



Tratamento de efluentes industriais de uma fábrica *Pet Food*

Izabela Tereza Rodrigues Ferreira¹ Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques², Luciano dos Santos Rodrigues³

¹ Engenheira ambiental, mestre do programa de Pós-graduação Sustentabilidade em Recursos Hídricos, Universidade Vale do Rio Verde (UNINCOR), CEP: 37410-000, Três Corações (MG), Brasil, Tel.: (+55 37) 99916-8328, izabela01@msn.com, (autor correspondente). ² Docente do programa de Pós-graduação Sustentabilidade em Recursos Hídricos, Universidade Vale do Rio Verde (UNINCOR), CEP: 37410-000, Três Corações (MG), Brasil, Tel.: (+55 35) 99737-2254, roeflorestal@hotmail.com. ³ Docente do Departamento de Medicina Veterinária preventiva da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), CEP: 31270-901, Belo Horizonte (MG), Brasil Tel.: (+55 31) 7221-5626, lsantosrodrigues@gmail.com.

Artigo recebido em 04/04/2023 e aceito em 22/01/2024

RESUMO

A industrialização e balanceamento de produtos *pet food* gera efluentes correspondentes ao processo de toda produção, essas águas residuárias possuem alto potencial poluidor e causador de impactos ambientais. Neste contexto, objetivou-se avaliar o sistema de tratamento de efluentes industriais de uma fábrica *pet food* constituído de lodos ativados de fluxo intermitente em batelada. Para tanto, foram analisadas as variáveis de DBO, DQO, eficiência remoção de DBO, eficiência remoção de DQO, Óleos e Graxas Total, pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Surfactantes Aniônicos, Temperatura da Amostra, entre os meses de janeiro de 2020 a julho de 2021, totalizando 18 campanhas amostrais; bem como Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio Total, sendo análises trimestrais, totalizando 6 campanhas amostrais, dos efluentes de entrada e saída do sistema de tratamento. Tabulou-se os dados por meio do programa Excel e gerou-se gráficos Box-Plot temporais de entrada e saída, e ainda, foi verificada o atendimento à legislação para lançamento dos efluentes. As características dos efluentes líquidos brutos gerados possuem valores de concentrações de DBO de 11586 mg.L⁻¹ e de DQO de 19029 mg.L⁻¹, sendo estas consideradas elevadas e com alto potencial poluidor aos corpos hídricos. O sistema de lodos ativados de fluxo intermitente em batelada, demonstrou-se eficiente no tratamento de efluentes na indústria de *pet food*. Constatou-se alta remoção de carga orgânica e nutrientes, atendendo os valores exigidos pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08/2022. Indicou-se a instalação de uma calha *parshall* e sugeriu-se que para as próximas análises considerem os parâmetros fósforo, cor e turbidez aparente.

Palavras-chave: lodos ativados, fábrica de ração, cães e gatos, rações balanceadas, alimentos preparados para animais.

Treatment of industrial effluents from a pet food factory

ABSTRACT

The industrialization and balancing of pet food products generates effluents corresponding to the entire production process, these wastewaters have a high polluting potential and cause environmental impacts. In this context, the objective was to evaluate the industrial effluent treatment system from a pet food factory consisting of intermittent batch flow activated sludge. To this end, the variables of BOD, COD, BOD removal efficiency, COD removal efficiency, Total Oils and Greases, pH, Settleable Solids, Total Suspended Solids, Anionic Surfactants, Sample Temperature were analyzed between the months of January 2020 to July 2021, totaling 18 sample campaigns; as well as Ammoniacal Nitrogen and Total Nitrogen, with quarterly analyses, totaling 6 sampling campaigns, of effluents entering and leaving the treatment system. The data was tabulated using the Excel program and temporal Box-Plot graphs of input and output were generated, and compliance with legislation for the discharge of effluents was also verified. The characteristics of the raw liquid effluents generated have BOD concentrations of 11586 mg.L⁻¹ and COD of 19029 mg.L⁻¹, which are considered high and have a high polluting potential for water bodies. The batch intermittent flow activated sludge system has proven to be efficient in treating effluents in the pet food industry. A high removal of organic load and nutrients was found, meeting the values required by Joint DN COPAM/CERH-MG nº 08/2022. The installation of a *parshall* gutter was recommended and it was suggested that for the next analyzes consider the parameters phosphorus, color and apparent turbidity.

Keywords: activated sludge; animal's food factory; dogs and cats; balanced rations; prepared foods for animals.

Introdução

Atualmente a produção de ração destinada a cães e gatos está em alta no mercado brasileiro.

De acordo com Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação -

ABINPET (2023), em 2022 o faturamento *pet food* no Brasil cresceu 18,3% em relação ao ano de 2021, com uma produção estimada de 3,9 milhões de toneladas. O Brasil possui umas das maiores concentrações de cães e gatos do mundo, em 2022 a população estimada de cães foi de 67,8 milhões e 33,6 milhões de gatos.

O uso excessivo de recursos tornou-se uma preocupação com o aumento da população mundial. A pegada ambiental da posse de animais de estimação e do fornecimento de suprimentos e alimentos necessários para animais de estimação no uso de recursos naturais, emissões e resíduos também está crescendo melhorias existem, começam com a percepção do proprietário do animal de estimação e do público em geral sobre o tema em relação à sustentabilidade e avançam para os fornecedores de matérias-primas, empresas de fabricação de alimentos, produtores de embalagens e setores de transporte (Acuff et al, 2021)

A industrialização e balanceamento de produtos *pet food* necessita de uma vasta seleção de matéria prima, dentre elas pode-se mencionar: óleos, gorduras, farinhas de frango e peixe, farelos, corantes, quirera de arroz, milho e premix de microingredientes com minerais e vitaminas (Arnaud et al, 2023).

