

**II-1198 – COMPARAÇÃO TÉCNICA-FINANCEIRA DA EFICÁCIA DE
DESINFECÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS ÁCIDO PERACÉTICO E
DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO OBJETIVANDO DESINFECÇÃO DE
AMOSTRAS DE ESGOTO TRATADO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTOS–ETE DANCING DAYS**

Bartholomeu Siqueira Júnior⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Especialista em Coleta e Tratamento de Esgotos da COMPESA-PE.

Edyjane Cavalcanti Ramos

Engenheira Química pela UNICAP, Pós Graduação em Engenharia de Saneamento Básico e Ambiental/ Universidade da Cidade de São Paulo. Engenheira Química Laboratório de Controle de Qualidade da Compesa.

Eliete Regina de Lima Silva

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Eng.^a Seg. Trabalho pela Faculdade Pitágoras. Pós Gestão de sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário (IPOG).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Cruz Cabugá,1387- Santo Amaro - Recife - PE - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (81) 34124279 ; (81) 994885542. - e-mail: bartholomeus@compesa.com.br

RESUMO

O tratamento de esgotos realizado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETES) tem a função de remover os contaminantes presentes, objetivando deixar os esgotos tratados em condições de serem lançados nos corpos receptores. Um dos principais contaminantes nos esgotos são os microrganismos patogênicos e para eliminar esse risco para saúde pública e o meio ambiente são realizados os processos de desinfecção nos esgotos.

A desinfecção tem objetivo de inativar os microrganismos patogênicos presentes naturalmente nos esgotos utilizando diversos processos físico-químicos, sendo os principais a aplicação de produtos químicos (Compostos de Cloro, ozônio, ácido peracético, etc) e radiação ultravioleta (UV). O uso de produtos químicos é prática mais comum na desinfecção de esgotos de ETES da COMPESA, de modo que necessitamos comprar constantemente diversos produtos químicos disponíveis no mercado, os quais estão em constante variação de preços e impactam diretamente nos custos de operação da empresa.

Sendo assim neste trabalho foram realizados testes de bancada com ensaios de jar-test no Laboratório de Esgotos da COMPESA, nos quais foram testados os produtos desinfetantes dicloroisocianurato de sódio e ácido peracético no esgoto tratado na ETE Dancing Days. Nestes testes aplicamos os produtos em diferentes condições de dosagem de aplicação e tempos de contato objetivando reduzir a Concentração de Coliformes Termotolerantes, parâmetro microbiológico medido, abaixo do limite de 1.000NMP/100mL preconizado pela legislação estadual de Pernambuco (IN 03/2018 do CPRH). De posse desses dados laboratoriais e dos custos dos produtos podemos avaliar qual apresenta melhor eficiência na desinfecção e sua viabilidade financeira, além de estimar a atuação dos produtos em condições operacionais nas unidades dos tratamentos das ETES.

INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos realizado nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) tem a função de remover todos os contaminantes orgânicos, inorgânicos e microbiológicos presentes nos efluentes, assim como deixar os esgotos tratados em condições de serem lançados nos corpos receptores de modo a atender as normas das legislações vigentes e evitar a poluição dos corpos d'água e do meio ambiente. No tratamento do esgoto doméstico são realizados diversos processos físico-químicos, tais como a separação dos sólidos, a degradação biológica dos compostos presentes, entre outras, e uma das mais importantes é a desinfecção dos esgotos.

A desinfecção tem objetivo de inativar os microrganismos patógenos presentes naturalmente nos esgotos, de modo atingir uma qualidade microbiológica que atenda aos limites das legislações ambientais e consequentemente proteger a saúde pública.

Para realizar a desinfecção dos esgotos são realizados diversos processos, os principais são: Cloração (aplicação de compostos de cloro), radiação ultravioleta (UV), ozonização, e outros agentes químicos como o ácido peracético (Pacheco Jordão, 2014). Cada um desses produtos possui suas características técnicas, mecanismos de atuação e preços diferentes, logo a comparação da ação desses produtos é de fundamental importância para alcançar a correta desinfecção dos efluentes e a melhor alternativa técnica/financeira devido ao alto custo dos produtos químicos.

