

6285 - ANÁLISE DO IMPACTO DA INSTALAÇÃO DE AERADORES TIPO CACHOEIRA EM LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO FACULTATIVA: ESTUDO DE CASO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PARACATU

Amanda Alencar da Costa

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG (2018). Atualmente, exerce o cargo de Engenheira de Manutenção e Operação do sistema de Paracatu na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

Endereço: Rua Tório, 240 – Bairro Amoreiras II – Paracatu – Minas Gerais – CEP: 38608260 – Brasil – amanda.costa@copasa.com.br

RESUMO

O presente trabalho objetivou a comparação das características qualitativas e quantitativas da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Paracatu frente à instalação de aeradores tipo cachoeira nas lagoas de estabilização facultativas. Foi verificado o dimensionamento da quantidade de aeradores necessários, a eficiência na remoção de DBO e DQO, mudança de PH, remoção de sólidos sedimentáveis e suspensos, Esquerichia Coli e nitrogênio amoniacal, presença de odor e aspecto da lagoa e do corpo receptor, utilizando para tal dados fornecidos um ano antes e um ano posterior à instalação de quatorze aeradores nas lagoas facultativas. Verificou-se com esse estudo a viabilidade técnica da implantação de aeradores em sistemas existentes cujos resultados não sejam satisfatórios, assegurando ainda o cumprimento dos parâmetros estabelecidos na legislação para lançamento no corpo receptor.

PALAVRAS-CHAVE: Aeradores superficiais; Tratamento de esgoto; Lagoa de estabilização

INTRODUÇÃO

Os despejos líquidos urbanos contêm aproximadamente 99,9% de água, estando inclusos na fração restante sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Essa pequena parcela faz com que o lançamento desse efluente diretamente nos corpos d'água possa causar sérios problemas, o que faz com que o tratamento seja essencial.

Importante ressaltar que a matéria orgânica presente nos efluentes se constitui no principal problema da poluição das águas, reduzindo o oxigênio dissolvido devido aos processos metabólicos dos microrganismos ali presentes e da estabilização da matéria orgânica. As bactérias são os principais microrganismos presentes no efluente responsáveis pela estabilização da matéria orgânica

O tratamento de efluentes doméstico e industrial, no Brasil, é previsto na legislação, como a Resolução nº 357/2005 e 430/2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelecem o enquadramento dos corpos d'água em classes e os padrões de lançamentos.

• Lagoas de estabilização

Existem diversos tipos de tratamento de esgoto que podem ser definidos para compor uma ETE, dentre eles as lagoas de estabilização, nas quais bactérias aeróbias e/ou anaeróbias realizam a decomposição e oxidação da matéria orgânica. Nesse sentido, as lagoas de estabilização constituem em sistemas simples onde os esgotos são tratados biologicamente por processos naturais, com baixo custo e simplicidade na operação.

Durante o trajeto do efluente dentro da lagoa, parte da matéria orgânica particulada se sedimenta e acumula ao fundo, formando o lodo. Esse lodo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido em gás carbônico, água, metano e outros. Desse modo, apenas a fração inerte (não biodegradável) permanece na camada de fundo.

A matéria orgânica em suspensão permanece dispersa na massa líquida e sua decomposição ocorre a partir de bactérias facultativas, as quais podem sobreviver na presença ou na ausência de oxigênio. Na respiração aeróbia, o oxigênio se faz essencial para a ação das bactérias situadas nas camadas superficiais, sendo fornecido pelo ar do ambiente externo e a partir da fotossíntese de algas desenvolvidas naturalmente na lagoa, devido à riqueza de nutrientes. As algas, por sua vez, utilizam para fotossíntese o gás carbônico gerado na oxidação da matéria orgânica.

- **Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) retrata a quantidade de O₂ requerida para estabilizar a matéria orgânica carbonácea através de processos bioquímicos, sendo assim uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável.

Por sua vez, a Demanda Química de Oxigênio (DQO) representa a quantidade de O₂ requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea.

Importante ressaltar que a DBO e a DQO são parâmetros amplamente utilizados para avaliar a eficiência de um processo de tratamento, sendo mensurados no início e final desse tratamento.

- **Potencial Hidrogeniônico**

Segundo Von Sperling (1996), o potencial hidrogeniônico (pH) de uma lagoa facultativa varia ao longo do dia e da profundidade da amostra coletada, sendo maior onde houver fotossíntese pelas algas e menor onde houver processo de respiração das bactérias. No momento de maior atividade fotossintética, o pH pode chegar a 10.