Os efluentes líquidos dessa atividade possuem a constituição relacionada às matérias-primas; usos domésticos; abrandador da caldeira; produtos de limpeza; desinfecção de veículos; e manutenções. A principal fonte geradora de efluentes do processo industrial da fábrica de ração refere-se a lavagem de utensílios, maquinários e pisos.

Para que o efluente industrial tratado possa ser lançado na rede coletora de esgoto, precisa possuir características similares a de um efluente doméstico e/ou padrões adequados de acordo com as exigências legais (Padilha et al, 2021).

Em relação à qualidade dos recursos hídricos, a inexistência ou pouco tratamento dos efluentes industriais e diferentes tipos de uso/ocupação do solo de uma determinada bacia hidrográfica, caracterizam-se como interferências antrópicas nas condições naturais do ecossistema aquático, causando desequilíbrio do sistema (Chagas et al, 2020 e ABTS, 2023).

O lançamento inadequado de efluentes industriais no corpo receptor, de forma pontual ou difusa, acarreta inúmeros prejuízos ao ecossistema aquático, abastecimento público e qualidade da água. No caso de lançamentos irregulares em corpos de água localizados em perímetro urbano, esse inviabiliza e/ou encarece o tratamento de efluentes

sanitários de responsabilidade da concessionária de água local ou do município. Assim, torna-se imperativo a necessidade de fiscalizar e monitorar o correto tratamento e lançamento final das águas residuárias (Padilha et al, 2021; Pimentel et al, 2022).

A indústria de fabricação de ração para animais possui diversas ramificações, através de consultas bibliográficas, foi identificado déficit de estudos que tratam especificamente de efluentes industriais em fábrica de ração para cães e gatos.

As concentrações mais presentes no efluente gerado na fábrica de ração são: matéria orgânica, sólidos suspensos e dissolvidos, cor, óleos e graxas, fósforo e nitrogênio, que, caso não tratadas possuem um potencial poluidor ao corpo receptor (Managó et al, 2017; Oliveira et al, 2023).

O sangue, principal constituinte do efluente utilizado na matéria-prima na produção de rações, possui alta demanda química de oxigênio (DQO) e elevada concentração de nitrogênio, cerca de 30 g L⁻¹, além de óleos e graxas (Lins et al, 2021)

Existem diversos sistemas de tratamento de efluentes industriais como lagoas de estabilização, lodos ativados, sistemas aeróbios com biofilmes, sistemas anaeróbios e disposição no solo. A forma de tratamento adotada pelo empreendimento em estudo é de lodo ativado de fluxo intermitente em batelada, que possui diversas vantagens em relação aos demais, com destaque para a elevada eficiência na remoção de DBO, pouco requisito de área, baixo tempo de detenção hidráulica e insignificante interferência climática (Pereira et al, 2021; Von Sperling, 2016). Entretanto, o sistema de tratamento de lodo ativado demanda alto gasto energético operacional.

Assim, torna-se imperativo analisar a adequação de fábricas de ração *pet food*, devido ao impacto negativo que podem acarretar, caso o tratamento de efluentes não esteja em conformidade com o preconizado nas legislações federais e estaduais, conforme mencionado por Bogéa et al (2022).

Neste sentido objetivou-se no presente estudo avaliar o sistema de tratamento de efluentes industriais de uma fábrica *pet food* constituído de lodos ativados de fluxo intermitente em batelada, visando observar as condições e padrões adequados para lançamento de efluente tratado na rede coletora.

Material e métodos

Localização e Caracterização do empreendimento

O estudo trata-se de uma fábrica de ração *pet food*, empresa de grande porte, localizada na região Centro-Oeste de Minas Gerais, com capacidade instalada de produção máxima de 400 ton.dia⁻¹ e área útil de 13.000 m².

O empreendimento conta com um total de 120 funcionários e opera 24 horas por dia, em três turnos de 8 horas. A indústria utiliza diversas fontes de matéria prima, pode-se mencionar algumas: proteínas, glúten, farinhas de frango e peixe, corantes, farelo de soja, milho, grãos, gorduras, vegetais variados, fibras, premix de microingredientes com minerais e vitaminas, dentre outras. Diariamente é realizada a varrição do piso da produção, remanescendo nesse pó de ração. Após essa etapa, também com frequência diária, é realizada a higienização dos utensílios, máquinas, canaletas, tubulações e pisos, nesse processo ocorre a geração de efluente líquido que são direcionados para a ETE do empreendimento.

A linha de efluentes que é encaminhada para a ETE do empreendimento possui constituição relacionada às matérias-primas e aos produtos de limpeza utilizados, entretanto a fábrica em estudo gera outras águas residuárias que não são recebidas por esse sistema. O efluente da desinfecção de veículos é direcionado para uma caixa Separadora de Água e Óleo - SAO; a água residuária da caldeira passa por um abrandador para resfriamento; e o esgoto sanitário não possui tratamento primário. Todas essas linhas, após possuírem caracterização semelhante à de efluentes doméstico, são direcionados para o sistema de coleta de esgoto da concessionária de água local para posterior tratamento final municipal. As águas de chuva também possuem segregação específica e são direcionadas para o sistema de coleta pluvial local.

As finalidades de uso de água do empreendimento são o consumo humano; uso em sanitários; cozinha; dessedentação humana; industrial; caldeira para geração de vapor (cozinhar ingredientes) e higienização de toda planta industrial.

