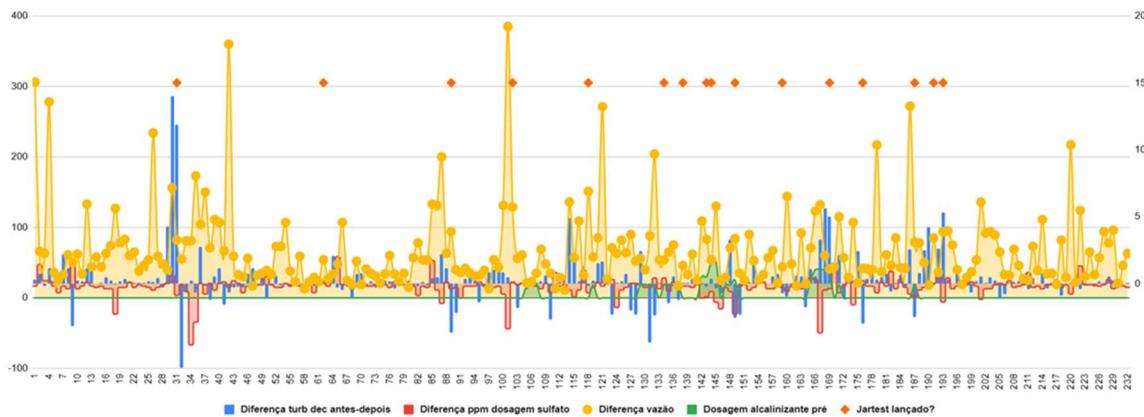


Fonte: Elaboração própria.

#### Hipótese 4: Ajuste operacional da dosagem de coagulante

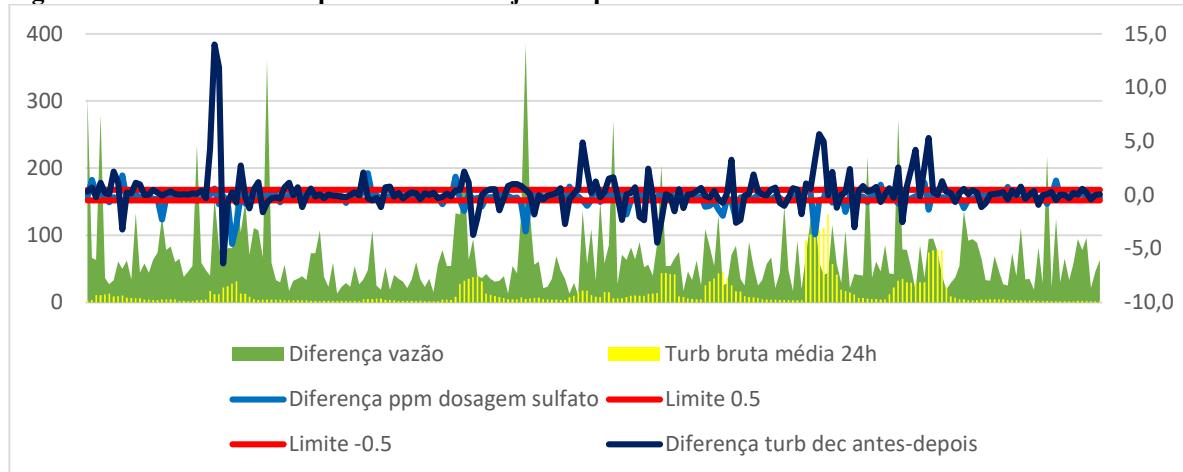
Os gráficos das Figuras 7 e 8 compilam todos os dados, de modo que é possível ver que há diferenças de vazão altas, associadas a diferenças de ppm de dosagem também altas. Ainda, pode-se perceber que há poucos resultados de jartest lançados no sistema. Quanto à dosagem de pré-alcalinizante, se tem poucos eventos para conclusões acerca de sua influência direta nos eventos em questão. No gráfico da Figura 8 percebe-se que os eventos de aumento de vazão que causaram maiores diferenças de turbidez na água decantada antes e após o evento, estão associados à elevação da turbidez da água bruta.

**Figura 7 – Dados relevantes para análise dos ajustes operacionais nos eventos de aumento de vazão**



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 8 – Dados relevantes para análise dos ajustes operacionais nos eventos de aumento de vazão**



Fonte: Elaboração própria.

Então, foi feita uma análise estatística descritiva dos dados no programa Jamovi, que utiliza a base de cálculo do programa R, classificados quanto à turbidez da água decantada, que é o ponto central do estudo, em “S” (sim) para turbidez maior ou igual a 3 NTU, e “N” (não) para turbidez menor de 3 NTU, obtendo a Tabela 2.