Neste trabalho foram realizados testes de bancada ,com realização de ensaios de jar-test, no Laboratório de Esgotos da GQL da COMPESA, nos quais foram testados os produtos desinfetantes dicloroisocianurato de sódio e ácido peracético no esgoto tratado, com diferentes dosagens de aplicação e tempos de contato, com objetivo de reduzir a Concentração de Coliformes Termotolerantes no esgoto tratado na ETE Dancing Days, abaixo do limite da legislação estadual de Pernambuco (IN 03/2018 do CPRH), com valor limite de 1.000NMP/100mL. De posse desses dados avaliar qual apresenta melhor eficiência na desinfecção e viabilidade financeira, além de estimar a atuação dos produtos em condições operacionais nas unidades dos tratamentos das ETES.

Os esgotos tratados utilizados nos testes foram coletados na ETE Dancing Days, que é uma estação de tratamento de esgoto convencional da COMPESA operada pela BRK Ambiental situada no Recife/PE, e que possui concepção de Reator UASB seguida de Filtro Biológico Percolador e Decantador Secundário, posteriormente seguido de Tanque de contato com aplicação de solução de dicloroisocianurato de sódio para desinfecção do efluente tratado.



Figura 1. ETE Dancing Days (vista superior).

A Compesa é a concessionária dos serviços públicos de saneamento no estado de Pernambuco, tendo os custos com produtos químicos como um dos quatro maiores custos mensais operacionais. Diante do exposto, os testes com diversos produtos químicos para desinfecção dos esgotos são de grande importância do ponto de vista técnico e do ponto de vista de gestão dos custos com produtos químicos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Gerência de Controle de Qualidade da empresa e da própria Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Contamos também com apoio da Engenheiro Químico Thiago Machado, da Peróxido do Brasil, que cedeu a amostra de Ácido Peracético a 15% em massa.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção, Esgoto Tratado, Produto Químico, Eficiência de Desinfecção, Custo de Produto Químico, Ácido Peracético, Dicloroisocianurato de Sódio, Ensaios de Jar-test, Coliformes Termotolerantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização dos testes de bancada, os esgotos tratados foram coletados na caixa de saída do Filtro Percolador nº1, antes da etapa de desinfecção dos esgotos na ETE Dancing Day, e posteriormente foram envasados em galões plásticos de 20 litros e acondicionados em caixas de Isopor com gelo e transportados para o Laboratório de Esgoto da Gerência de Controle de Qualidade (GQL) da COMPESA.

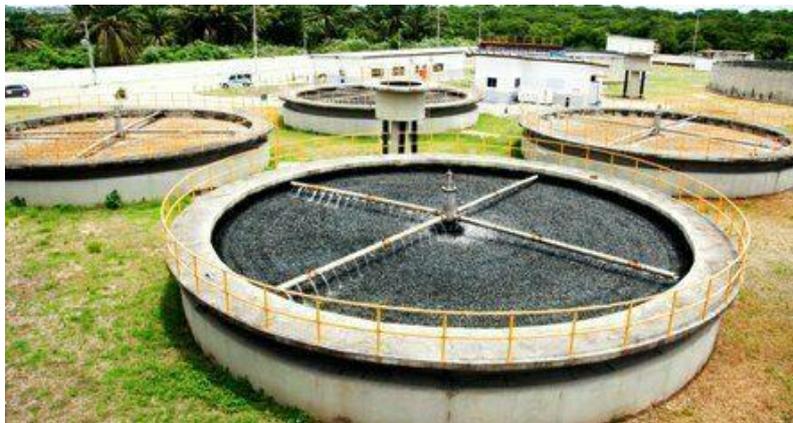


Figura 2. Filtro Percolador da ETE Dancing Days (Ponto de Coleta do esgoto tratado).

Assim que as amostras de esgoto tratado chegaram ao laboratório foram submetidas aos ensaios de floculação com reatores estáticos “jar-test”, no equipamento da marca HEXIS, nas condições descritas a seguir.

Inicialmente foram realizados ensaios de jar-test para determinar a demanda de consumo do ácido peracético, conforme orientação do fabricante:

- Adição de uma dosagem de 1,5 mg/L de ácido peracético com tempo de contato de 5 minutos e 10 minutos.
- Adição de uma dosagem de 3,0 mg/L de ácido peracético com tempo de contato em 5 minutos e 10 minutos.

Em todos os ensaios de jar-test foram utilizados os gradientes de $50s^{-1}$ para agitação das amostras nos tempos pré-definidos. Todos os resultados dos testes de demanda apresentaram concentrações residuais de ácido peracético entre 0,5 e 1,5 mg/L, indicando que os compostos presentes nos esgotos não consumiram todo o produto aplicado, independente da dosagem utilizada. Concluímos que não existia uma dosagem mínima requerida, então teríamos liberdade para testar qualquer faixa de dosagem aplicada. Após o teste de demanda, foram realizados os ensaios de jar-test nos esgotos tratados com diferentes dosagens aplicadas dos produtos químicos e diversos tempos de agitação nos 6 jarros.