Vale salientar que algumas tipologias de fábricas de ração (suínos, aves, dentre outras)

realizam higienização da planta industrial a seco. No caso da fábrica de ração *pet food*, existe geração de efluente significativa resultante da etapa de limpeza de equipamentos engordurados e superfícies com resíduos de “pó de ração”.

Caracterização da ETE

Com intuito de reduzir o aporte de poluentes na rede coletora de esgoto da concessionária local, o empreendimento em estudo possui um sistema de tratamento composto com as seguintes etapas: i) peneira estática, modelo PE - 20, malha 865mm. x 604mm., onde são retirados todos os sólidos grosseiros ii) sistema de caixa de gordura gravimétrica, onde o excesso de gordura é segregado; ii) dois tanques independentes de homogeneização (carga e vazão) e correção do pH do efluente; iii) dois tanques independentes de lodos ativados de fluxo intermitente em bateladas, onde ocorre o tratamento biológico; iv) leito de secagem do lodo retirado do sistema; e v) lançamento na rede coletora de esgotamento sanitário da concessionária de água local, Figura 1.

O empreendimento em estudo não possui medidor de vazão na entrada e/ou na saída do sistema de tratamento, não direciona todo efluente gerado para o sistema de tratamento, como de sanitário, lavagem de pátios, dentre outros que não estão relacionados ao processo produtivo.

Para detalhamento do “*as built*”, dimensões, volume e Tempo de Detenção Hidráulica - TDH, do atual sistema de tratamento de efluentes, apresenta-se a Tabela 1 a seguir.

Para desidratação do lodo biológico proveniente do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais é utilizado o leito de secagem de formato retangular, com dimensões de 1,8 metros de largura por 3,3 de comprimento e 1,5 de altura, onde se processará a redução de umidade com drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem. Após o período de secagem, de 15 a 30 dias, é realizada a mistura do lodo biológico com cal hidratada na proporção de 2:1, visando a desinfecção do material e controle do pH. O resíduo resultante é destinado para empresa de compostagem para produção de fertilizantes agrícolas.

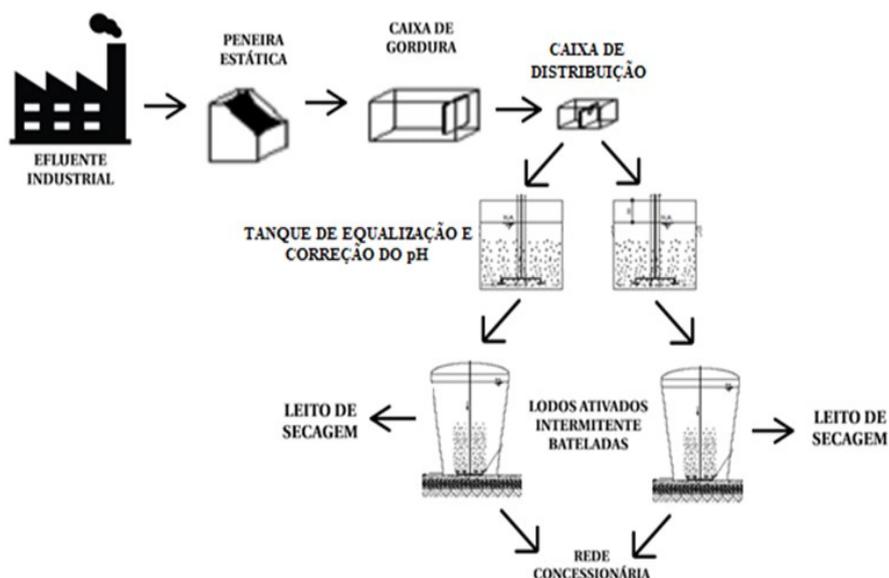


Figura 1. Fluxograma do sistema de tratamento do efluente existente.

Tabela 1. Detalhamento do sistema de tratamento de efluentes.

| | estrutura | largura (m.) | cumprimento (m.) | profundidade (m.) | volume (m ³) | - | - | |
|-----------|--|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---|------------------|---|
| etapa 1 | Caixa de gordura | câmara I | 1,15 | 1 | 1,5 | 1,72 | - | - |
| | | câmara II | 1 | 1 | 1,5 | 1,5 | - | - |
| | | câmara III | 0,6 | 1 | 1,5 | 0,9 | - | - |
| etapa 2* | estruturas | diâmetro (m.) | - | profundidade (m.) | volume (m ³) | vazão (m ³ .h. ⁻¹) | TDH (horas) | |
| | Tanque de equalização | 1,8 | - | 6 | 15,3 | 0,62 | 72 cada tanqu | |
| etapa 3** | estrutura | diâmetro base (m.) | diâmetro topo (m.) | profundidade (m.) | volume (m ³) | - | TDH (horas) | |
| | Tanque de lodo ativados fluxo intermitente em batelada | 2,4 | 3,2 | 3,5 | 21,7 | - | 72 cada tanqu | |

* Há 2 tanques de equalização independentes (revezamento).

** Há 2 tanques de lodo ativados fluxo intermitente independentes (revezamento).

Controles operacionais realizados

Alguns controles operacionais rotineiros realizados pelo empreendimento são: i) A rotina de operação consiste na remoção diária dos resíduos retidos no sobrenadante da caixa de gordura (peneira de nylon de malha fina). Os resíduos são acumulados em um reservatório para separação água/material gorduroso, retornando à água para a caixa de gordura e destinando o material gorduroso para empresas que realizam compostagem; ii) é realizada diariamente a limpeza do piso e das paredes dos tanques; iii) o fluxo de efluentes das caixas de passagem e tubulações são inspecionados diariamente; iv) os efluentes são retidos nos tanques equalizadores após verificação do pH; v) os operadores do sistema utilizam Equipamento de Proteção Individual - EPI; vi) é realizada a

manutenção preventiva dos motores e da parte mecânica dos equipamentos; e vii) no caso de má formação de flocos, o Oxigênio Dissolvido - OD deverá ser monitorado, os valores ideais são 1,5 a 4,0 mg.L⁻¹.

