



A EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE COLIFORMES EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL

Aline Bauer Lacerda⁽¹⁾

Engenheira Química, Mestre em Materiais e Processos Industriais.

Arlindo Soares Räder

Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Química, Engenheiro de Segurança do Trabalho.

Ester Souza Lopes

Bióloga, Mestre e Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente.

Endereço⁽¹⁾: Av. Coronel Travassos, 287 – Bairro Rondônia – Novo Hamburgo - RS - CEP: 93415-000 - Brasil - Tel: +55 (51) 3600-1247 - e-mail: alacerda@comusa.rs.gov.br.

RESUMO

A autarquia municipal COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo utiliza para produção de água potável o sistema de tratamento físico-químico convencional a partir de água superficial, a qual é captada no Rio dos Sinos e bombeada até a Estação de Tratamento de Água (ETA). Em uma ETA com tratamento físico-químico convencional a água bruta passa inicialmente pelas etapas que compõem o processo de clarificação: coagulação, floculação, decantação e filtração. A clarificação tem como objetivo principal remover matéria orgânica e inorgânica, representada por sólidos dissolvidos e em suspensão, tornando a água “clara” ou clarificada. No entanto, a água clarificada pode não estar livre de microrganismos patogênicos, sendo necessária a etapa de desinfecção final, a fim de garantir a potabilidade da água. A ETA apresentada neste trabalho utiliza como coagulante principal o cloreto de polialumínio (*Polyaluminum chloride* - PAC) e floculante à base de tanino na função de auxiliar de floculação. Para desinfecção a empresa utiliza solução de hipoclorito de sódio 12% em massa. Conforme dados dos anos de 2016 e 2017, verificou-se que o processo de clarificação é o principal responsável pela remoção dos coliformes totais e *E. coli* da água bruta, com remoções superiores a 99%. Em 24% das amostras analisadas após processo de filtração verificou-se ausência de coliformes.

Palavras-chave: ETA, remoção, coliformes totais, *E. coli*, clarificação.



INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

A COMUSA – Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo gerencia o sistema de saneamento básico do município de Novo Hamburgo no Rio Grande do Sul, compreendido pelo abastecimento de água potável e tratamento do esgoto cloacal. Atualmente, a autarquia produz em média 1,6 bilhão de litros de água por mês, para abastecer mais de 80 mil economias ativas, com uma população estimada de 249 mil habitantes.

A ETA COMUSA utiliza para produção de água potável o sistema de tratamento físico-químico convencional, a partir de manancial superficial, do qual a água bruta é captada e bombeada até a estação de tratamento.

O sistema de tratamento físico-químico convencional também é denominado de tecnologia de ciclo completo. Nesse mecanismo ocorre, predominantemente, formação de precipitados do metal do coagulante nos quais são aprisionadas as impurezas (BERNARDO; PAZ, 2008). Estes precipitados correspondem aos flocos produzidos nas etapas de coagulação e floculação, os quais são removidos nas etapas de decantação e filtração.

Após estas etapas a água passa por processos de desinfecção e fluoretação antes de ser distribuída à população.

Devido à etapa de desinfecção, a água tratada em uma ETA é liberada para consumo humano com ausência de coliformes totais e fecais. Entretanto, há pouca informação sobre a influência da remoção da contaminação microbiológica durante as etapas anteriores ao processo de desinfecção.

Este trabalho tem por objetivo específico apresentar a eficiência da ETA COMUSA na remoção de coliformes, através do processo de clarificação da água, durante os anos de 2016 e 2017.

Há uma gama de doenças de veiculação hídrica (especialmente diarreias e hepatites) e de doenças indiretamente relacionadas ao manejo da água (Dengue, Chikungunya, Zika, Febre Amarela) as quais apresentam grande impacto em saúde pública (SPILKI, 2015).

A detecção e quantificação de todos os microrganismos patogênicos potencialmente presentes na água é trabalhosa, demanda tempo, os custos são elevados e nem sempre se obtêm resultados positivos ou que confirmem a presença dos microrganismos. Vale ressaltar que os microrganismos presentes nas águas naturais são, em sua maioria, inofensivos à saúde humana. Porém, na contaminação por esgoto sanitário estão presentes microrganismos que poderão ser prejudiciais à saúde humana. Os microrganismos patogênicos incluem vírus, bactérias, protozoários e helmintos (FUNASA, 2013).

Conforme FUNASA (2013), como indicadores de contaminação fecal, são eleitas como bactérias de referência as integrantes do grupo Coliforme. A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores: são encontradas nas



fezes de animais de sangue quente, inclusive dos seres humanos; são facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água; sua concentração na água contaminada possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal desta; tem maior tempo de sobrevivência na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais, além de serem incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático ou se multiplicarem menos que as bactérias entéricas; são mais resistentes aos agentes tensoativos e agentes desinfetantes do que as bactérias patogênicas.

As bactérias do grupo Coliforme (coliformes totais) são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5$ °C entre 24 e 48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo Coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (FUNASA, 2013).

Conforme Bernardo e Paz (2008), os coliformes totais apresentam limitações como referência de poluição nas águas porque sua presença não necessariamente determina contaminação fecal. Dessa forma, utilizam-se como indicadores de contaminação microbiológica os coliformes fecais ou termotolerantes.

De acordo com CONAMA (2005), coliformes fecais ou termotolerantes são bactérias gram-negativas, em forma de bacilos, oxidase-negativas, caracterizadas pela atividade da enzima β -galactosidase. Podem crescer em meios contendo agentes tensoativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44º a 45ºC, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal.