Pela quantidade de dados descrita na primeira linha da Tabela 1, tem-se apenas 14,65 % dos eventos de aumento de vazão associados à turbidez da água decantada maior que 3 NTU. Este fato isolado já conclui que nem todo aumento de vazão causará um aumento além do limite máximo da turbidez da decantada.

Como os dados apresentam um desvio-padrão elevado em ambas as classificações, a análise das medianas de cada variável torna-se mais adequada e pode-se concluir que:

- Apesar de uma diferença pequena, a mediana da diferença de vazão afluente é maior quando há turbidez da água decantada maior que 3 NTU (S).
- A mediana da turbidez bruta média nas 24h anteriores aos eventos de aumento de vazão é 4,5 vezes maior quando há turbidez da água decantada maior que 3 NTU (S). Indicando que, quanto maior a turbidez da água bruta, maior o impacto de um aumento de vazão neste parâmetro.
- Tanto a mediana da diferença da turbidez da decantada antes e depois do aumento de vazão quanto a mediana da turbidez da decantada 2 h após o evento são maiores quando há turbidez da água decantada maior que 3 NTU (S). Sendo 44 vezes maior na diferença de turbidez antes e depois, e 5,28 vezes maior para a turbidez 2 h depois.
- A média e a mediana da diferença de ppm de dosagem aparentemente não são muito diferentes, mas ambas são negativas e para quando a turbidez da água decantada é maior que 3 NTU (S), a dosagem é 1,26 vez menor do que quando a turbidez da decantada é menor que 3 NTU. A dosagem mínima observada para “S” foi de -3,66, indicando que, no momento em que seria necessário um ajuste mais preciso da dosagem devido à alteração de vazão, ela estava quase quatro vezes menor do que o valor anterior.

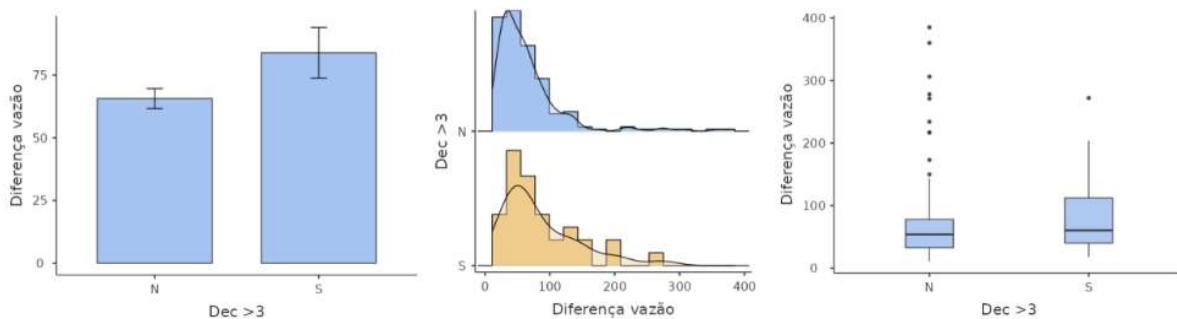
**Tabela 2 - Análise descritiva dos dados com classificação: S para turbidez da água decantada maior ou igual a 3 NTU e N para turbidez menor que 3 NTU**

	Dec >3	Diferença vazão	Turb bruta média 24h	Diferença turb dec antes-depois	Diferença ppm dosagem sulfato	Turb dec 2h depois
<b>N</b>	<b>N</b>	198	198	198	198	198
	<b>S</b>	34	34	34	34	34
<b>Média</b>	<b>N</b>	65.7	10.4	-0.105	-0.240	1.01
	<b>S</b>	83.9	31.5	2.47	-0.331	5.40
<b>Mediana</b>	<b>N</b>	54.0	4.40	0.0500	-0.172	0.840
	<b>S</b>	60.5	20.0	2.23	-0.217	4.44
<b>Desvio-padrão</b>	<b>N</b>	56.0	17.1	0.893	0.678	0.659
	<b>S</b>	59.0	30.2	3.55	0.817	3.11
<b>Mínimo</b>	<b>N</b>	11	1.72	-4.43	-4.56	0.210
	<b>S</b>	18	3.70	-6.35	-3.66	3.02
<b>Máximo</b>	<b>N</b>	385	132	1.90	2.03	2.99
	<b>S</b>	272	111	14.0	1.12	17.0

Fonte: Elaboração própria (Jamovi, 2025).

A Figura 9 mostra os gráficos da análise estatística descritiva da diferença de vazão para a classificação da turbidez da água decantada (S e N), em que se pode visualizar melhor que há eventos de maior aumento de vazão quando a turbidez da água decantada é maior que 3 NTU (S).