Os controles de campo aplicados diariamente são: pH, sólidos sedimentáveis, e Índice Volumétrico de Lodo (IVL - teste de 30 minutos).

O IVL é o teste realizado através de uma proveta, onde é disposto 1 litro de efluente do tanque de lodos ativados. A fórmula $IVL = \frac{\text{Sólidos Sedimentáveis em 30 minutos} \times 1000}{SST}$ (Sólidos Suspensos Totais) resulta no valor que 1 grama de lodo ocupa no sistema. Sendo o resultado da sedimentabilidade 0-50 mL.g⁻¹ (ótima), 50-100 mL.g⁻¹ (boa), 100-200 mL.g⁻¹ (média), 200-300 mL.g⁻¹ (ruim) e maior que

300 mL.g⁻¹ (péssimo). Caso dê fora do ideal, adequações no sistema precisam ser aplicadas.

A frequência de retirada do lodo é de 15 a 30 dias, o lodo é disposto no leito de secagem do empreendimento.

Coleta e análise de efluente

Para a avaliação do potencial poluidor e eficiência de remoção de poluentes foram realizadas coletas de amostras simples do afluente na entrada (no tanque de equalização) e saída após o lodo ativado, com frequência mensal. As amostras foram encaminhadas para análise em um laboratório terceirizado. O período analisado foi de janeiro de 2020 a julho de 2021, sendo duas amostras por campanha. Com exceção das variáveis nitrogênio total e nitrogênio amoniacal, nas quais foram analisadas trimestralmente, duas amostras por coleta. As variáveis que foram avaliadas estão detalhadas na Tabela 2.

As análises físico-químicas de rotina foram realizadas conforme descrito no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2017).

Os procedimentos de coleta e preservação de amostras obedeceram às normas estabelecidas

(COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB, 2012).

Para avaliar o desempenho do sistema de tratamento, foi calculada a eficiência de remoção global (Eq. 1).

$$E(\%) = \frac{(Ci - Cf)}{Ci} \times 100 \tag{1}$$

Em que:

E = eficiência (%);

Ci = concentração inicial para a variável avaliada;

Cf = concentração final para a variável avaliada.

As concentrações de efluentes foram comparadas às previstas na Deliberação Normativa COPAM-CERH 08/2022. Os dados das análises temporais das variáveis e as eficiências foram avaliados por meio de estatística descritiva básica, utilizando-se o *software* SISVAR 5.6 Build 90 (Ferreira, 2019), e pelos gráficos de linhas e Box-plot plotados em planilha eletrônica no Excel.

De posse dos resultados obtidos foi avaliado possíveis adequações e sugestões de variantes adicionais para automonitoramento do sistema de tratamento de efluentes.

Tabela 2. Detalhamento do sistema de tratamento de efluentes.

| Variáveis | Unidade | VMP* | Referência Metodológica | Frequência | Total d amostr: |
|---|--------------------|--------------|-------------------------|------------|-----------------|
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | mg.L ⁻¹ | 60 | SMWW** 5210 D (ac) | mensal | 24 |
| Redução de carga poluidora em eficiência de DBO | % | >85% | Cálculo percentual | mensal | 24 |
| Demanda Química de Oxigênio | mg.L ⁻¹ | 180 | SMWW** 5220 C (ac) | mensal | 24 |
| Redução de carga poluidora em eficiência de DQO | % | >85% **** | Cálculo percentual | mensal | 24 |
| Óleos e Graxas Total | mg.L ⁻¹ | 50 | SMWW** 5220 D (ac) | mensal | 24 |
| pH | - | 6,0 a 9,0 | SMWW** 4500 H+ B (ac) | mensal | 24 |
| Sólidos Sedimentáveis | mg.L ⁻¹ | 1 | SMWW** 2540 F (ac) | mensal | 24 |
| Sólidos Suspensos Totais | mg.L ⁻¹ | 100 | SMWW** 2540 D (ac) | mensal | 24 |
| Surfactantes Aniônicos | mg.L ⁻¹ | 2 | SMWW** 5540 C (ac) | mensal | 24 |
| Temperatura da Amostra | °C | 40 | SMWW** 2550 B (ac) | mensal | 24 |
| Nitrogênio Amoniacal | mg.L ⁻¹ | 20 | POP*** 053 | trimestral | 8 |
| Nitrogênio Total | mg.L ⁻¹ | - | POP*** 058 | trimestral | 8 |

* Valor máximo permitido pela legislação DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº8, 2022.

** *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – SMWW, 2017.

*** Procedimento de Operação Padrão – POP.

Resultados e discussão

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Figura 2 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* de DBO para os

efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

Observou-se que as concentrações de DBO durante os 18 meses no que se referem a **entrada** são: q1 (25% amostral) equivale a 2575 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 1150 mg.L⁻¹; mediana de 6200 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 38250 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 17700 mg.L⁻¹. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 40 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 24 mg.L⁻¹; mediana de 93 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 500 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 245 mg.L⁻¹. Segundo Coimbra (2012), o valor de entrada de uma fábrica de produtos para nutrição animal, graxaria (processa subprodutos ou gordura animal), gera em média 13800 mg.L⁻¹ de DBO afluente. Assim, verificou-se uma alta a carga orgânica de efluente de entrada para fábrica *pet food*, em média de 6200 mg.L⁻¹ de DBO, entretanto, menor do que os estudos de Coimbra (2012).