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é a principal representante das bactérias termotolerantes. Esta bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae* caracterizada pela atividade da enzima β -glucuronidase. Produz indol a partir do aminoácido triptofano. É a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação de coliformes o livro *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2012) prevê três tipos de metodologias: fermentação em tubos múltiplos, membrana filtrante e substrato enzimático. No Estado do Rio Grande do Sul, o método mais utilizado atualmente na área de saneamento é o método do substrato enzimático.



A literatura técnica relata dois tipos de substrato: *ortho-nitrophenyl-β-D-galactopyranoside* (ONPG) e *chlorophenol red-β-D-galactopyranoside* (CPRG), ambos utilizados para detectar a enzima β-galactosidase, esta produzida pelas bactérias do grupo Coliforme.

Quando a técnica enzimática é utilizada, o grupo coliforme total é definido como todas as bactérias que possuem a enzima β-galactosidase, a qual cliva o substrato cromogênico resultando na liberação do cromógeno. Com o substrato ONPG observa-se o desenvolvimento de coloração amarela e com o substrato CPRG ocorre a formação de cor vermelha ou magenta.

Bactérias não coliformes, como as espécies *Aeromonas*, *Flavobacterium* e *Pseudomonas*, podem produzir pequenas quantidades da enzima β-galactosidase, mas são suprimidas e geralmente não produzirão uma resposta positiva dentro do tempo de incubação (24 horas), a menos que mais de 10⁶ unidades formadoras de colônias (UFC) estejam presentes em 100 mL de amostra (APHA; AWWA; WEF, 2012).

A *E. coli* utiliza β-glucuronidase para metabolizar o *4-methyl-umbelipheril-β-D-glucuronide* (MUG) e criar fluorescência. Esta enzima hidrolisa o substrato e produz um produto fluorescente quando visto sob luz ultravioleta (UV) de comprimento de onda 365 nm. A presença de fluorescência indica um teste positivo para *E. coli*. Algumas cepas de *Shigella* e *Salmonella spp.* também podem produzir uma resposta de fluorescência positiva. Como as bactérias *Shigella* e *Salmonella spp.* são patógenos humanos, isso não é considerado um prejuízo para testar a qualidade sanitária da água (APHA; AWWA; WEF, 2012).

A Tabela 1 apresenta os critérios para definição dos resultados dos ensaios de coliformes com os diferentes substratos.

Tabela 1 – Critérios de identificação de resultados positivos e negativos dos diferentes substratos

Substrato	Cor desenvolvida para coliformes totais positivos	Cor desenvolvida para <i>E. coli</i> positiva	Resultado negativo
ONPG-MUG	Amarelo	Azul fluorescente	Incolor/sem fluorescência
CPRG-MUG	Vermelho ou magenta	Azul fluorescente	Amarelo/sem fluorescência

Fonte: APHA; AWWA; WEF, 2012.

Para o ensaio de coliformes totais e *E. coli* a autarquia utiliza a técnica do substrato enzimático ONPG-MUG, de acordo com a 22ª edição do livro *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Conforme Bianchin et al. (2012), este método faz uso de ONPG (orto-nitro-fenol-galactopiranosideo) e MUG (umbeliferol-glucuronidase), dois nutrientes-indicadores utilizados



como fonte de carbono, sendo metabolizados pelos coliformes totais (através da enzima β -galactosidase) e por *E. coli* (pela enzima β -glucuronidase).

A técnica do substrato enzimático pode ser utilizada do modo qualitativo, em termos de presença e ausência, e quantitativo, com a utilização de tubos múltiplos ou cartelas específicas.

Os resultados das análises quantitativas são expressos como Número Mais Provável (NMP) de coliformes em 100 mL. As tabelas para obtenção do NMP de coliformes são baseadas na aplicação da distribuição de Poisson e correspondem a uma estimativa estatística de concentração.

O método padrão para o cálculo de NMP é levar 10, 1, e 0,1 mL de amostra e diluir a 100 mL, quando se utilizam tubos múltiplos.

Atualmente são comercializadas cartelas com 51 e 97 cavidades ou poços. A cartela com 97 poços, de dois tamanhos distintos, baseia-se no mesmo modelo estatístico que a diluição seriada tradicional de 15 tubos, utilizado na técnica de tubos múltiplos, proporciona um intervalo de contagem de 1 a 2.419 NMP, com um limite de confiança 95%. A cartela com 51 poços (iguais) proporciona uma contagem de 1 a 200 NMP, com 95% de confiança. Ambas considerando amostras sem diluição (100 mL).

Para execução dos ensaios de coliformes, foram realizadas coletas semanais em amostras de água bruta, decantada e filtrada na ETA da COMUSA. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro estéreis, com capacidade para 250 mL, contendo EDTA, e preservadas sob refrigeração até o momento da análise. A função do EDTA é complexar metais presentes nas amostras, os quais podem interferir nos ensaios.

Para a água bruta utilizou-se a diluição 10^{-2} , para a água decantada 10^{-1} e para a água filtrada utilizou-se amostras integrais para o ensaio (sem diluição). Para proceder a diluição adiciona-se 10 mL de amostra em 90 mL de água deionizada estéril e homogeneiza-se.