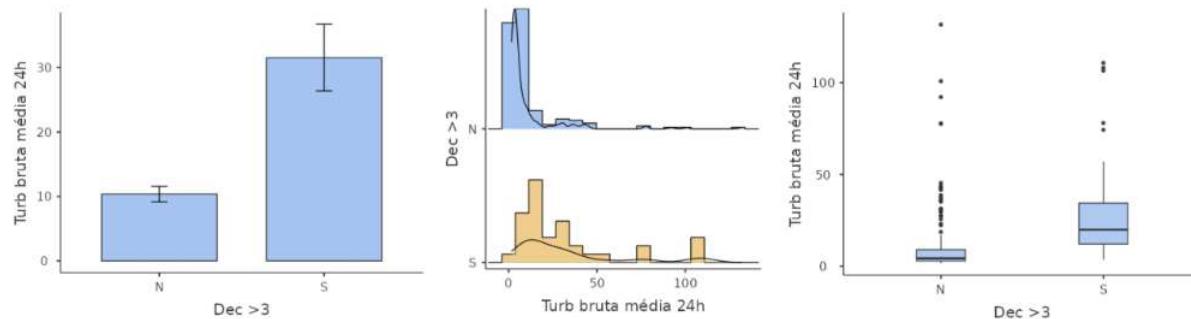
**Figura 9 – Gráficos da análise estatística descritiva da diferença de vazão para a classificação da turbidez da água decantada**



Fonte: Elaboração própria (Jamovi, 2025).

A Figura 10 mostra os gráficos da análise estatística descritiva da média da turbidez da água bruta nas 24h anteriores a cada evento de aumento de vazão para a classificação da turbidez da água decantada (S e N), em que se pode visualizar nitidamente a turbidez da água bruta mais alta quando a turbidez da água decantada é maior que 3 NTU (S).

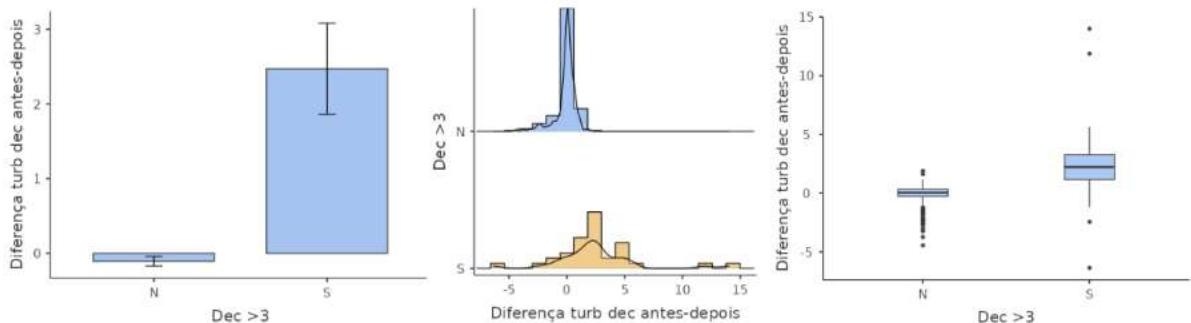
**Figura 10 – Gráficos da análise estatística descritiva da turbidez da água bruta para a classificação da turbidez da água decantada**



Fonte: Elaboração própria (Jamovi, 2025).

A Figura 11 mostra os gráficos da análise estatística descritiva da diferença de turbidez da água decantada antes e 2 horas após cada evento de aumento de vazão para a classificação da turbidez da água decantada (S e N), em que se pode visualizar um aumento significativo quando a turbidez da água decantada é maior que 3 NTU (S). Na condição N (turbidez da decantada menor que 3 NTU), os dados são muito mais concentrados ao redor de zero, indicando pouca variação quando se altera a vazão afluente.

