

IV-1262 - Desinfecção por ozônio de COVID-19 em águas residuais

Thais de Andrade Costa⁽¹⁾

Graduada em Bacharelado em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal do ABC (UFABC). Graduanda em Engenharia Ambiental e Urbana na Universidade Federal do ABC (UFABC).

Endereço⁽¹⁾: Rua dos Pinhais, 42 – Jardim Pinheiros – São Bernardo do Campo - SP - CEP: 09854-680 - Brasil - Tel: (11) 95467-7911 - e-mail: t.costa@aluno.ufabc.edu.br

RESUMO

Com o surgimento da pandemia de COVID-19 em 2019, detectou-se a presença de RNA do SARS-CoV-2 em esgotos e águas residuais. Atualmente, não foi registrado transmissão via esgoto, mas do ponto de vista ambiental trouxe a preocupante necessidade de tratamentos de efluentes adequados para destruição do vírus. Por se tratar de um tema recente, poucas publicações foram feitas a respeito de métodos de tratamento mundialmente, sobretudo em território brasileiro. Em vista disso, o estudo analisou a eficácia do ozônio e hipoclorito de sódio na desinfecção em esgoto tratado e bruto, utilizando o ensaio de RT-qPCR RNA - SARS-COV 2. Desse modo, buscou identificar as dosagens e tempos de contato ideais para a destruição do vírus. Ademais, neste trabalho verificou-se a influência dos mesmos, em variáveis de controle como: sólidos suspensos totais, pH, DQO e residual. Uma comparação de ambos os processos de desinfecção também é apresentada levando em consideração o tratamento mais adequado do ponto de vista sanitário e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Covid-19, desinfecção, água residuais, ozônio, hipoclorito de sódio.

INTRODUÇÃO

Os primeiros relatos de infecções humanas com SARS-CoV-2 ocorreram no final de 2019, na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China, a síndrome foi denominada Coronavírus (COVID-19). As infecções se espalham rapidamente em todo o mundo, e em março de 2020, a OMS declarou a COVID como uma nova pandemia (OPAS, entre 2019 e 2022; SALZBERGER et al, 2020). Em pouco tempo detectou-se várias ondas de variantes de SARS-CoV-2 globalmente. Só em 2020, novas variantes como: alfa (B.1.1.7), beta (B.1.351) e gama (P.1) surgiram no Reino Unido, África do Sul e Brasil respectivamente e em 2021 variante delta (B.1.617.2), que surgiu na Índia e a variante omicron (B.1.1.529) surgiu na África, sendo está altamente transmissível e de maior prevalência global até a atualidade (PLANTE et al., 2021; BAROUCH, 2022).

A principal via de transmissão da COVID-19 é a respiratória, contudo, estudos recentes detectaram ácido ribonucleico (RNA) viral em amostras de fezes de indivíduos infectados e de esgotos sanitários, apontando novos desafios a serem enfrentados (SOARES et al., 2020; CHERNICHARO et al., 2021; MENDES et al., 2022). Nesse sentido, Chan et al. (2004) demonstraram que o RNA do SARS-CoV foi detectado nas fezes dos pacientes a partir do quinto dia da doença, havendo aumento progressivo da proporção de amostras positivas, com o pico ocorrendo após o 11º dia de infecção. Entretanto, o RNA viral ainda se manteve presente nas fezes após 30 dias de doença (ROLLEMBERG; BARROS; LIMA, 2020). Outra fonte relata que o vírus pode sobreviver por 14 dias no esgoto a 4°C, 2 dias a 20°C, e seu RNA pode ser detectado por 8 dias, mesmo se inativado (WANG et al., 2005).

Tal fato, somado à suscetibilidade de transferência lateral de genes por estações de tratamento de esgoto (ETEs) devida a alta densidade de patógenos, reforça a importância de métodos de tratamentos eficazes para eliminar esse risco (GOMES et al., 2019).