Para a realização do ensaio adiciona-se o conteúdo de um flaconete do substrato enzimático em 100 mL de amostra ou de sua diluição, homogeneiza-se e o conteúdo do frasco é transferido para uma cartela de quantificação de 97 poços, a qual passa por selagem térmica.

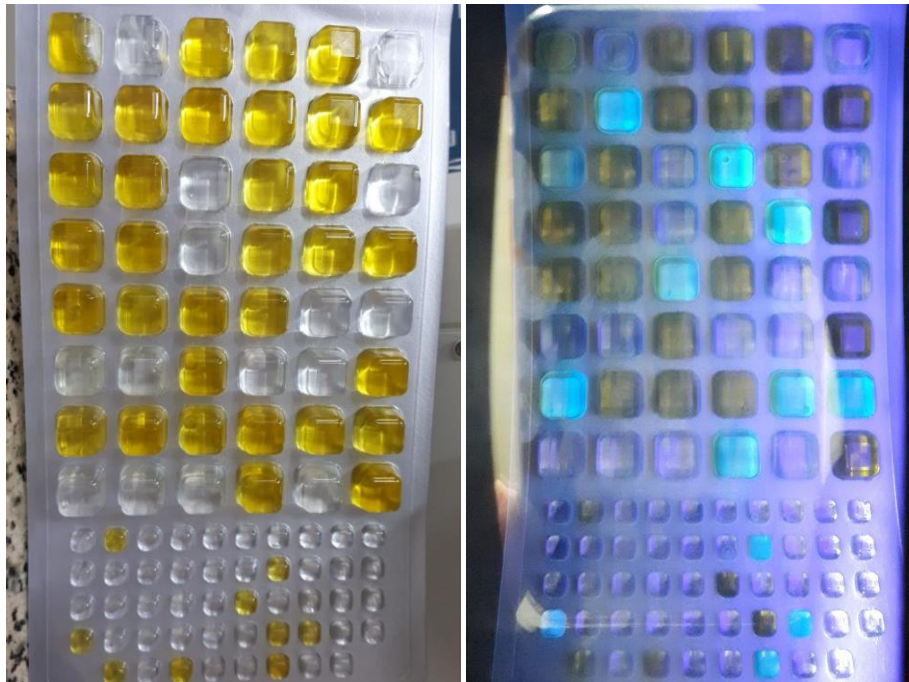
As cartelas contendo a amostra ou sua diluição, com o substrato, após selagem, são incubadas por 24 horas na temperatura de $35 \pm 0,5$ °C.

A quantificação dos microrganismos foi feita em cartelas, com base em tabelas de NMP disponibilizadas pelo fabricante. No caso de ocorrência de indefinição nas leituras das cavidades positivas, as cartelas retornam à estufa para ficarem incubadas por mais 4 horas, e após realiza-se nova leitura.

A Figura 1 apresenta as cartelas de contagem de coliformes. A primeira cartela traz as cavidades positivas para coliformes totais, em amarelo, e a segunda cartela ilustra as cavidades positivas para *E. coli*, através do desenvolvimento de fluorescência.



Figura 1 – Cartelas para contagem de coliformes



RESULTADOS/DISCUSSÃO

O Rio dos Sinos possui cerca de 190 km de extensão, nasce no município de Caraá e tem sua foz em Canoas. Seus principais afluentes são, no sentido das cabeceiras para a foz: o Rio Rolante, o Rio da Ilha e o Rio Paranhana, todos pela margem direita e com nascentes na região serrana (municípios de São Francisco de Paula e Canela). Na porção inferior recebe, ainda, contribuições dos arroios Sapiranga, Pampa, Luiz Rau, Portão, João Corrêa, Sapucaia e outros (COMITESINOS, 2017).

O trecho de Novo Hamburgo corresponde à porção inferior. Conforme FEPAM (2018), este trecho vai de Campo Bom até a foz no delta do Jacuí, é de grande concentração populacional e industrial, onde os principais arroios formadores drenam grandes centros urbanos, como Campo Bom (arroio Schmidt), Novo Hamburgo (arroio Pampa e arroio Luiz Rau), São Leopoldo (arroio Peão e canal João Corrêa), Estância Velha e Portão (arroio Portão/Estância Velha), Sapucaia do Sul (arroio José Joaquim) e Esteio e zona norte de Canoas (arroio Sapucaia).

O Rio dos Sinos recebe contribuições de despejos de esgoto doméstico não tratado e de resíduos industriais. Foi classificado como o quarto rio mais poluído do Brasil, segundo Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS) publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2012 (ALBERI NETO, 2017).



A ETA COMUSA tem como manancial abastecedor o Rio dos Sinos. A Tabela 2 apresenta as características físico-químicas (turbidez, cor aparente e condutividade) da água bruta e as dosagens de coagulante/floculante aplicadas na ETA COMUSA nos anos de 2016 e 2017, com base em valores médios mensais.