- **Nitrogênio amoniacal total**

Os efluentes sanitários domésticos e industriais apresentam grandes quantidades de matéria orgânica, detergentes e outros poluentes que são fontes de fósforo e nitrogênio, nutrientes limitantes da produtividade primária de ecossistemas aquático. O aumento da concentração desses nutrientes nos ecossistemas aquáticos é denominado eutrofização, o que pode produzir mudanças na qualidade da água, como a redução do oxigênio dissolvido, aumento do custo de tratamento da água para consumo, morte extensiva de peixes, decréscimo na diversidade de espécies da comunidade fito planctônica e aumento da incidência de florações de microalgas, especialmente de cianobactérias. (CAMPOS, 2011)

Segundo a resolução 430/2011 do CONAMA, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, define o limite máximo de nitrogênio amoniacal total em lançamentos de 20 mg/L.

- **Aeradores mecânicos**

Em uma lagoa de estabilização, o sistema de aeração, apropriado conforme o tipo de tratamento, assegura a boa qualidade do efluente tratado com baixa DBO e alto oxigênio dissolvido, garantindo a manutenção da vida aquática nos corpos de água receptores.

De acordo com Von Sperling (1996), os aeradores mecânicos mais utilizados são unidades de eixo vertical que, ao rodarem em alta velocidade, causam grande turbilhonamento na água. Tal turbilhonamento garante a penetração do oxigênio atmosférico na massa líquida, onde ele se dissolve, de modo que a decomposição da matéria orgânica se dê mais rapidamente, quando comparada à lagoa facultativa convencional.

Cabe ressaltar que quando o nível de energia introduzido pelos aeradores é suficiente apenas para a oxigenação, mas não para manter os sólidos em suspensão na massa líquida, a lagoa aerada continua se comportando como lagoa facultativa, de forma que ainda exista uma camada de lodo ao fundo decomposta anaerobicamente.

Segundo Von Sperling (1996), uma lagoa facultativa tem como requisito em média uma área entre 2 a 5 m² por habitante, ao passo que uma lagoa aerada facultativa demanda entre 0,25 a 0,5 m² por habitante, o que implicaria a redução da área necessária em quase dez vezes. Além disso, o tempo de detenção hidráulica também reduz, sendo de 15 a 30 dias para lagoas facultativas e 5 a 10 dias para lagoas aeradas facultativas.

Von Sperling (1996) afirma ainda que uma lagoa aerada requisita uma potência entre 1 a 1,7 Watts por habitante. No entanto, quando comparada à lagoa facultativa sem aeração, verifica-se maior independência das condições climáticas, maior resistência às variações de carga e reduzidas possibilidades de maus odores.

- **Parâmetros para dimensionamento**

O tempo de detenção hidráulica (TDH) é definido como o tempo necessário para que os microrganismos procedam a estabilização da matéria orgânica.

Segundo Von Sperling (1996), a energia necessária para o suprimento dos requisitos dos aeradores a serem instalados na lagoa pode ser definida com base no consumo de oxigênio (RO). Além disso, o parâmetro que converte o consumo de oxigênio em consumo de energia é obtido a partir da eficiência de oxigenação (EO).

A potência requerida (RE) para os aeradores pode ser definida por:

$$RE = \frac{RO}{EO_{campo}} \quad \text{equação (1)}$$

Dentre os quais, tem-se:

$$EO_{campo} = 0,55 \text{ a } 0,65\% \text{ da } EO_{padrão} \quad \text{equação (2)}$$

além de:

$$RO = a \cdot Q \cdot \left(\frac{S_0 - S}{1000} \right) \quad \text{equação (3)}$$

Sendo:

RO , o requisito de oxigênio a ser fornecido, em kgO₂/d

a , coeficiente variando entre 0,8 a 1,2 kgO₂/kgDBO₅

Q , a vazão afluyente, em m³/d

S_0 , a concentração de DBO₅ afluyente, em g/m³

S , a concentração de DBO₅ efluyente, em g/m³

EO , a eficiência de oxigenação, em kgO₂/kWh

Além disso, o tempo de detenção hidráulico pode ser definido pela razão entre o volume da lagoa (V) e a vazão afluyente (Q), dado por:

$$TDH = \frac{V}{Q} \quad \text{equação (4)}$$

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo analisar o impacto da instalação de aeradores superficiais tipo cachoeira nas lagoas facultativas da Estação de Tratamento de Esgoto de Paracatu, de maneira quantitativa e qualitativa, bem como averiguar a potência requerida das lagoas mediante a instalação dos aeradores.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Paracatu possui uma população estimada, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 94.539 pessoas, além de uma temperatura média de 23,6°C segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A ETE Paracatu teve sua criação a partir de 2003, data em que a COPASA assumiu o Sistema de Esgotamento Sanitário do município, com capacidade total de 128 litros/segundo e vazão média de 77 litros/segundo.

Foram obtidos dados da ETE Paracatu enviados para Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG), conforme preconiza a Resolução 114. O período escolhido para análise compreende um ano anterior e um ano posterior à instalação dos aeradores tipo cachoeira na lagoa aerada, ou seja, de agosto de 2020 a julho de 2022.