Ainda que a cloração seja o sistema de desinfecção mais utilizado, o mesmo possibilita a formação de subprodutos perigosos. Desse modo, desinfetantes como: cloro, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio e demais precursores podem desencadear a formação de trihalometanos (THM) e halorgânicos sobretudo devido o cloro livre (MEYER, 1994; GOMES et al., 2019).

Em vista disso, a utilização de ozônio como método de tratamento em ETEs mostra-se mais eficiente já que demanda menos tempo de reação e devido sua alta reatividade é rapidamente decomposto em oxigênio, podendo indicar que seu residual não desencadeia problemas no desenvolvimento de produtos tóxicos (GOMES et al., 2019). Entretanto, trata-se de uma tecnologia complexa e demanda o uso de materiais resistentes à corrosão no sistema, acarretando aumento dos custos e energia (LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991; GOMES et al., 2019).

Ozônio para tratamento de efluentes

O ozônio pode ser empregado no tratamento de águas de abastecimento como agente oxidante e desinfetante, e sua aplicação pode ocorrer na forma de pré, inter e pós-oxidante (FILHO, 2020). O potencial uso do ozônio desinfecção de água poluída foi reconhecido por Meritens em 1886. Alguns anos depois a empresa alemã Siemens & Halske contatou oficiais prussianos que viriam testar a aplicação de ozônio na desinfecção de água potável. Assim surgiu o primeiro plano piloto construído em Martinikenfelde, Alemanha no ano 1891, cujos testes apontaram eficácia contra bactérias. A primeira aplicação de ozônio no tratamento de água em larga escala, ocorreu em 1893 em Oudshoorn, Holanda. Posteriormente as plantas foram construídas em: Paris, França (1898), Wiesbaden, Alemanha (1901), Paderborn, Alemanha (1902), Cataratas do Niágara, Nova Iorque (1903), São Petersburgo (Leningrado), URSS (1905), Nice, França (1906), Chartres, França (1908), Paris /St. Maur, França (1909) e Madri, Espanha (1910) (LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991).

No início do século XX, o crescimento no uso de ozônio desacelerou devido às pesquisas acerca de gases tóxicos, que foram conduzidas durante a Primeira Guerra Mundial e levaram ao desenvolvimento do cloro, substância mais econômica (LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991). Embora atualmente o ozônio

seja empregado em grande escala em alguns países da Europa Ocidental e Oriental, e, mais recentemente, redescoberto pelos norte-americanos, sua utilização é muito limitada no Brasil devido ao seu alto custo (LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991).

Pelo fato de o ozônio ser altamente instável, seu uso exige uma produção *in loco*, sendo oxigênio e energia suas matérias-primas principais, como apresentado nas expressões a seguir (DAVIS, 2017).



O método de descarga por efeito corona para geração de ozônio costuma ser usado para desinfecção de água para consumo humano. Nesse método, o oxigênio é passado através de um campo elétrico gerado pela aplicação de alta tensão por eletrodos separados por um material dielétrico. À medida que passa pelo campo elétrico, o oxigênio é dividido em oxigênio singleto ($\text{O}^\bullet$). O oxigênio singleto reage com o oxigênio para formar O_3 . A fonte de oxigênio é o ar ambiente ou oxigênio líquido fornecido comercialmente (LOX) (DAVIS, 2017).

1.2. Referências de desinfecção com ozônio e cloro na literatura

De acordo com a Associação Internacional de Ozônio (IOA, 2021) não há dados específicos para inativação do coronavírus SARS-CoV-2, no período antecessor deste trabalho. Desse modo, para adotar as dosagens, foi realizada uma pesquisa acerca dos tipos de reagentes e dosagens para desinfecção do vírus SARS-CoV na literatura, conforme tabela 1. Os reagentes pesquisados foram: cloro, dióxido de cloro (ClO_2), ozônio (O_3), ácido hipocloroso (HClO) e hipoclorito de sódio (NaClO).