Figura 3. Ensaio de Jarteste em equipamento com 6 Jarros.

Na Tabela 1 estão apresentadas as dosagens aplicadas dos produtos químicos e os tempos de agitação nos jarros, que correspondem aos tempos de contato do esgoto com os produtos, pois assim que o tempo pré-definido era alcançado a agitação era encerrada e foram retiradas amostras de cada jarro, e cada uma dessas amostras adicionamos produtos químicos para paralisar as reações com os desinfetantes: nas amostras com ácido peracético adicionamos solução de enzima catalase e nas amostras com dicloro inserimos solução de tiosulfato de Sódio. De cada uma dessas amostras foram retiradas alíquotas de 1 mL e transportadas para sala de inoculação e depois colocadas nas estufas de incubação à temperatura de 44,5°C.

Tabela 1: Dosagens dos desinfetantes e tempos de contato nos ensaios de Jar-test.

DOSAGEM (mg/L)	TEMPO CONTATO (min)
2	5
3	5
4	5, 10, 20
6	5
8	5

As inoculações das amostras dos esgotos nas estufas foram realizadas com diluições definidas de acordo com histórico das análises dos efluentes da ETE Dancing Days, conforme segue, e seguiram os procedimentos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*:

AMOSTRA EM BRANCO: 10⁴ e 10⁶

ACIDO PERACÉTICO

Para tempo de contato de 5 minutos nas diferentes concentrações aplicadas:

- 2 mg/L: 10⁴ e 10⁵
- 3 mg/L: 10⁴ e 10⁵
- 4 mg/L: 10⁴ e 10⁵
- 6 mg/L: 10² e 10⁴
- 8 mg/L: 10²

Para tempo de 10 minutos:

- 4 mg/L: 10²

Para tempo de 20 minutos:

- 4 mg/L: 10²

DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO

Para tempo de 5 minutos nas diferentes concentrações aplicadas:

- 2 mg/L: 10³ e 10⁴
- 3 mg/L: 10³ e 10⁴
- 4 mg/L: 10² e 10³
- 6 mg/L: 10²
- 8 mg/L: 10²

Para tempo de 10 minutos:

- 4 mg/L: 10²

Para tempo de 20 minutos:

- 4 mg/L: 10²

RESULTADOS DOS ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS

Após as 18 horas de incubação nas estufas, os ensaios microbiológicos obtiveram os seguintes resultados apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4:

Tabela 2: Tempo de contato nos ensaios de jar-test.

AMOSTRA EM BRANCO		
DOSAGEM (mg/L)	TEMPO CONTATO (min)	NMP/100mL
Não aplicável	Não aplicável	<10.000

Tabela 3: Dosagens de desinfetante e tempos de contato nos ensaios de jar-test.

ÁCIDO PERACÉTICO		
DOSAGEM (mg/L)	TEMPO CONTATO (min)	NMP/100mL
2	5	$2,33 \times 10^5$
3	5	<10.000
4	5	<10.000
6	5	<100
8	5	100
4	10	100
4	20	<100

Tabela 4: Dosagens de desinfetante e tempos de contato nos ensaios de jar-test.

DICLOROISOCIANURATO DE SÓDIO		
DOSAGEM (mg/L)	TEMPO CONTATO (min)	NMP/100mL
2	5	$1,0 \times 10^3$
3	5	<1000
4	5	<100
6	5	$1,0 \times 10^2$
8	5	<100
4	10	<100
4	20	<100

As figuras 1 e 2 contêm os resultados comparativos do decaimento no número de Coliformes Termotolerantes em função do aumento da dosagem aplicada dos diferentes produtos químicos.