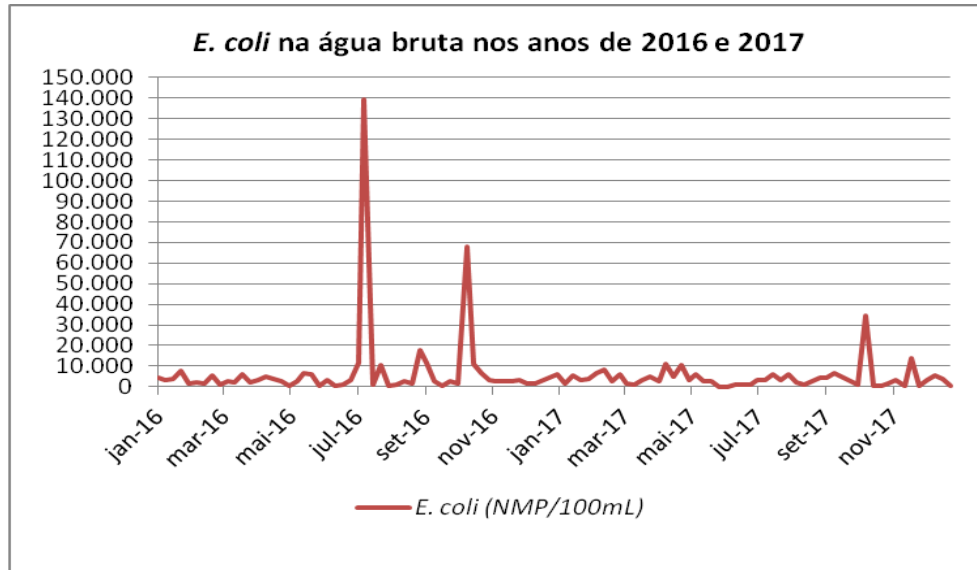
Tabela 2 - Características físico-químicas da água bruta e dosagens de coagulante/floculante aplicadas na ETA COMUSA nos anos de 2016 e 2017 – médias mensais

Mês/Ano	Cor Aparente (uH)	Turbidez (NTU)	Condutividade (µS/cm)	Dosagem PAC (ppm)	Dosagem Tanino (ppm)
jan/16	80	25,3	82,0	24	8
fev/16	116	39,1	72,8	29	9
mar/16	137	47,3	70,1	34	8
abr/16	127	40,0	70,6	31	8
mai/16	114	34,9	66,6	32	9
jun/16	47	14,1	84,0	20	6
jul/16	116	39,0	90,5	32	6
ago/16	115	39,8	72,0	28	8
set/16	123	39,0	76,4	30	9
out/16	133	49,4	75,8	31	8
nov/16	104	30,3	74,2	28	8
dez/16	112	32,8	70,1	30	8
jan/17	216	103,3	75,6	36	9
fev/17	116	41,5	81,4	30	8
mar/17	136	46,2	74,7	33	8
abr/17	77	23,7	86,7	22	5
mai/17	106	40,6	77,8	30	6
jun/17	100	29,0	63,2	29	6
jul/17	55	14,3	99,0	22	4
ago/17	94	27,0	89,9	32	5
set/17	94	26,7	108,4	32	6
out/17	133	40,3	66,7	37	5
nov/17	117	37,0	73,1	32	6
dez/17	121	37,5	63,8	35	5

A água bruta, proveniente do Rio dos Sinos, no ano de 2016, apresentou média de coliformes termotolerantes ou fecais, representados pela espécie *E. coli*, igual a 7.561 NMP/100mL. No ano de 2017, a média de *E. coli* foi 4.152 NMP/100mL. Entretanto, observa-se grande amplitude nos resultados, conforme mostra o gráfico da Figura 2.

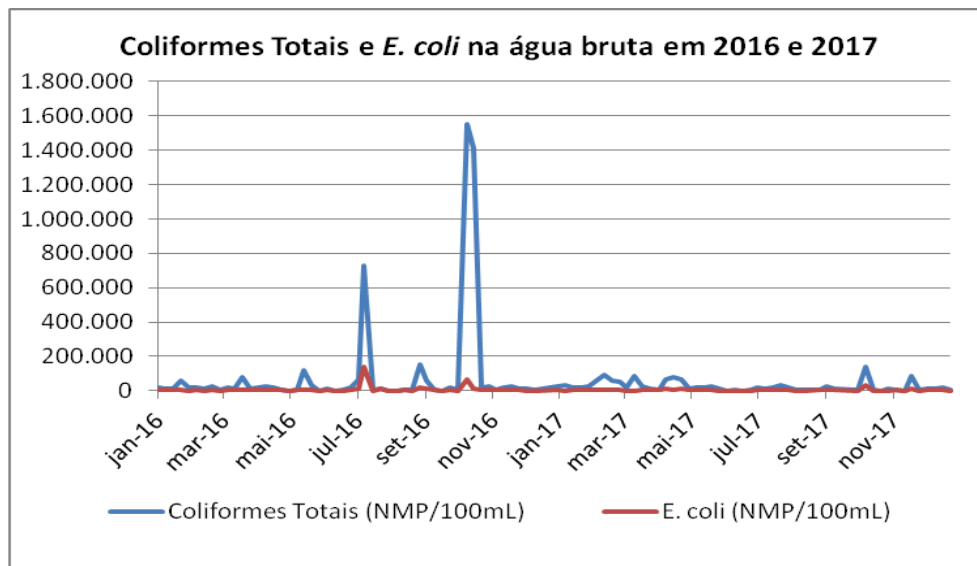


Figura 2 – Gráfico dos resultados de *E. coli* na água bruta nos anos de 2016 e 2017



No entanto, observa-se uma variação ainda maior para os resultados de coliformes totais, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Gráfico dos resultados de coliformes totais e *E. coli* na água bruta nos anos de 2016 e 2017



Conforme gráfico da Figura 4, é possível observar que os resultados de turbidez e cor aparente da água bruta possuem uma relação direta, sendo que resultados mais elevados de ambos os parâmetros ocorrem em tempo chuvoso. No entanto, conforme gráfico da Figura 5, em geral, a



condutividade da água bruta possui uma relação inversa à turbidez, justamente em função da diluição da água do manancial observada em períodos de chuvas intensas.