Tabela 1 - Síntese de referências de desinfecção para o vírus SARS-CoV

Referência	Desinfecção	Concentração	Vírus	Tipo de efluente
(SINGH et al., 2021)	ClO_2	40 g/m ³ 30 min - 0,16 g.min/m ³	SARS-CoV	águas residuais
(WANG et al., 2020)	O_3	150 a 300 g.min/m ³	Todos os vírus SARS	águas residuais hospitalares
	Cloro livre	> 15 g.min/m ³		
	ClO_2	> 65,7 g.min/m ³		

(TEYMOORIAN et al., 2021)	O₃	0,4 a 1,6 g.min/m ³	SARS-CoV-2	águas residuais
(MORRISON et al., 2020)	O₃	0,5 g.min/m ³	SARS-CoV-2	águas residuais
(CAMPOS; JESUS; SANTANA, 2021)	O₃	30 a 100 g.min/m ³	sem informação	sem informação
(TRAN et al., 2021)	Cloro livre	> 45 g.min/m ³	SARS-CoV-2	águas residuais hospitalares
	NaClO	6700 g/m ³	SARS-CoV-2	águas residuais hospitalares
(ROLLEMBERG; BARROS; LIMA, 2020)	Cloro	600 g.min/m ³	sem informação	efluente secundário.
	O₃	entre 30 e 100 g.min/m ³ .	sem informação	sem informação
(ZHANG et al., 2020)	Cloro e NaClO	585 g.min/m ³ e 6700 g/m ³ de NaClO (cloro livre)	SARS-CoV-2	efluente de fossas sépticas hospitalares
(WANG et al, 2005).	Cloro	3 a 12,5 g/m ³ e cloro livre de 1,5 a 5,0 g/m ³	SARS-CoV	águas residuais hospitalares
(SOUZA et al., 2020)	Cloro livre	>0,5 g/m ³	SARS-CoV	esgotos sanitários.
(ALAHDAL et al., 2021)	HCIO e ClO₂	>300 g.min/m ³	SARS-CoV-2	águas residuais
	O₃	30 a 100 g.min/m ³	SARS-CoV-2	águas residuais

Fonte: elaboração própria

MATERIAIS E MÉTODOS

O esgoto bruto e esgoto tratado utilizados como amostras foram obtidos no dia anterior na ETE ABC, armazenados a 4°C. Os experimentos de desinfecção foram realizados com NaClO e ozônio e para fins de controle, cada tipo de ensaio foi realizado com esgoto sem aditivo e com vacina com vírus respiratório sincicial bovino (BRSV) (INFORCE (™) 3, ZOETIS) totalizando quatro ensaios diferentes para cada tipo de desinfecção: esgoto bruto sem vacina (EBSV), esgoto bruto com vacina (EBCV), esgoto tratado sem vacina (ETSV) e esgoto tratado com vacina (ETCV).

Cada ensaio utilizou um béquer com 1,5 L de amostra posicionada em agitador magnético com velocidade constante. Foram coletadas alíquotas nos seguintes tempos de contato: 0, 5, 10, 20 e 30 minutos para realizar o ensaio de RT-qPCR RNA - SARS-COV 2.