Foi realizada ainda pesquisa de campo com os operadores da ETE e técnicos de tratamento, a fim de obter informações a respeito da instalação dos aeradores e melhorias observadas.

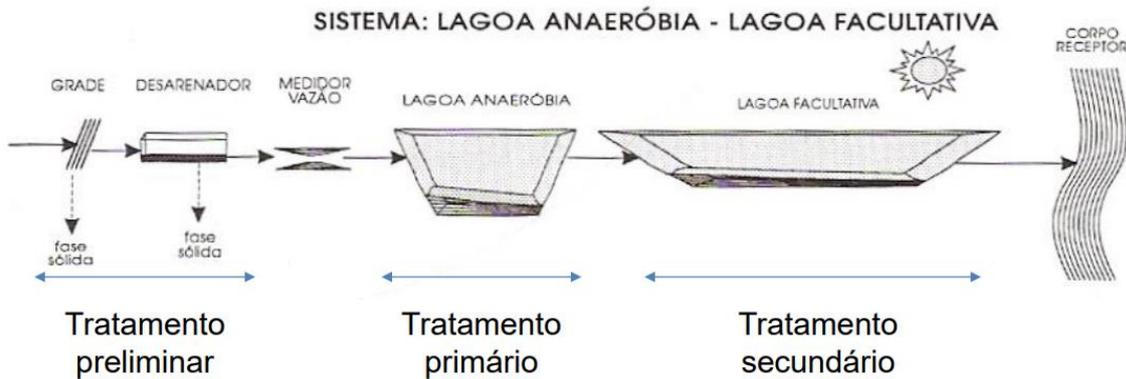
Figura 1 - Vista aérea da ETE Paracatu



Fonte: Copasa, 2023

A ETE Paracatu é composta de Tratamento Preliminar, seguido de duas lagoas anaeróbias e duas facultativas, cuja disposição pode ser verificada a partir da Figura 2 e na imagem aérea da Figura 1.

Figura 2 - Sistema de tratamento da ETE

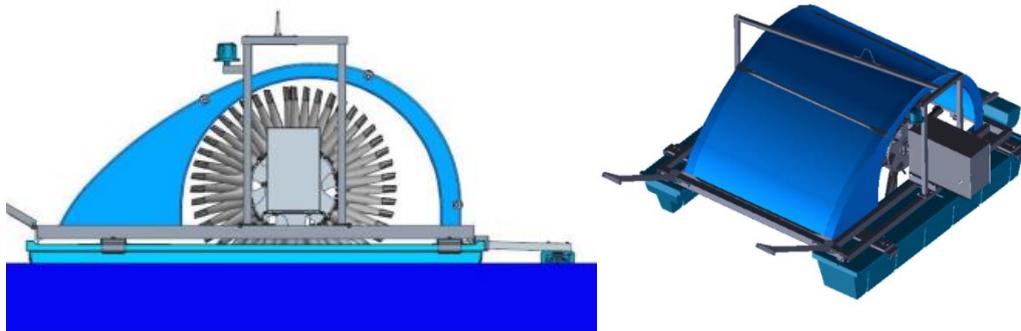


Fonte: Von Sperling, 1996

Foram instalados quatorze (14) aeradores cachoeira em contrafluxo nas duas lagoas aeradas, no mês de julho de 2021.

O aerador cachoeira 16 x 6 - 5,5Cv Emicol Ambiental, modelo instalado na ETE, é um equipamento único composto por um rotor horizontal tipo escova, flutuante, que opera em baixa rotação, capaz de produzir intensa correnteza e atingir elevadas taxas de incorporação de oxigênio, cuja disposição espacial pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 - Aerador implantado na ETE Paracatu



Fonte: Emicol Ambiental, 2023

Esse modelo apresenta como vantagens:

- Melhoria da qualidade da água
- Aumento de oxigênio dissolvido
- Controle de maus odores
- Aumento da capacidade de tratamento
- Aumento de mistura da massa líquida
- Controle de algas
- Maior eficiência energética

As características técnicas do aerador em estudo podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características técnicas aerador cachoeira

Característica	Dados informados
Potência	5,5 CV
Rotor	1 rotor de aço inox com 96 pás
Altura	1,60 metros
Comprimento	2,45 metros
Largura	2,60 metros
Tensão	220, 380 ou 440 V – Trifásico, 60Hz
Eficiência padrão de oxigenação (SAE)	1,71kg O ₂ /kW/h
Área de influência	4.000 m ² (55 m x 75 m)
Tipo	Baixa rotação
Rotor de aeração	1 rotor tipo tubular horizontal, em aço inoxidável com 96 pás
Flutuador	3 flutuadores preenchidos com poliuretano
Carenagem	Com e sem carenagem anti-aerossóis

Fonte: Emicol, 2023

Salienta-se a importância que os aeradores tipo cachoeira sejam instalados com rotação à contrafluxo, dispostos em direção à entrada do efluente.