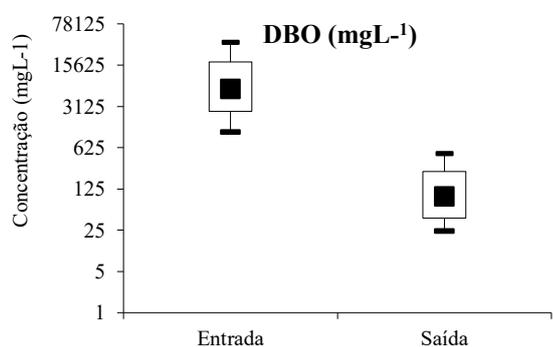


Figura 2. Gráfico Box-plot de DBO (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

A Figura 3 apresenta a evolução temporal dos efluentes brutos e tratados.

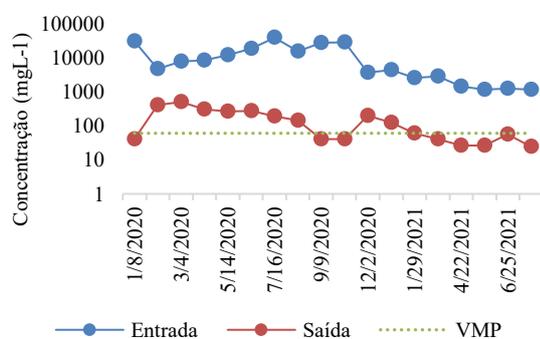


Figura 3. Evolução temporal da concentração de DBO (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se que em alguns meses, 9 amostras, os resultados obtidos nos parâmetros DBO não atenderam o Valor Máximo Permitido

(VMP), que é de 60 mg.L⁻¹, mas ocorreu eficiência em remoção de carga orgânica, superior a 75%, de acordo com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08 de 2022. Bogéa et al (2022) avaliaram as análises físico-químicas de amostras de efluentes líquidos de uma ETE de frigorífico que abate bovinos em São Luís-Maranhão com base ao atendimento à Resolução CONAMA nº 430/2011, e verificaram o empreendimento apresentou desconformidade com a referida resolução com relação ao DBO₅.

Percebe-se que por questões de sazonalidade de maior produção, houve uma significativa variação dos resultados de DBO de entrada. Os valores de saída, relacionam-se a critérios operacionais da ETE, como limpeza adequada da peneira estática (carreamento de resíduos sólidos para o tanque de homogeneização), período de detenção adequado, verificação da eficiência do lodo através do Índice Volumétrico de Lodo (IVL) e correção do pH. O cálculo do IVL é extremamente importante, este procedimento deve integrar a rotina de manutenção e operação do sistema, caso seja identificado alguma falha, essa seja sanada o quanto antes.

A Figura 4 apresenta a eficiência de remoção de DBO no sistema de tratamento. Apesar de haver variações de resultados na entrada e na saída, não houve grandes variações na eficiência de remoção do sistema, que para o período avaliado, esteve sempre acima de 90%, demonstrando ser um sistema altamente eficiente (Svierzoski et al, 2021; Ng et al, 2022). Fato este que corrobora com Bogéa et al (2022) que observaram a eficiência de remoção na maioria das vezes foi superior a 90%.

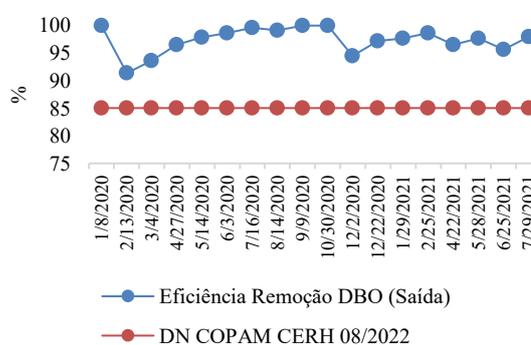


Figura 4. Eficiência de remoção de DBO (%) no sistema de tratamento por lodos ativados.

De acordo com a DN nº 08/2022, o “tratamento com eficiência de redução de DBO 5 dias a 20°C (graus Celsius) em no mínimo 85% e média anual igual ou superior a 90% (por cento)”, sendo a média anual do sistema analisado

equivalente a 97,3% de remoção para DBO, estando em confirmada com a referida deliberação.

- Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Figura 5 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

Observou-se que as concentrações de DQO durante os 18 meses no que se referem a entrada, são: q1 (25% amostral) equivale a 4352,87 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 1837 mg.L⁻¹; mediana de 10226 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 61317 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 29024,4 mg.L⁻¹. Para as concentrações de saída foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 121,5 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 65 mg.L⁻¹; mediana de 183 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 933 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 421,62 mg.L⁻¹. As mesmas variações apresentadas para a DBO, aplica-se para a DQO, sazonalidade e eficiência de operação do sistema.

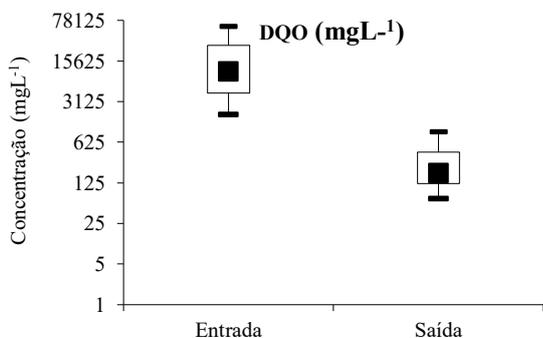


Figura 5: Gráfico Box-plot de DQO (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

A Figura 6 apresenta a evolução temporal dos efluentes brutos e tratados. Observou-se que em alguns meses, 9 amostras, os resultados obtidos nos parâmetros DQO não atenderam o Valor Máximo Permitido (VMP), que é de 180 mg.L⁻¹, mas ocorreu eficiência em remoção de carga orgânica, superior a 70%, de acordo com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG n° 08, de 21 de novembro de 2022. O que demonstra conformidade para a variável em cerca de 50% dos valores analisados de saída de DQO (Figuras 6 e 7).