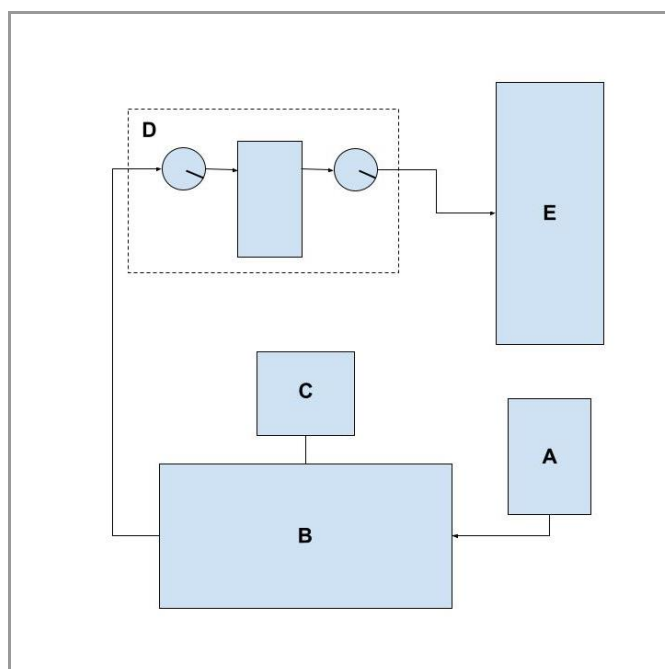
Ensaio com hipoclorito de sódio

Na análise de desinfecção com hipoclorito de sódio (NaClO) utilizou-se uma solução com concentração de 10-12% de NaClO, na qual foi feita com uma dosagem única de 0,5 mL analisando os diferentes tempos de contato citados anteriormente. As amostras coletadas foram conservadas em tubos Falcon de 50 ml e conservadas a 4°C para ensaio de RT-qPCR RNA - SARS-COV 2.

Ensaio com ozônio

Para o experimento foi construído um piloto para transferir ozônio para a amostra de esgoto, cujo a representação gráfica pode ser conferida na figura 1. O sistema se inicia com a entrada de ar no compressor de ar (Electro - Magnetic Air Compressor, BOYU ®), encaminhando o oxigênio para o gerador de ozônio (Absolute Ozone ®) ajustado para gerar ozônio numa concentração constante de 0,6 g/m³ (ppm) e vazão de 10 ml/s monitorado por meio do monitor de ozônio (Mini Hicon Ozone Analyser, IN USA ®). Para controle da vazão e concentração de ozônio no sistema foi utilizado um pressurizador. As amostras foram coletadas e conservadas de modo análogo ao ensaio de NaClO.

Figura 1 - Representação gráfica do sistema



Fonte: elaboração própria

Legenda:

- A - Compressor de ar - BOYU ® Electro- Magnetic Air Compressor
- B - Gerador de Ozônio - Absolute Ozone ®
- C- Monitor de Ozônio - IN USA (™) Mini Hicon Ozone Analyser
- D - Manômetros e pressurizador
- E - Cilindro de amostra

Análise de cloro livre e ozônio residual

Para melhor aferição foram obtidas as concentrações de O_3 e NaClO residual das amostragens obtidas na desinfecção nos tempos: 0, 5, 10, 20, 30, 60, 120 e 180 minutos. Para análise de NaClO utilizou-se o fotômetro portátil medidor de cloro livre (Modelo HI 97710C, Hanna Instruments ®). Para o método foram retiradas as alíquotas da amostra, sendo estas posteriormente filtradas em filtro de porosidade de 1,2 μm e inseridas numa cubeta de 10 ml. Na sequência foi adicionado o reagente de cloro livre (HI93701-0, Hanna Instruments ®) e realizado a leitura no equipamento.

A aferição do ozônio foi feita de modo análogo ao NaClO, onde foram retiradas alíquotas da amostra nos tempos anteriormente citados. Estas foram filtradas em filtro de porosidade de 1,2 μm e inserida na ampola de reagente Accuvac Ozone da Hach ® de 0 a 0,75 g/m^3 O_3 (médio alcance) para leitura no colorímetro portátil (DR/890, Hach ®).