Figura 4 – Gráfico dos resultados de cor aparente e turbidez na água bruta nos anos de 2016 e 2017 (mesmas amostras em que foram realizados os ensaios microbiológicos)

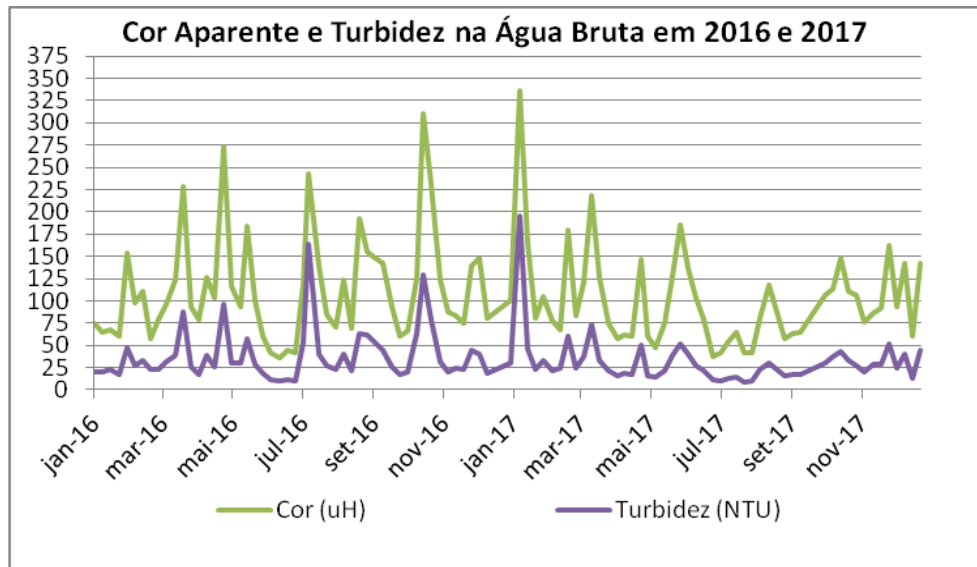
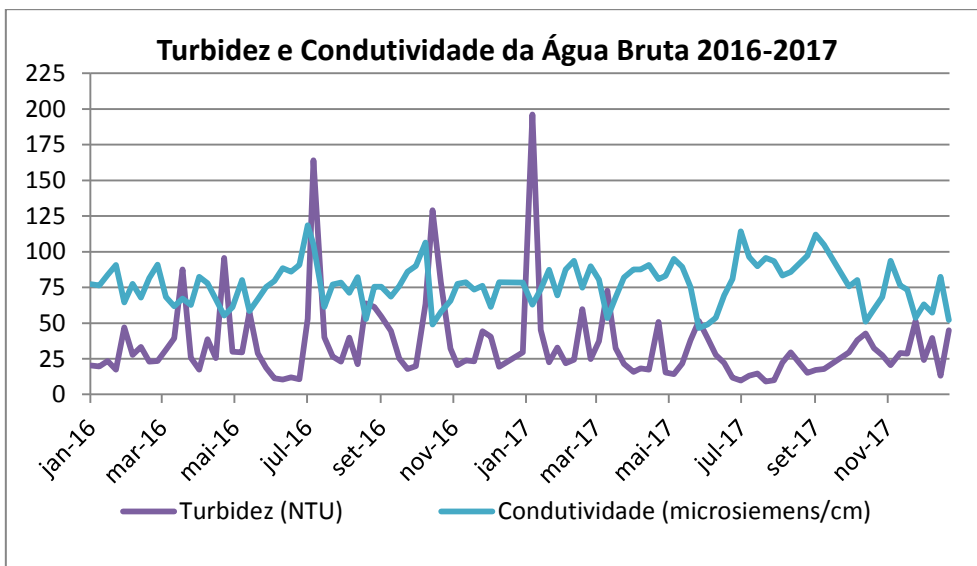


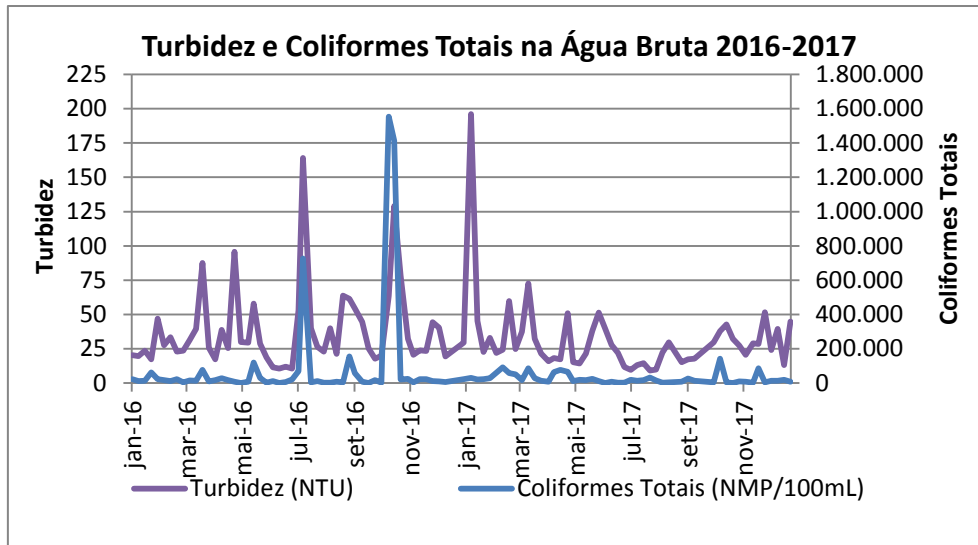
Figura 5 – Gráfico dos resultados de condutividade e turbidez na água bruta nos anos de 2016 e 2017 (mesmas amostras em que foram realizados os ensaios microbiológicos)