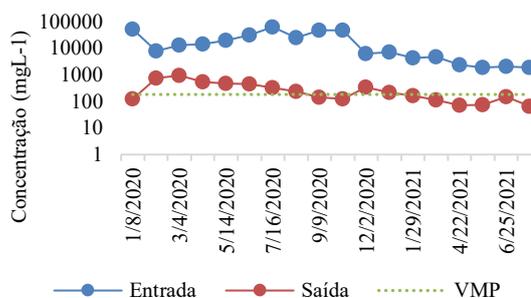


Figura 6. Evolução temporal da concentração de DQO (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

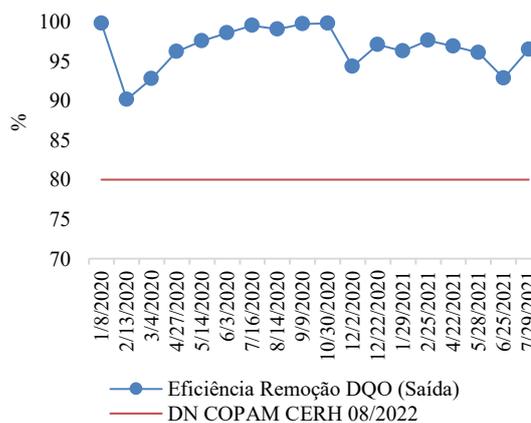


Figura 7. Eficiência de remoção de DQO (%) no sistema de tratamento por lodos ativados.

Apesar dos resultados estarem em conformidade com a DN n° 08/2022, necessita-se de atenção, deve-se dar prosseguimento na operação e manutenção de todo o processo e realizar automonitoramento rotineiro, para que, caso seja identificado alguma falha, essa seja sanada o quanto antes.

De acordo com a DN n° 08/2022, o “tratamento com eficiência de redução de DQO em no mínimo 80% (por cento) e média anual igual ou superior a 85% (por cento) para os demais sistemas”, sendo a média anual do sistema analisado equivalente a 96,7% de remoção para DQO, estando em confirmada com a referida deliberação.

Observa-se, com as análises de entrada de DBO média de 11.586 mg.L⁻¹ e de DQO média de 19.029 mg.L⁻¹, o efluente gerado na fábrica de ração *pet food* possui alta carga previamente ao tratamento de lodos ativados. Após este, apesar dos resultados estarem em conformidade com a legislação, alguns ultrapassam o limite mínimo ideal conforme preconiza a DN Conjunta COPAM/CERH-MG n° 08, de 21 de novembro de

2022. Os resultados alcançados no estudo de Coimbra (2012), graxaria, teve o processo de tratamento através de lagoas facultativas e flotação, ou seja, dois processos, apresentou os seguintes resultados: DBO entrada 13800 mg.L⁻¹, DBO saída lagoa facultativa 3000 mg.L⁻¹, DBO saída flotação saída 72 mg.L⁻¹, DQO entrada 32216 mg.L⁻¹, DQO saída lagoa facultativa 11900 mg.L⁻¹ e DQO saída flotação saída 270 mg.L⁻¹. Assim, o sistema demonstra-se eficiente, resultando em uma DBO média de 152 mg.L⁻¹ e DQO média de 290 mg.L⁻¹, sendo a eficiência de remoção destes, superior a 90% em todas as amostras analisadas, conforme o observado também por Putri et al (2023), com eficiência de remoção de 90,38%, em seu estudo objetivando avaliar a eficácia do desempenho da ETAR para a indústria de processamento de carne na província de Java Oriental. Estando o empreendimento em conformidade com as exigências legais para os referidos parâmetros. Reforçando desta maneira, a necessidade da aplicação de um sistema de tratamento eficiente para empreendimentos com a tipologia similar a fábrica de ração do presente estudo. Sendo o sistema de lodos ativados, recomendado para a referida função de degradação da matéria orgânica no efluente gerado.

- Óleos e Graxas

A Figura 8 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

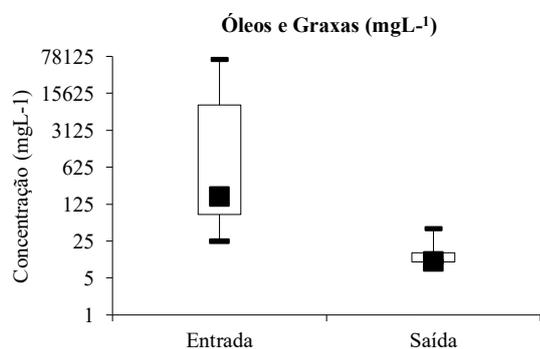


Figura 8. Gráfico Box-plot de óleos e graxas (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se que as concentrações de óleos e graxas durante os 18 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 79,35 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 25 mg.L⁻¹;

mediana de 171 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 68406 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 9423,72 mg.L⁻¹. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 10,1 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 10 mg.L⁻¹; mediana de 10 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 43 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 14,875 mg.L⁻¹.