Variáveis de Controle

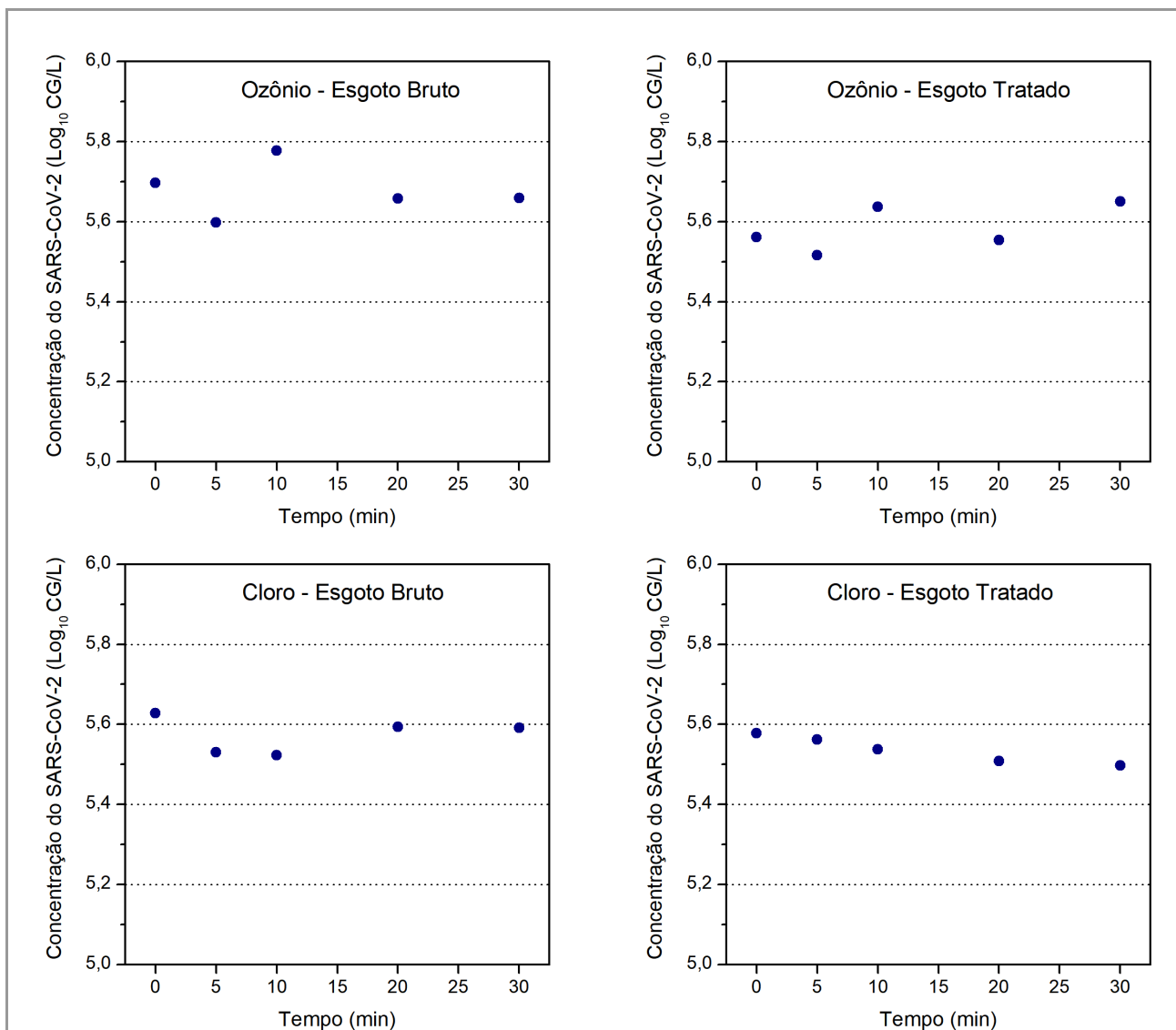
Além dos ensaios de RT-qPCR, foram aferidos parâmetros como pH, DQO e sólidos totais para as amostras nos tempos de contato 0 e 30 minutos. O pH foi aferido por meio de medidor de pH de bancada (Modelo NI PHM, Nova Instruments ®). A DQO foi medida pela técnica colorimétrica no espectrofotômetro UV-visível (Modelo UV-M51, BEL Engineering®). Obteve-se os valores de sólidos suspensos totais (SST) conforme ABNT (1989), onde filtrou-se 40 ml de amostra em filtro de porosidade de 1,2 μm . O material remanescente retido passou por processo de evaporação parcial e posterior secagem em estufa à 105 °C.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após análise de RT-qPCR, observou-se que tanto para o esgoto bruto quanto tratado, o método de desinfecção com ozônio apresentou carga viral de SARS-CoV-2 positiva constante e o NaClO acarretou num baixo decaimento de carga viral. Entretanto, em ambos os casos a dosagem e tempos de contato adotados não foram suficientes para desinfecção completa, conforme figura 2.