Por fim, cabe ressaltar que havia aeradores do tipo axial 20Cv instalados anteriormente, dentre os quais apenas um funcionava adequadamente, razão pela qual optou-se pela instalação de novos aeradores tipo cachoeira, de menor potência e maior eficiência energética.

Conforme informado em publicação da CopaNews, a COPASA investiu cerca de 915 mil reais para aquisição e instalação dos quatorze aeradores superficiais.

Figura 4 – Aeradores cachoeira instalados



Fonte: Própria, 2023

RESULTADOS OBTIDOS

- **Dimensionamento dos aeradores**

A Tabela 2 apresenta as dimensões das lagoas da ETE Paracatu, com dados de comprimento, largura e profundidade médias.

Tabela 2: Dados geométricos das lagoas da ETE

Lagoa	Dimensões médias (m)	Volume total (m ³)	Área superficial (m ²)
Lagoa aerada facultativa AF1	259 x 63,5 x 3,96	65128	16447
Lagoa aerada facultativa AF2	259 x 63,5 x 3,96	65128	16447
Lagoa anaeróbia AN1	101 x 55,5 x 4,23	23711	5606
Lagoa anaeróbia AN2	101 x 55,5 x 4,14	23207	5606

Fonte: Dados obtidos na Copasa

Considerando a vazão afluente de cada lagoa como sendo 38,5 L/s, metade da vazão média obtida no sistema, tem-se o tempo de detenção definido a partir da Equação 4, sendo:

$$TDH = \frac{V}{Q} = \frac{65128 \text{ m}^3}{3326 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 19,6 \text{ dias}$$

Estimando a remoção de 50% da DBO nas lagoas anaeróbias e o dado médio de DBO de entrada de 700 mg/L no esgoto bruto, tem-se 350 mg/L de DBO afluente para cada lagoa facultativa aerada. Além disso, a DBO efluente considerada foi de 100 mg/L após a passagem pelos aeradores e coeficiente “a” de 1,1, o que, a partir da Equação 3, tem-se:

$$RO = a \cdot Q \cdot \left(\frac{S_0 - S}{1000} \right) = 1,1 \cdot 3326 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \cdot \left(\frac{350 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} - 140 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}}{1000} \right) = 768 \frac{\text{kg}}{\text{d}} = 32 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Além disso, obtendo-se a eficiência de oxigenação EO padrão informada na Tabela 2, como sendo 1,71kg O₂/kWh e considerando 0,65%, tem-se, a partir da Equação 2:

$$EO_{\text{campo}} = 0,65 \cdot EO_{\text{padrão}} = 0,65 \cdot 1,71 = 1,11 \frac{\text{kgO}_2}{\text{kWh}}$$

Por fim, a potência requerida pode ser definida a partir da Equação 1:

$$RE = \frac{RO}{E_{\text{campo}}} = \frac{32}{1,11} = 28,8 \text{ kW} = 39,2 \text{ cv}$$

Diante disso, conforme informado na Tabela 1, cada aerador possui 5,5Cv, o que acarreta uma necessidade de 7,1 aeradores para atender ao requisito energético (RE) calculado, o que condiz com a quantidade instalada atualmente (7 aeradores).

- **Aspectos qualitativos**

Na Figura 5, é possível verificar o aspecto da lagoa antes e após a instalação dos novos aeradores. Foi visualizada ainda grande presença de fauna, como aves e répteis, indicativo do aumento da qualidade no tratamento do efluente.

Além disso, foi identificada melhoria significativa no odor proveniente da Estação de Tratamento.

Figura 5 - Comparação do aspecto visual



Fonte: Copasa, 2021

Foi verificada a formação de muita espuma logo após a instalação dos geradores, a qual foi dissipada dentro de poucas semanas, conforme pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 - Dissipação de espuma na lagoa



Fonte: Copasa, 2021

Além disso, a qualidade do efluente destinado no Córrego Rico após tratamento obteve melhoria visível com a redução de espuma formada anteriormente, conforme pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Dissipação de espuma no Córrego



Fonte: Copasa, 2021

- **Aspectos quantitativos**

Na Tabela 3 estão contemplados os dados obtidos a partir de ensaios realizados em laboratório de demanda bioquímica e química de oxigênio do esgoto bruto e tratado, obtendo assim o coeficiente de remoção de cada um.

Além disso, foram obtidos valores de PH, nitrogênio amoniacal e teores de sólidos suspensos e sedimentáveis, determinados a partir de amostras do esgoto tratado e dispostos na Tabela 4.