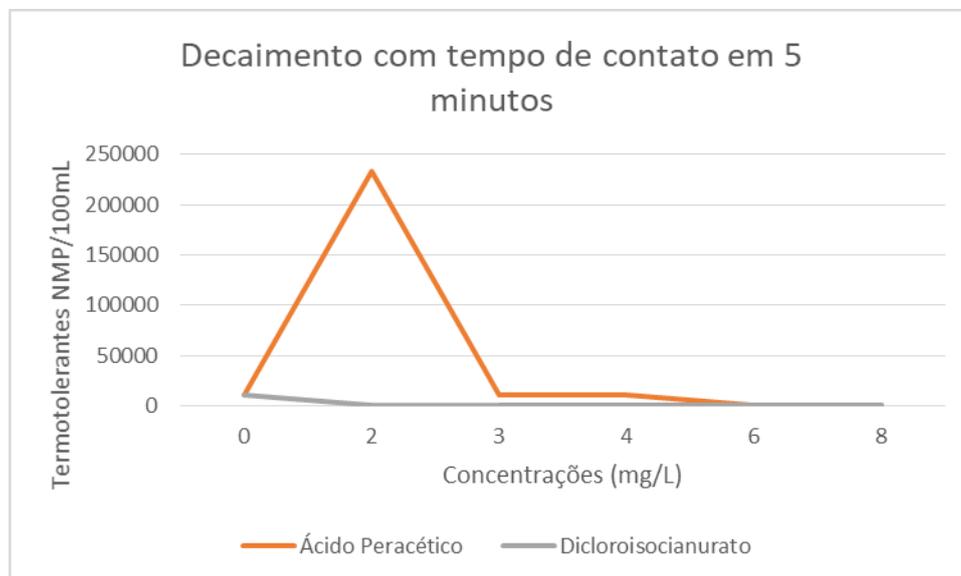


Figura 4. Número de Coliformes Termotolerantes em relação à dosagem aplicada de cada produto.

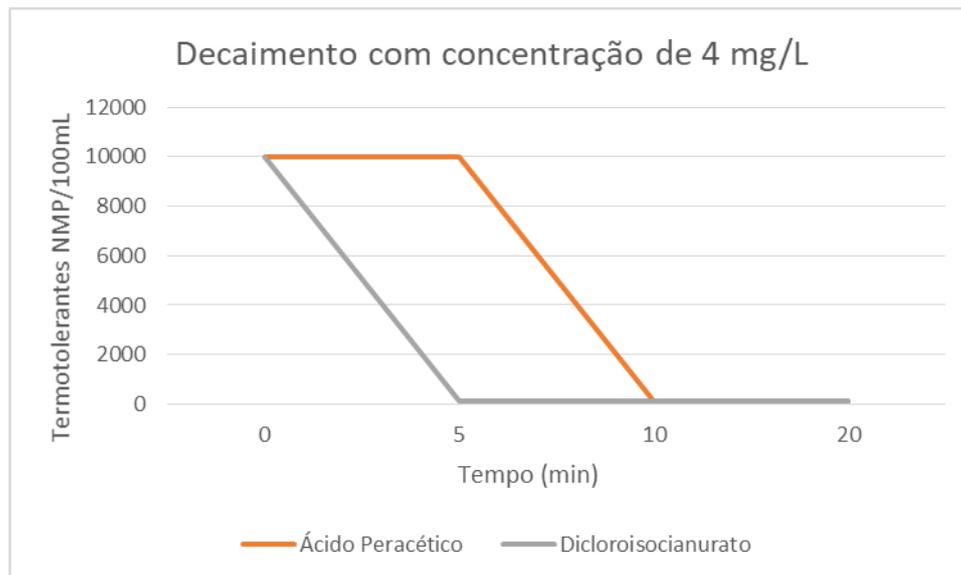


Figura 5. Número de Coliformes Termotolerantes em relação ao tempo de contato de cada produto.

RESULTADOS DA VIABILIDADE TÉCNICA

Os resultados encontrados demonstraram que aumento nas dosagens dos produtos químicos proporcionam um decaimento gradual na concentração remanescente de bactérias, assim como o aumento no tempo de contato com cada produto. Os resultados alcançados eram esperados pois estes parâmetros físicos e químicos atuam diretamente nos mecanismos de inativação dos microrganismos, porém os números alcançados apresentaram algumas divergências entre a atuação dos desinfetantes.

Considerando o tempo de contato fixo em 5 minutos, observamos que ambos os produtos conseguiram reduzir gradualmente a contagem remanescente de coliformes termotolerantes com aumento de dosagem, porém observa-se um pico para a dosagem de 2 mg/L no ensaio do ácido peracético, que pode constituir uma contaminação no procedimento de coleta ou processamento da amostra. O dicloroisocianurato de sódio apresentou maior eficiência na remoção de coliformes do que o ácido peracético, pois em qualquer concentração aplicada a quantidade remanescente de coliformes termotolerantes era menor quando aplicado o dicloro do que o ácido. Além disso, o dicloroisocianurato conseguiu atingir o limite desejado de 1.000NMP/100mL com uma concentração de 3mg/L, enquanto que o ácido peracético necessitou de uma dosagem aplicada de 6 mg/L para atingir a mesma concentração de coliformes.