Apesar da ampla pesquisa, observou-se que as dosagens levantadas não se aplicam ao esgoto de estudo, já que este possui características próprias devido a região que incide.

Figura 2 - Gráficos de Concentração do SARS-CoV-2 em função do tempo



Fonte: elaboração própria

Como esperado o residual de ozônio teve uma taxa de residual inferior ao cloro devido sua alta reatividade, conforme tabela 2. Analisando os métodos isoladamente, nota-se que o cloro livre no esgoto tratado foi superior ao do esgoto bruto. Tal resultado muito provavelmente se deve a alta quantidade de sólidos suspensos totais (SST) e a DQO (que podem ser conferidas nas tabelas 3 e 4, respectivamente), acarretando num maior consumo do desinfetante. Em relação ao ozônio nota-se comportamento inverso ao do cloro, onde o esgoto tratado contém menor residual do que o esgoto bruto. O resultado sugere que a alta quantidade de sólidos suspensos totais (SST) do esgoto bruto pode propiciar a retenção do ozônio, necessitando de estudo mais aprofundado para averiguar a afirmação, bem como um sistema mais robusto de ozonização.

Tabela 2 - Valores de residual

Tempo (min)	Residual Cloro (g/m ³)		Residual Ozônio (g/m ³)	
	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
0	3,22	9,50	0,12	0,03
5	2,37	13,50	0,51	0,18
10	2,54	21,50	0,40	0,31
20	2,74	17,00	0,09	0,03
30	2,29	10,50	0,11	0,01

Fonte: elaboração própria

Analisando os valores de sólidos totais obtidos, observou-se que na desinfecção feita por NaClO houve um aumento na quantidade de partículas retidas do tempo de contato de 0 a 30 minutos, em ambos os tipos de esgoto. Em relação a desinfecção com ozônio obteve-se um declínio da quantidade de sólidos suspensos totais apenas no esgoto bruto. Entretanto, ao comparar ambos os tipos de tratamento, pode-se notar maior quantidade de sólidos retidos na desinfecção com ozônio do que com NaClO, conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Valores de sólidos suspensos totais

Amostra	SST Cloro (mgSST/L)		SST Ozônio (mgSST/L)	
	0 min	30 min	0 min	30 min
Esgoto Tratado	21	29	30	36
Esgoto Bruto	104	129	188	181

Fonte: elaboração própria

Comparando os valores de DQO obtidos, observou-se valores maiores para a desinfecção com ozônio do que com NaClO, conforme a tabela 4. Analisando cada método isoladamente, verificou que a DQO para todas as amostras decaiu entre os tempos de 0 a 30 minutos na desinfecção de NaClO. Em relação a desinfecção com ozônio, o esgoto bruto teve redução de 8,4% de DQO, já o esgoto tratado teve aumento de 6,9% entre os tempos de 0 a 30 minutos.

Tabela 4 - Valores de DQO

Amostra	DQO Cloro (mgO ₂ /L)		DQO Ozônio (mgO ₂ /L)	
	0 min	30 min	0 min	30 min
Esgoto Tratado	64	47	135	145
Esgoto Bruto	238	193	534	489

Fonte: elaboração própria

Conforme a tabela 5, nota-se que o pH das amostras de esgoto tratado aumentou do tempo de 0 a 30 minutos e manteve-se no esgoto bruto. Apesar do acréscimo de pH na desinfecção com NaClO, nota-se que houve pouca variação da medida comparado ao ozônio. A literatura aponta que o ozônio pode elevar o pH de água potável proporcionalmente ao tempo de contato, o que pode justificar a alta variação do pH no esgoto tratado com a ozonização (BONATES; PESSOA, 2021). Outra fonte relata que o pH influencia diretamente na decomposição do ozônio molecular, indicando que o esgoto tratado e bruto pode sofrer efeitos diferenciados da ozonização (ASSALIN; DURÁN, 2007). O efeito do ozônio no pH de águas residuais e esgotos ainda requer um levantamento de dados experimentais mais aprofundado.