Tabela 3 – Dados obtidos na ETE Paracatu

Data análise	DBO Bruto	DBO Tratado	DQO Bruto	DQO Tratado	Coeficiente remoção DBO (%)	Coeficiente remoção DQO (%)
ago/20	323	64	938	320	80,19	65,88
out/20	471	95	712	289	79,83	59,41
dez/20	405	69	780	261	82,96	66,54
fev/21	290	86	670	203	70,34	69,7
abr/21	189	49	477	79	74,07	83,44
mai/21	-	-	-	-	-	-
jun/21	406	26	779	90	93,6	88,45
jul/21	-	-	-	-	-	-
ago/21	616	35	1123	93	94,32	91,72
set/21	-	-	-	-	-	-
out/21	495	37	1222	155	92,53	87,32
nov/21	-	-	-	-	-	-
dez/21	272	6	310	50	97,79	83,87
jan/22	-	-	-	-	-	-
fev/22	289	3	610	30	98,89	95,08
mar/22	565	13	960	151	97,79	84,3
abr/22	352	22	625	110	93,74	82,39
mai/22	435	34	796	128	92,17	83,88
jun/22	463	32	777	201	93,09	74,15
jul/22	486	26	878	165	94,68	81,26

Fonte: Dados fornecidos pela Copasa

Tabela 4 – Dados obtidos na ETE Paracatu

Data análise	Sólidos suspensos totais (mg/L)	Sólidos sedimentáveis (ml/L)	PH	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Esquerichia Coli (NMT)
abr/20	-	-	-	69	-
ago/20	-	0,1	7,6	-	-
out/20	-	0,1	7,6	43	30100
dez/20	-	0,1	7,6	-	7050
fev/21	-	0,1	7,8	33,6	10400
abr/21	93,75	0,8	7,6	-	164
mai/21	115,75	-	-	-	-

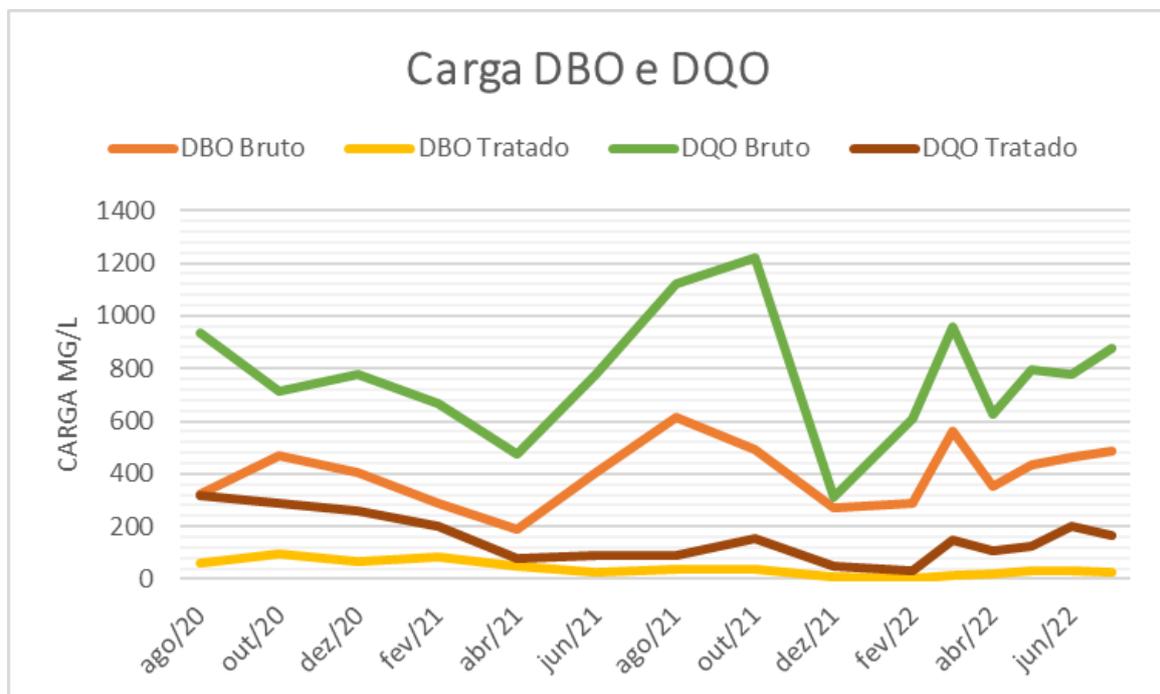
jun/21	122,2	0,1	7,7	-	96000
jul/21	143,5	-	-	-	-
ago/21	152	0,1	8,3	59,4	187
set/21	155,7	-	-	-	-
out/21	129	0,1	7,4	-	22800
nov/21	101,5	-	7,45	-	-
dez/21	68,6	0,5	7,39	-	14000
jan/22	72	0,53	7,31	-	-
fev/22	31	0,12	7,23	-	4340
mar/22	66	0,11	7,07	-	-
abr/22	49,5	0,12	7,14	60,48	4910
mai/22	49	0,11	7,08	-	-
jun/22	90,5	0,12	7,44	-	5560
jul/22	63,2	0,11	7,35	-	-
out/22	-	-	-	33,4	-