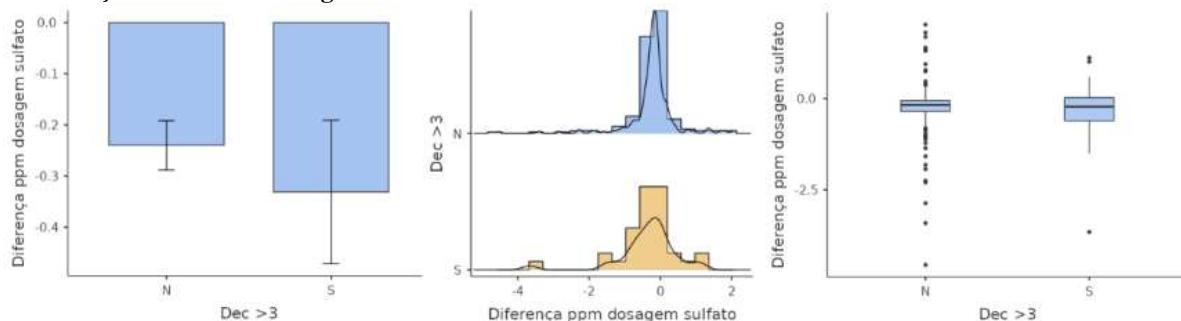
**Figura 11 – Gráficos da análise estatística descritiva da diferença de turbidez na decantada antes e 2h após a mudança de vazão afluente para a classificação da turbidez da água decantada**



Fonte: Elaboração própria (Jamovi, 2025).

A Figura 12 mostra os gráficos da análise estatística descritiva da diferença de ppm de dosagem do coagulante (Sulfato) para cada evento de aumento de vazão para a classificação da turbidez da água decantada (S e N), em que se pode confirmar que há maior diferença de dosagem quando a turbidez da água decantada é maior que 3 NTU (S).

**Figura 12 – Gráficos da análise estatística descritiva da diferença de ppm de dosagem do coagulante para a classificação da turbidez da água decantada**



Fonte: Elaboração própria (Jamovi, 2025).

## CONCLUSÕES

A análise realizada permitiu identificar que o aumento da turbidez da água decantada acima do limite interno de 3 NTU está associado a uma combinação de fatores operacionais e características naturais da água bruta.

Em relação à hipótese da alteração da temperatura da água, observou-se que, embora existam pequenas variações térmicas no floculador que podem permitir a formação de fluxos convectivos, esses não são suficientemente intensos para causar ressuspensão de flocos no decantador. Dessa forma, a influência da temperatura é considerada marginal para os eventos de aumento de turbidez observados.

Quanto à elevação do pH da água bruta, foi constatada uma forte correlação estatística com a turbidez da água decantada. No entanto, por tratar-se de uma variável não controlável operacionalmente — podendo estar relacionada a fenômenos naturais como a atividade fotossintética no rio —, o pH foi tratado como um ruído de processo e não como causa direta da elevação da turbidez.

A análise da vazão afluente demonstrou correlação fraca com a turbidez da água decantada ao considerar médias históricas, indicando que o simples aumento de vazão não explica, de forma isolada, os episódios de turbidez elevada. Por fim, na hipótese de ajuste operacional da dosagem de coagulante, os dados apontaram que eventos de aumento de vazão associados a turbidez elevada da água decantada ocorreram, em sua maioria, quando a turbidez da água bruta era mais alta e a dosagem de coagulante não foi proporcionalmente ajustada. Observou-se também a escassez de registros de análises de Jartest, indicando uma oportunidade de melhoria na validação da dosagem aplicada. Portanto, o ajuste da dosagem de coagulante em função das características da água bruta e da vazão afluente se mostra como fator crítico para garantir a eficiência da decantação.

Conclui-se que a manutenção da qualidade da água decantada dentro dos padrões desejáveis depende fundamentalmente da resposta operacional rápida e eficaz às mudanças nas condições da água bruta, principalmente quanto ao ajuste da dosagem de coagulante. Recomenda-se o fortalecimento dos protocolos de monitoramento e ajuste operacional, especialmente durante eventos de aumento de vazão associados de elevação da turbidez da água bruta. A referida metodologia e seus resultados explicitados neste trabalho contribuem para assegurar eficiência e eficácia dos serviços de abastecimento de água, garantindo água potável e disponível, um dos pilares do Mapa Estratégico da Companhia Águas de Joinville.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRITTENDEN, John C. et al. *Water Treatment: Principles and Design*. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.
2. DI BERNARDO, L; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: LDiBe, 2011.
3. EDZWALD, James K. (org.). *Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
4. FILHO, S. S. F. Tratamento de água: concepção, projeto e operação de estações de tratamento. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2020.
5. HAIR, Joseph F. et al. Análise multivariada de dados. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

6. *Handbook of Chemistry and Physics*, CRC press, Ed 64. Tabela de densidades da água de acordo com a temperatura.
7. INCROPERA, Frank P.; DEWITT, David P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 7. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.
8. KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; da Silva, P. P. M. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2014. Disponível em: <<https://rvq-sub.sbj.org.br/index.php/rvq/article/view/996/531>>. Acesso em: 1 nov. 2024.
9. METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
10. THE JAMOVI PROJECT. *Jamovi* (Version 2.4) [Computer Software]. 2025. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 7 mar. 2025.