Tabela 5 - Valores de pH

Amostra	pH Cloro		pH Ozônio	
	0 min	30 min	0 min	30 min
Esgoto Tratado	6,9	7,0	6,8	7,1
Esgoto Bruto	7,2	7,2	7,4	7,4

Fonte: elaboração própria

CONCLUSÕES

Além dos aspectos pontuados no início do estudo, através do ensaio, foi possível identificar características e reações distintas nos dois tipos de desinfecções. A partir dos ensaios foi possível concluir que as dosagens e tempos de contato adotados não foram suficientes para águas residuais da ETE de estudo. Indicando que as poucas referências existentes acerca do assunto não contemplam as características do esgoto local. Desse modo, é fundamental um maior aprofundamento e mais estudos na área para ampliar o conhecimento acerca do tema.

Apesar do método de ozonização não ter ocasionado no decaimento de carga viral com a concentração adotada, não é possível afirmar que a desinfecção com cloro é mais indicada, já que a mesma apresenta potencial de risco na formação de subprodutos perigosos, necessitando de avaliação na formação de THM nos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAHDAL, Hadil M. et al. **A review on Saudi Arabian wastewater treatment facilities and available disinfection methods: implications to sars-cov-2 control**. Journal Of King Saud University - Science, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 101574, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101574>.

ASSALIN, Márcia Regina; DURÁN, Nelson. **Novas tendências para aplicação de ozônio no tratamento de resíduos: ozonização catalítica.** Revista Analytica, Taboão da Serra, SP, ed. 26, n. 26, p. 76-86, jan. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10664: Águas - Determinação de resíduos (sólidos) - Método gravimétrico.** 7 ed. Rio de Janeiro: *, 1989.

BAROUCH, Dan H. **Covid-19 Vaccines — Immunity, Variants, Boosters.** New England Journal Of Medicine, [S.L.], v. 387, n. 11, p. 1011-1020, 15 set. 2022. Massachusetts Medical Society. <http://dx.doi.org/10.1056/nejmra2206573>.

BONATES, Fabrizia Henriques; PESSOA, Rodrigo. **EFEITOS FÍSICO-QUÍMICOS DA APLICAÇÃO DE OZÔNIO EM ÁGUA POTÁVEL.** SIGE- Simpósio De Aplicações Operacionais Em Áreas De Defesa , São José dos Campos, SP, 28 SET. 2021 1983-7402.

CAMPOS, Nicolás Mateus Cosme Oliveira; JESUS, Raildo Mota de; SANTANA, Gregório Mateus. **Recomendações para remodelação dos processos de desinfecção de efluentes no Brasil – Um alerta deflagrado pela pandemia COVID-19.** Research, Society And Development, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1-10, 19 fev. 2021. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12691>.

CHERNICHARO, Carlos Augusto De Lemos et. al. **Monitoramento do esgoto como ferramenta de vigilância epidemiológica para controle da COVID-19: estudo de caso na cidade de Belo Horizonte.** Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 691-699, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220200243>.

DAVIS, Mackenzie. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias: princípios e práticas/Mackenzie Davis;** tradução Sabine Alexandra Holler. – 1. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. Pág. 356

FILHO, Sidney Seckler Ferreira. **Tratamento de água : concepção, projeto e operação de estações de tratamento / Sidney Seckler Ferreira Filho.** - 1. ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional. Publicado pelo selo LTC | Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2020. Pág. 314

GOMES, João et al. **Ozone and Photocatalytic Processes for Pathogens Removal from Water: a review.** Catalysts, [S.L.], v. 9, n. 1, p. 46, 5 jan. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/catal9010046>.

INTERNATIONAL OZONE ASSOCIATION (IOA), PAN AMERICAN GROUP (PAG). **Statement on COVID-19**. Disponível em: <https://www.ioa-pag.org/Contact-Us>. Acesso em: 26 dez. 2022.