Considerando os resultados de Coliformes Termotolerantes em função do tempo de contato, com dosagem fixa de 4 mg/L, observa-se que o decaimento com utilização do dicloroisocianurato de sódio ocorreu de forma mais rápida que o decaimento com utilização do ácido peracético, pois com 5 minutos de tempo de contato com dicloro a contagem atingiu o número <100NMP/100mL, enquanto que com os mesmos 5 minutos de tempo de contato com o ácido peracético atingiram o resultado de <10.000NMP/100mL, valor superior ao atingido pelo outro desinfetante.

Os resultados demonstraram que a partir da dosagem de 6mg/L qualquer dos produtos consegue o resultado de desinfecção desejado, e que a partir do tempo de contato de 8 minutos a contagem de Coliformes Termotolerantes restantes é praticamente igual, e ambos os desinfetantes apresentaram resultados semelhantes e podem ser utilizados nas condições de tempo de contato maiores.

RESULTADOS DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Analisando os custos de cada produto e as dosagens necessárias para alcançar o valor almejado de 1.000NMP/100mL de Coliformes Termotolerantes foi possível estimar a quantidade diária necessária de cada produto e os valores gastos para desinfetar os esgotos da ETE Dancing Days. Para os cálculos adotamos a vazão média atual na ETE, que é 167 L/s, e obtivemos os seguintes resultados:

- Custo do dicloroisocianurato de Sódio (grânulos), com Concentração de 60% (em massa): R\$18,59/Kg.
- Dosagem aplicada necessária: 3mg/L
- Quantidade de dicloroisocianurato /dia: 43,28 Kg
- Custo diário estimado com dicloroisocianurato: R\$800,79.

- Custo do ácido peracético a 15% (em massa): R\$22,82 /Kg.
- Dosagem aplicada necessária: 6mg/L
- Quantidade de ácido/dia: 86,57 Kg
- Custo diário estimado com ácido: R\$1.975,52.

CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou uma comparação entre a eficiência de diversos produtos químicos utilizados na desinfecção de esgotos tratados nos esgotos da ETE Dancing Days, e concluiu que os dois produtos utilizados no estudo dicloroisocianurato de Sódio e ácido peracético conseguem inativar os microrganismos patogênicos, mensurados através do parâmetro microbiológico coliformes termotolerantes, e conseguem desinfetar o esgoto até atingir o número limite preconizado pela Norma ambiental estadual.

Os resultados destes experimentos demonstraram uma maior eficiência de desinfecção para o dicloroisocianurato, independente da concentração utilizada e do tempo de detenção escolhido. Os testes apontaram menores custos estimados para desinfecção utilizando o dicloro do que o ácido peracético, colocando o dicloro com uma melhor alternativa para a desinfecção neste estudo, tanto do ponto de vista técnico quanto financeiro.

Novos testes serão necessários para determinar a atuação do ácido peracético em outras condições operacionais, e também comparar com outros agentes de desinfecção, como por exemplo os equipamentos de Radiação ultravioleta, e também para ratificar os resultados obtidos neste comparativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jordão, Eduardo Pacheco-Tratamento de Esgotos Domésticos / Eduardo Pacheco Jordão, Constantino Arruda Pessoa-7ªEdição, Cap.24, Pag-911-955-Rio de Janeiro 2014.
2. <https://www.peroxidos.com.br/pt/linha-de-produtos/acido-peracetico>.
3. CPRH Agência Estadual de Meio Ambiente- Instrução Normativa CPRH 003/2018.
4. Domínguez Henao, L et al., Corrigendum to “Disinfection by-products formation and ecotoxicological effects of effluents treated with peracetic acid: A review” [Chemosphere 213 (2018) 25e40], Chemosphere, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127825>.
5. Brasil. Resolução RDC nº 35 16 de Agosto de 2010 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para produtos com ação antimicrobiana utilizado sem artigos críticos e semicríticos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 de Agosto de 2010, Seção I, p 44 - 46.
6. http://https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2722318849-acido-peracetico-15-bombona-35-kg-_JM?matt_tool=14804773&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14302215543&matt_ad_group_id=134553705348&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=539425529185&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=661580367&matt_product_id=MLB2722318849&matt_product_partition_id=1802634062617&matt_target_id=aud-1966009190540:pla1802634062617&gclid=CjwKCAjwrdmhBhBBEiwA4Hx5g0ya2DvB4MJZJHj4kWMEL-m-QwanypSkWxU5KMIJpo53QtWoDvbkBoCunkQAvD_BwE