De acordo com a Figura 6, observa-se que os picos de coliformes totais coincidem com os picos de turbidez. Chegando-se à conclusão de que a remoção da turbidez da água está intimamente ligada à remoção de coliformes.

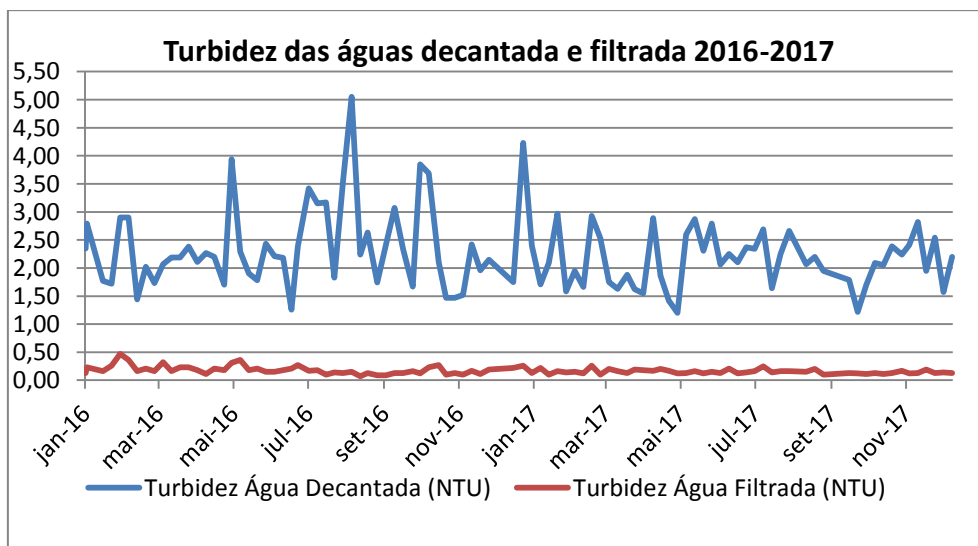


Figura 6 – Gráfico dos resultados de coliformes totais e turbidez na água bruta nos anos de 2016 e 2017



Conforme Figura 7, verifica-se resultados de turbidez das águas decantada e filtrada sem grandes variações no período analisado. As amostras coletadas de água filtrada estiveram abaixo de 0,5 NTU, conforme preconiza o Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

Figura 7 – Gráfico dos resultados de turbidez das águas decantada e filtrada nos anos de 2016 e 2017 (mesmas amostras em que foram realizados os ensaios microbiológicos)



Em 2016 a água decantada apresentou em média 189 NMP/100mL de *E. coli*. Em 2017 a água decantada apresentou em média 171 NMP/100mL de *E. coli*.



Segundo Richter (2012), um filtro deve receber água decantada com uma qualidade bacteriológica sempre abaixo de 1.000 NMP/100mL, conforme limite estabelecido para a água bruta na filtração direta.

Com relação à água filtrada, a qual passou pelo processo de tratamento físico-químico convencional na ETA, coletada após a clarificação e antes da desinfecção, a remoção de coliformes fecais foi excelente.

Entre os anos de 2016 e 2017 foram realizados ensaios de coliformes em 95 amostras de água filtrada, em 23 delas não foram detectados coliformes fecais, mesmo sem desinfecção. Ou seja, em 24% das amostras analisadas após processo de filtração verificou-se ausência de coliformes. Em 2016 a água filtrada apresentou em média 11 NMP/100mL de *E. coli*. Em 2017 a água filtrada apresentou em média 8 NMP/100mL de *E. coli*.

Em ambos os períodos a eficiência de remoção desses microrganismos na etapa de clarificação foi superior a 99%. Obteve-se a eficiência de clarificação ao se comparar a água filtrada com a água bruta.

Este resultado corrobora com a avaliação de Bianchin et al. (2012), quando se obteve 99,8% de remoção de *E. coli* ao se comparar a água natural com a água filtrada. Segundo os autores, a eficiência de remoção de impurezas nas etapas de tratamento da ETA, comprovam a veracidade da importância da filtração e sua alta eficiência no tratamento, devido à associação entre a turbidez e os microrganismos.

A Tabela 3 apresenta os resultados médios mensais de eficiências obtidos durante o monitoramento microbiológico realizado entre os anos de 2016 e 2017. Obteve-se a eficiência de decantação ao se comparar a água decantada com a água bruta, e a eficiência de filtração ao se comparar a água filtrada com a água decantada.

Obtiveram-se eficiências inferiores a 84% somente para a etapa de decantação, considerando amostras coletadas em maio e junho de 2016. Durante esses meses, devido à ocorrência de chuvas intensas em períodos anteriores às coletas, observou-se resultados de coliformes mais baixos na água bruta, sendo esses muito próximos aos valores encontrados na água decantada. A pequena diferença entre os valores de água bruta e decantada resultou em eficiências menos expressivas.