Fonte: Dados fornecidos pela Copasa

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

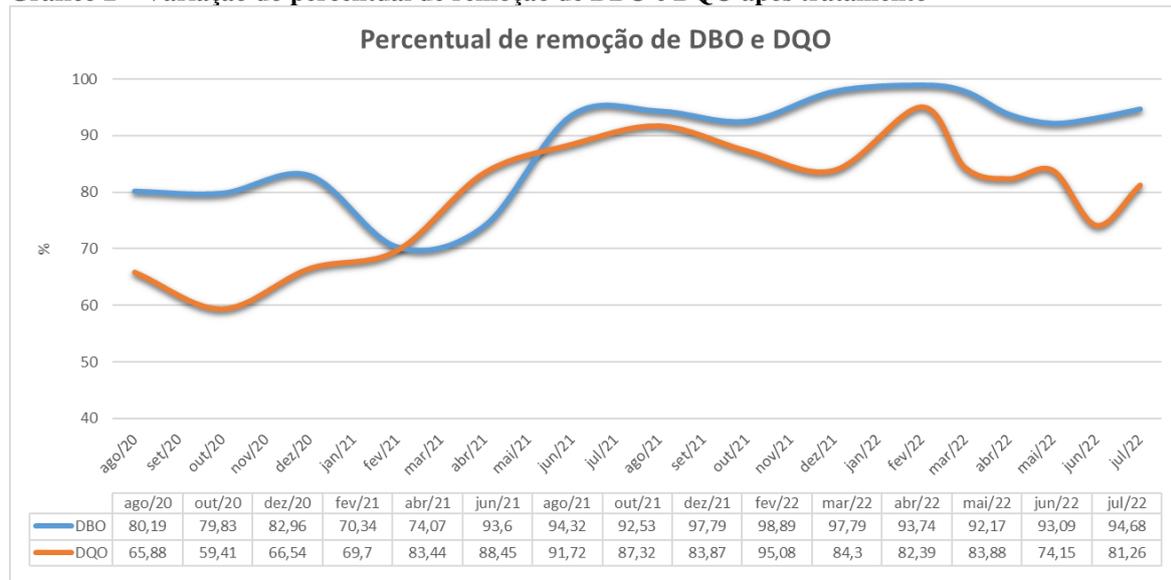
A partir dos resultados obtidos referentes à ETE Paracatu, é possível verificar que houve aumento significativo no percentual de remoção de DBO, conforme Gráfico 2, o qual possuía uma média de 80% nos doze meses anteriores à instalação dos aeradores, passando a obter uma média de 95% nos doze meses posteriores. No que concerne ao percentual de remoção de DQO, foi observada uma média de 72% nos doze meses anteriores à instalação dos aeradores, passando a obter uma média de 85% nos doze meses posteriores.

Gráfico 1 – Variação da carga bruta de DBO e DQO antes e após tratamento



Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos.

Gráfico 2 – Variação do percentual de remoção de DBO e DQO após tratamento

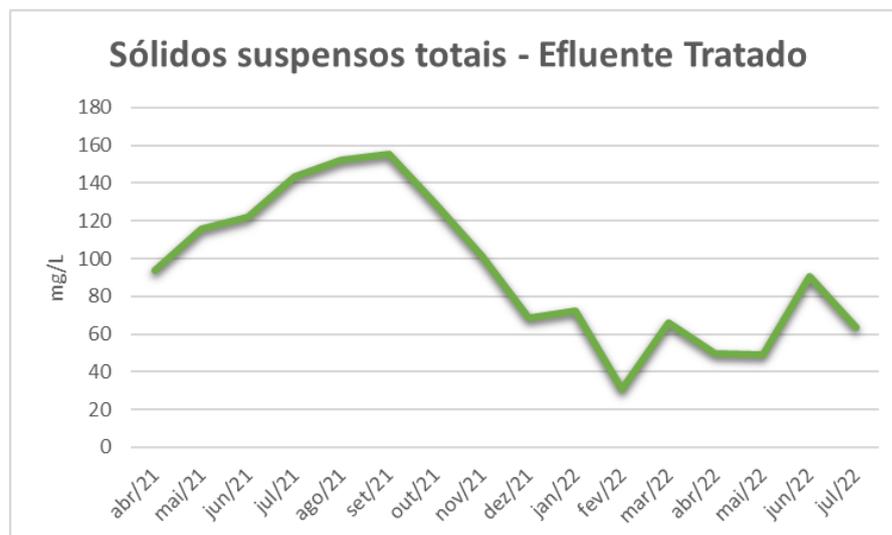


Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos.