O cozimento dos ingredientes para a produção de *pet food* demanda a utilização de gorduras e óleos. Fator este que pode ser observado na Figura 8, valores de entrada do efluente no sistema altos na variante óleos e graxas. O empreendimento conta com sistema primário para retenção gravimétrica destes componentes. Percebe-se que após o sistema de tratamento de lodos ativados, há uma redução considerável dos valores de saída deste parâmetro.

De acordo Zanatta et al (2017), óleos e graxas, quando lançados sem tratamento, favorecem a formação de filmes de óleo e espumas nos corpos d'água, toxicidade a determinados microrganismos e flotação de biomassa.

Nas amostras de saída, não foi identificado desvio para o parâmetro óleos e graxas, cujo Valor Máximo Permitido (VMP) para saída é de 50 mg.L⁻¹, ou seja, variável em conformidade com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. A seguir, na Figura 9, visualiza-se a evolução temporal de óleos e graxas, bem como comparação entrada, saída e VMP.

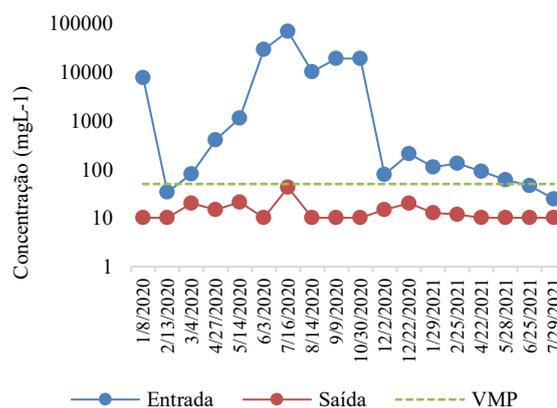


Figura 9. Evolução temporal da concentração de óleos e graxas (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Nota-se que sem o devido tratamento, a tipologia de fabricação de ração para cães e gatos, gera altos teores de óleos e graxas. O sistema de lodos ativados analisado, demonstrou-se eficiente para o referido tratamento.

- Potencial hidrogeniônico (pH)

A Figura 10 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

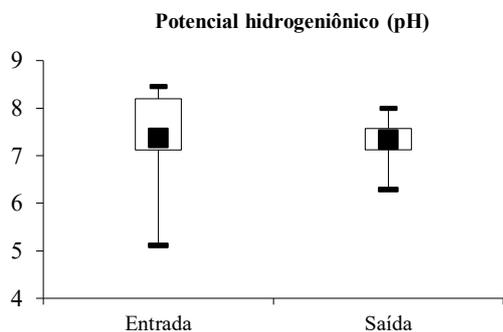


Figura 10. Gráfico Box-plot de pH (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se o potencial hidrogeniônico (PH) durante os 18 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 7,12; menor concentração (mínimo) de 5 (ácido); mediana de 7; maior concentração (máxima) de 8; e q3 (75% amostral) de 8,19. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 7,12; a menor concentração (mínimo) de 6; mediana de 7; a maior concentração (máxima) de 8; e q3 (75% amostral) de 7,57.

Nas amostras de saída, não foi identificado desvio para o parâmetro pH, cujo valor mínimo e máximo permitido para saída é de 6 e 9, respectivamente, ou seja, variável em conformidade com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. A seguir, na Figura 11, visualiza-se a evolução temporal de pH, bem como comparação entrada, saída e valor mínimo e máximo permitido.

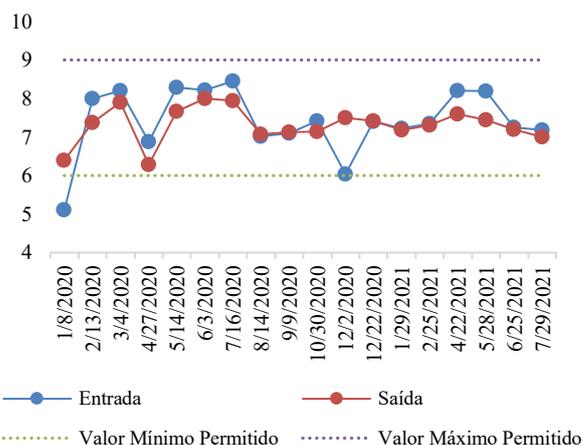


Figura 11. Evolução temporal da concentração de pH para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se que há um efetivo controle do pH no empreendimento em estudo, apenas uma amostra de entrada demonstrou pH caracterizado como ácido. O pH fora dos padrões legais, prejudica o metabolismo diversos seres aquáticos, além de potencializar o efeito de substâncias químicas (ex. metais pesados) que são tóxicas para espécies aquáticas (ANA, 2022; Mehrpour, 2023). Em relação ao tratamento afeta a solubilidade e as reações de substâncias químicas, incluindo espécies orgânicas e inorgânicas (Costa et al, 2022; Bogéa et al, 2022).

De acordo com Ferreira (2022), o controle do pH é extremamente importante na eficiência do tratamento de efluentes, mas especificamente no processo de nitrificação, outras variantes necessitam ser correlacionadas, como as faixas adequadas de OD e idade do lodo. Ainda de acordo com o mesmo, para que não haja influência no metabolismo dos microrganismos constantes no sistema, a faixa ideal do pH é entre 7 e 8,5.