Na sequência, as figuras 8, 9 e 10 apresentam os gráficos das eficiências de remoção de coliformes totais e *E. coli* nas diferentes etapas do processo de tratamento.



Tabela 3 – Eficiências de remoção de coliformes totais e *E. coli*

Mês/Ano	Eficiência Decantação		Eficiência Filtração		Eficiência Clarificação	
	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>
jan/16	85%	86%	94%	95%	99%	99%
fev/16	94%	93%	87%	90%	99%	99%
mar/16	98%	98%	84%	88%	100%	100%
abr/16	92%	95%	92%	93%	99%	100%
mai/16	72%	91%	92%	90%	97%	100%
jun/16	75%	72%	86%	88%	89%	92%
jul/16	99%	99%	86%	96%	100%	100%
ago/16	96%	93%	98%	98%	99%	100%
set/16	88%	88%	97%	97%	100%	100%
out/16	89%	94%	98%	99%	100%	100%
nov/16	89%	89%	93%	96%	98%	98%
dez/16	89%	91%	96%	97%	99%	99%
jan/17	89%	90%	96%	97%	99%	99%
fev/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
mar/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
abr/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
mai/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
jun/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
jul/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
ago/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
set/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
out/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
nov/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%
dez/17	89%	91%	96%	97%	99%	99%

Figura 8 – Eficiências de remoção de coliformes totais nas diferentes etapas do processo de tratamento

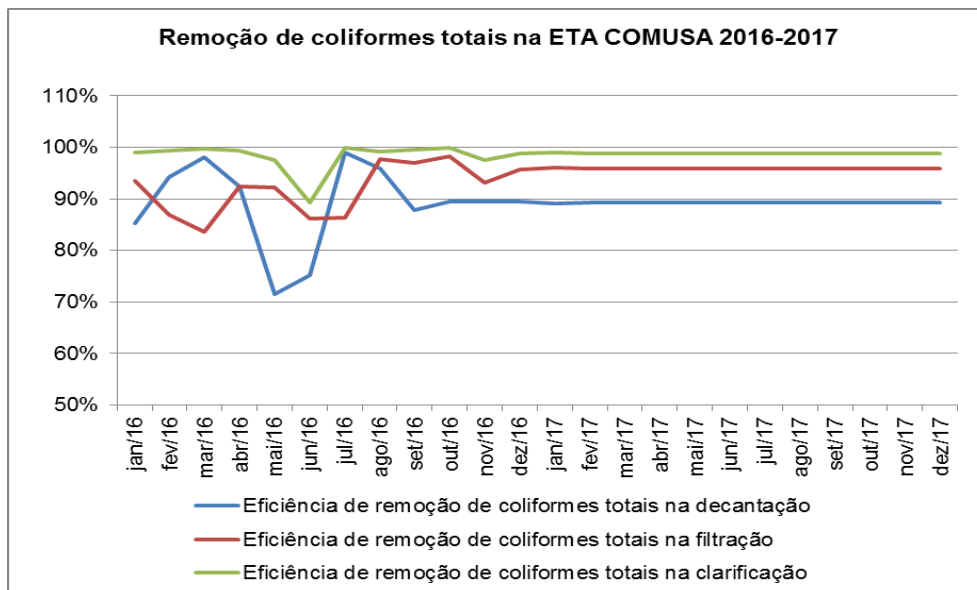




Figura 9 – Eficiências de remoção de *E. coli* nas diferentes etapas do processo de tratamento

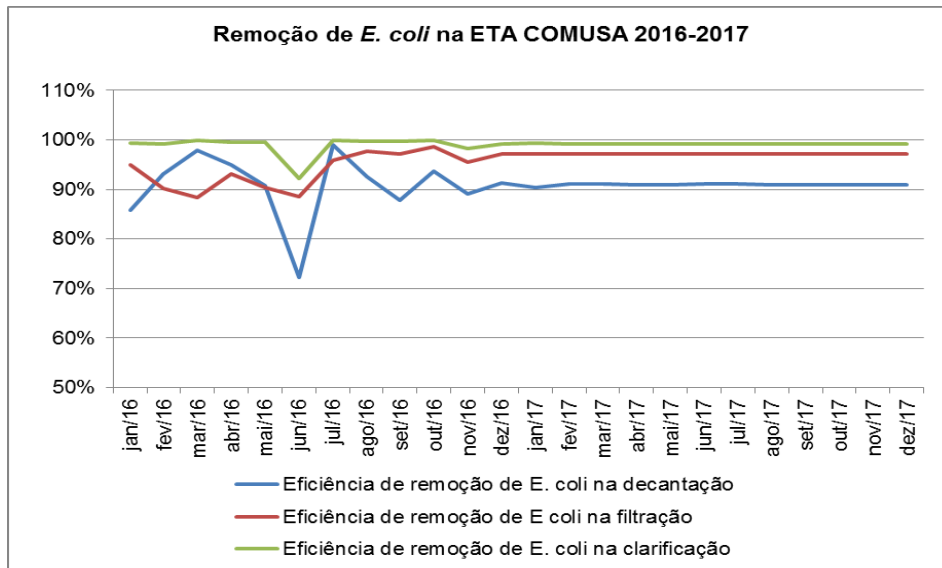
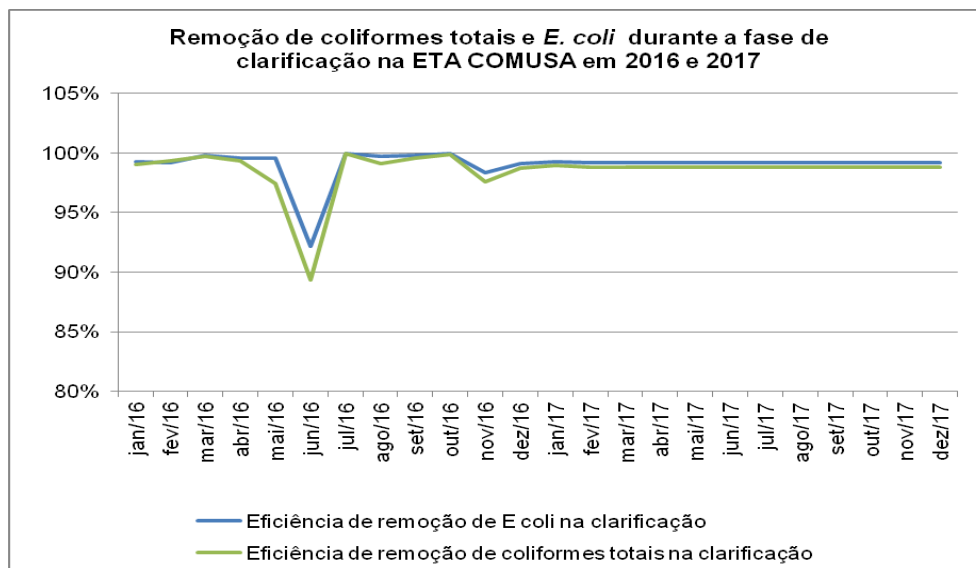