Com relação aos sólidos suspensos totais, foi verificada redução gradativa do teor em miligramas por litro das amostras, conforme pode ser visto no Gráfico 3, o que evidencia a maior atividade aeróbia em decorrência do maior teor de oxigênio dissolvido propiciado pelos aeradores e o conseqüente aumento na remoção de matéria orgânica.

Os sólidos sedimentáveis, por sua vez, não apresentaram nenhuma tendência de mudança considerável, conforme pode ser verificado na Tabela 4, mantendo-se em 0,1 mg/L na maioria das amostras. Cabe ressaltar que a remoção dos sólidos sedimentáveis se dá pela atuação das bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica ao fundo da lagoa, de modo que não foi observado impacto considerável a partir da utilização dos aeradores.

Gráfico 3 - Variação do teor de sólidos suspensos totais do efluente tratado

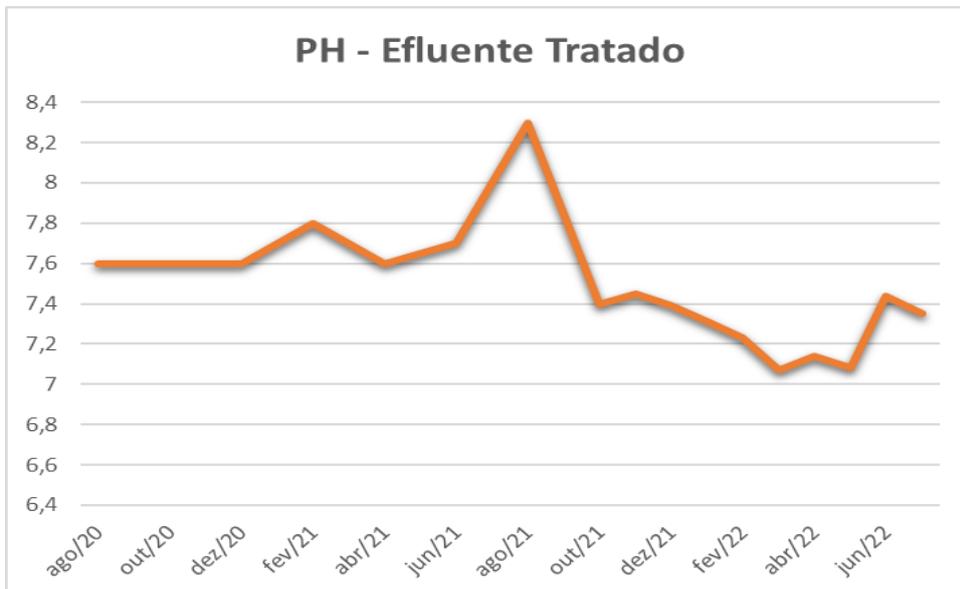


Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos.

Com relação ao PH do esgoto tratado, verificou-se uma variação significativa no mês de agosto/2021, conforme Gráfico 3, logo após a instalação dos aeradores, retornando nos meses subsequentes para uma média um pouco inferior às amostras anteriores, o qual se alterou de 7,7 para 7,2. A acidificação da lagoa pode ter ocorrido em função diversos fatores, tais como a instalação dos aeradores, com aumento da atividade de decomposição ou em virtude do aumento de efluentes industriais lançados na lagoa. Salienta-se a necessidade de amostragem com

maior frequência para confirmação da redução de pH da lagoa facultativa, bem como estudo detalhado para estabelecimento de possíveis intervenções.

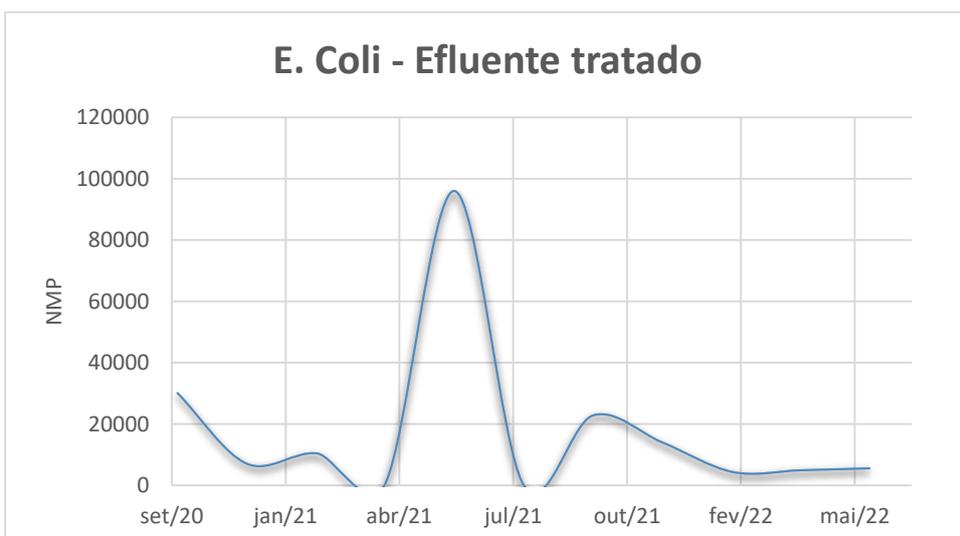
Gráfico 4 - Variação de pH do efluente tratado



Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos.