LANGLAIS, Bruno; RECKHOW, David A.; BRINK, Deborah R. **Ozone in Water Treatment Application and Engineering**, [S.L.], p. 20-21, 16 jul. 1991. Routledge. <http://dx.doi.org/10.1201/9780203744635>.

MENDES, Geovana et al. **MONITORAMENTO DA CARGA VIRAL DE SARS-COV-2 EM ÁGUAS RESIDUAIS NA CIDADE DE GOIÂNIA: epidemiologia baseada em esgoto e um sistema de alerta precoce para covid-19**. Química Nova, [S.L.], v. 45, n. 10, p. 1197-1204, 19 ago. 2022. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170933>.

MEYER, Sheila T. **O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública**. Cadernos de Saúde Pública, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 99-110, mar. 1994. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x1994000100011>.

MORRISON, Christina et al. **Critical Review and Research Needs of Ozone Applications Related to Virus Inactivation: potential implications for sars-cov-2**. Ozone: Science & Engineering, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 2-20, 21 dez. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01919512.2020.1839739>.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Histórico da pandemia de COVID-19**. Brasília (DF); entre 2019 e 2022.

PLANTE, Jessica A. et.al. **The variant gambit: covid-19's next move**. Cell Host & Microbe, [S.L.], v. 29, n. 4, p. 508-515, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chom.2021.02.020>.

ROLLEMBERG, SILVIO; BARROS, AMANDA NASCIMENTO DE; LIMA, JOÃO PEDRO MACHADO DE. **Avaliação da contaminação, sobrevivência e remoção do coronavírus em sistemas de tratamento de esgoto sanitário**. Revista Tecnologia, [S.L.], v. 41, n. 1, p. 1-15, 30 jun. 2020. Fundacao Edson Queiroz. <http://dx.doi.org/10.5020/23180730.2020.10849>

SALZBERGER, Bernd et.al. **Epidemiology of SARS-CoV-2**. Infection, [S.L.], v. 49, n. 2, p. 233-239, 8 out. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s15010-020-01531-3>.

SINGH, Simranjeet et al. **Detection and disinfection of COVID-19 virus in wastewater**. Environmental Chemistry Letters, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 1917-1933, 22 fev. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-021-01202-1>.

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva et. al. **Presença do novo coronavírus (SARS-COV-2) nos efluentes sanitários e a importância da epidemiologia baseada em esgoto para o rastreamento e sinalização de alertas precoces de surtos de doenças.** XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Vitória/Es, v. , n. , p. 1-5, 26 nov. 2020.

SOUZA, Luís Paulo Souza et al.; **Presença do novo coronavírus (SARS-CoV-2) nos esgotos sanitários: apontamentos para ações complementares de vigilância à saúde em tempos de pandemia.** Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 132-138, 27 ago. 2020. Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciencia y Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.22239/2317-269x.01624>.

TEYMOORIAN, Termeh et al. **Direct and indirect effects of SARS-CoV-2 on wastewater treatment.** Journal Of Water Process Engineering, [S.L.], v. 42, p. 102193, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102193>

TRAN, Hai Nguyen et al. **SARS-CoV-2 coronavirus in water and wastewater: a critical review about presence and concern.** Environmental Research, [S.L.], v. 193, p. 110265, fev. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2020.110265>.

WANG, Jiao et al. **Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: suggestions for disinfection strategy during coronavirus disease 2019 (covid-19) pandemic in China.** Environmental Pollution, [S.L.], v. 262, p. 114665, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114665>.

WANG, X. W. et al. **Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan hospital and the 309th Hospital of the Chinese People's Liberation Army.** Water Science And Technology, [S.L.], v. 52, n. 8, p. 213-221, 1 out. 2005. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2005.0266>.

ZHANG, Dayi et al. **Potential spreading risks and disinfection challenges of medical wastewater by the presence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) viral RNA in septic tanks of Fangcang Hospital.** Science Of The Total Environment, [S.L.], v. 741, p. 140445, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140445>.