Figura 10 – Eficiências de remoção de coliformes totais e *E. coli* considerando todas as etapas que compõem a clarificação



Silva (2015), considerando amostras coletadas entre os anos de 2014 e 2015 na mesma ETA, encontrou remoção de 98% dos coliformes totais e *E. coli* na etapa de decantação, e 89% dos coliformes totais e 93% de *E. coli* na etapa de filtração.

Considerando as eficiências globais para os anos de 2016 e 2017, foram removidos 89% dos coliformes totais e 91% de *E. coli* na etapa de decantação, e 94% dos coliformes totais e 96% de



E. coli na etapa de filtração. A partir desses índices, na fase de filtração, verifica-se melhora na eficiência do processo de tratamento ao longo dos anos.

CONCLUSÃO

Com base no exposto, conclui-se que a etapa de clarificação em uma ETA que utiliza tratamento físico-químico convencional é a principal responsável pela remoção de contaminação microbiológica da água. A autarquia encontrou eficiências de remoção de coliformes superiores a 99% nos anos de 2016 e 2017 ao final do conjunto de etapas que constituem a clarificação. Fica evidente a importância do controle da qualidade da água nas diferentes etapas do processo de tratamento.

Uma água filtrada de boa qualidade vai apresentar contaminação microbiológica ínfima e baixíssimas concentrações de material a ser oxidado pelos agentes químicos desinfetantes. Assim sendo, frequentemente vai demandar desinfecção apenas para manutenção de residual de cloro livre ao longo da rede de abastecimento, implicando, inclusive, em economia com produtos químicos desinfetantes.

REFERÊNCIAS

- ALBERI NETO (Porto Alegre). **Degradação e Descaso: A Trajetória do Rio dos Sinos**: Conheça quem protege e o que contamina o quarto rio mais poluído do país. 2017. Disponível em: <<https://jornalismoambiental.uniritter.edu.br/?p=1646>>. Acesso em: 26 abr. 2018.
- APHA, AWWA, WEF, **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 22nd Edition, American Publications, Washington, 2012.
- BERNARDO, Luiz Di; PAZ, Lyda Patrícia Sabogal. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. São Carlos: Ldibe, 2008. 1538 p.
- BIANCHIN, E. et al. Verificação da Eficiência de Remoção de Contaminantes Microbiológicos nas Principais Operações Unitárias de um Sistema de Tratamento de Água Destinada ao Consumo Humano. **Perspectiva**, Erechim, v. 36, n. 135, p.75-83, 14 maio 2012. Disponível em: <http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/135_291.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p.



- BRASIL, Portaria de Consolidação nº5, Anexo XX, de 03 de outubro de 2017. Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.
- COMITESINOS (São Leopoldo/rs) (Org.). **Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. 2017. Disponível em: <<http://www.comitesinos.com.br/bacia-hidrografica-do-rio-dos-sinos>>. Acesso em: 26 abr. 2018.
- RICHTER, Carlos A.. **Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2012. 340 p.
- RIO GRANDE DO SUL. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. (Org.). **Qualidade Ambiental - Região Hidrográfica do Guaíba: Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>. Acesso em: 26 abr. 2018.
- SILVA, Renata Pedroso. **Avaliação da remoção de Coliformes nas etapas de uma Estação de Tratamento de Água para consumo humano**. 2015. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo, 2015.
- SPIILKI, Fernando Rosado. **A contaminação das águas e a disseminação de doenças de proliferação hídrica**. 2015. Entrevista. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/547395-a-contaminacao-das-aguas-e-a-disseminacao-de-doencas-de-proliferacao-hidrica-entrevista-especial-com-fernando-spilki>>. Acesso em: 22 jan. 2018.