No que concerne à concentração de Escherichia coli no efluente, não foi possível observar redução que se relacionasse com a implantação dos aeradores superficiais, conforme pode ser visto no Gráfico 5.

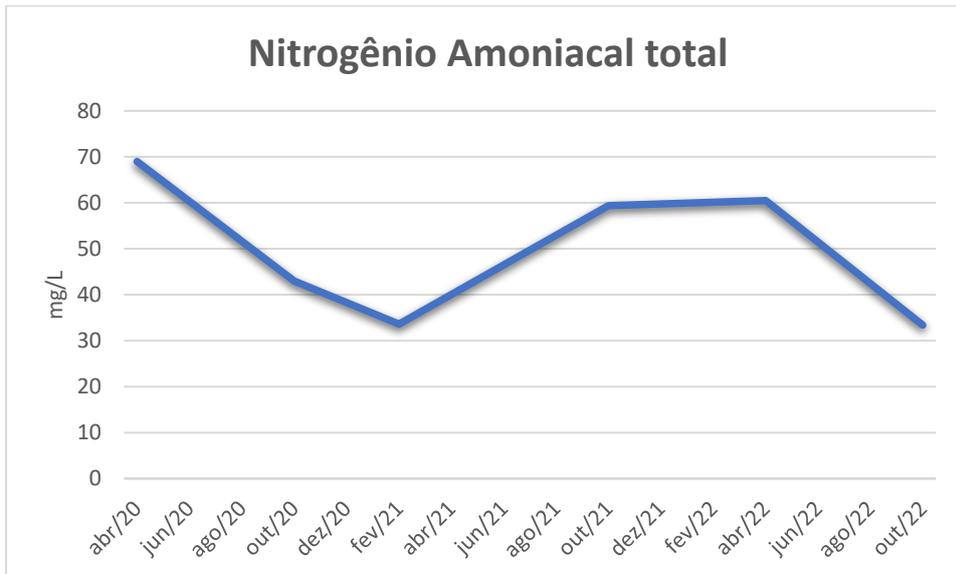
Gráfico 5 - Variação de E. Coli do efluente tratado



Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos.

Por fim, foi observada uma redução do nitrogênio amoniacal total disposto no efluente tratado, o que indica maior remoção em função da maior taxa de incorporação de oxigênio nas lagoas, conforme pode ser visto no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Variação de Nitrogênio Amoniacal efluente tratado



Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Diante do presente trabalho, foi possível evidenciar os benefícios associados à implantação dos aeradores cachoeira nas lagoas facultativas da ETE Paracatu, tais como maior remoção de DBO e DQO, redução de sólidos suspensos e de nitrogênio amoniacal e a melhoria do aspecto visual da lagoa, sem afetar o teor de sólidos sedimentáveis.

A presença de aeração em lagoas facultativas garante maior sobrevivência às lagoas, devido ao aumento da atividade de bactérias aeróbias na oxidação da matéria orgânica.

Apesar da Resolução 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) requerer uma remoção mínima de 60% da DBO, é notável que quanto maior a eficiência da remoção, melhor o aspecto do efluente tratado e as condições do corpo receptor à jusante do ponto de lançamento.

Em contraposição ao aumento da complexidade de operação e custos com energia elétrica, a instalação de aeradores apresenta viabilidade técnica para aumento da eficiência do tratamento, controle de maus odores e aumento da qualidade do efluente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRK. *Saneamento em Pauta: Os 5 principais tipos de tratamento de esgoto e suas particularidades*, 2022. Disponível em: < <https://blog.brkambiental.com.br/tipos-de-tratamento-de-egoto/>> Acesso em: 01 de Maio de 2023
2. CAMPOS, Ana Paula. *Enriquecimento e caracterização de bactérias anammox para a remoção de nitrogênio amoniacal de efluentes*. 2011
3. COPASA Intranet – *Informações operacionais destinadas à ARSAE, Resolução 114*. Acesso em: 03 de Abril de 2023
4. EMICOL AMBIENTAL. *Catálogo Aeradores Cachoeira*. Disponível em: <<https://emicolambiental.com/solucoes/aeradores-cachoeira>>. Acesso em 01 de Maio de 2023.
5. VON SPERLING, M. *Lagoas de estabilização*. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 2002

6. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. rev. e atual.* Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996
7. POHLMANN, M. et al. *Lagoa facultativa aerada superficialmente: um conceito de baixo custo para aumento de eficiência. Estudo de caso distrito de Rechã-SP. Hydro*, p. 29-33, ago. 2009.