Sólidos Sedimentáveis

A Figura 12 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

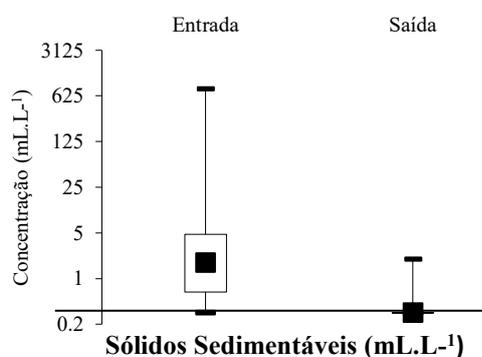


Figura 12. Gráfico Box-plot de Sólidos sedimentáveis (mL.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se que as concentrações de sólidos sedimentáveis durante os 18 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 0,625 mL.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 0,3 mL.L⁻¹; mediana de 2 mL.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 800 mL.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 4,75 mL.L⁻¹. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 0,3 mL.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 0,3 mL.L⁻¹; mediana de 0,3 mL.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 2 mL.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 0,3 mL.L⁻¹.

O monitoramento dos sólidos sedimentáveis é extremamente importante para a operação do sistema de lodos ativados, ele é um dos fatores necessários para o cálculo do Índice Volumétrico de Lodo (IVL), para aferir a eficiência da formação dos flocos “lodo”. Além de serem indicadores de degradação hídrica, podendo até ocasionar assoreamento dos corpos d’água quando lançados fora dos padrões estabelecidos pela legislação.

Nas amostras de saída, foi identificado 01 (um) desvio na coleta do dia 16 de julho de 2020 para o parâmetro sólidos sedimentáveis, resultante em 2 mL.L⁻¹; cujo valor máximo permitido para saída é de 1 mL.L⁻¹; ou seja, em desconformidade com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. Salienta-se que as demais amostras não tiveram desvio em seus resultados. A seguir, na Figura 13, visualiza-se a evolução temporal de sólidos sedimentáveis, bem como comparação entrada, saída e valor mínimo e máximo permitido.

Após análises dos resultados de entrada, verifica-se a variação no quesito sólidos sedimentáveis, sendo extremamente importante haver um tratamento preliminar, previamente ao lançamento do efluente da fábrica *pet food* nos corpos d’água. O sistema de lodo ativados em

estudo, demonstrou-se eficiência na remoção do referido parâmetro.

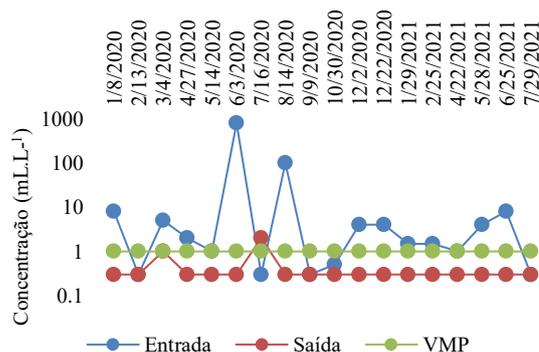


Figura 13. Evolução temporal da concentração de sólidos sedimentáveis (mL.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

- Sólidos Suspensos Totais

A Figura 14 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de Box-Plot para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

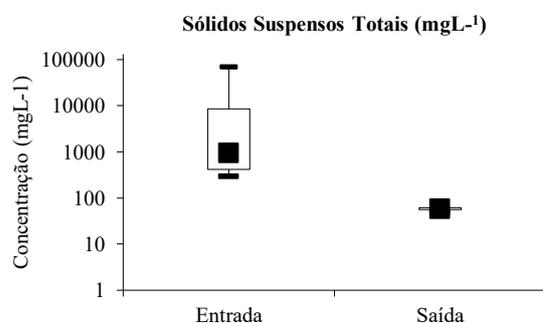


Figura 14. Gráfico Box-plot de Sólidos suspensos (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se que as concentrações de sólidos suspensos totais durante os 18 meses no que se referem a entrada, são: q1 (25% amostral) equivale a 420,25 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 292 mg.L⁻¹; mediana de 946 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 70032 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 8552 mg.L⁻¹. Para as concentrações de saída foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 56 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 49 mg.L⁻¹; mediana de 59 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 76 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 61,75 mg.L⁻¹.

Nas amostras de saída, não foi identificado desvio para o parâmetro sólidos suspensos totais, cujo Valor Máximo Permitido (VMP) para saída é de 100 mg.L⁻¹, ou seja, variável em conformidade

com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. A seguir, na Figura 15, visualiza-se a evolução temporal de sólidos suspensos totais, bem como comparação entrada, saída e VMP.

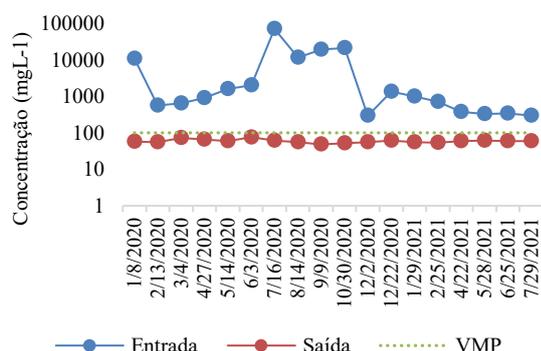


Figura 15. Evolução temporal da concentração de sólidos suspensos totais (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Após análises dos resultados de entrada, verifica-se a variação no quesito sólidos suspensos totais, sendo extremamente importante haver um tratamento preliminar, previamente ao lançamento do efluente da fábrica *pet food* nos corpos d'água.

Observou-se que nas amostras com altos valores de entrada de sólidos suspensos, houve também altos valores de DBO e DQO. Quando este efluente despejado em meio aquoso, ocasionam a redução oxigênio dissolvido, isto devido a indução de processos oxidativos dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica presente nesta água residuária.

Estes podem ocasionar alteração na turbidez dos recursos hídricos e também são utilizados como das variantes para o cálculo do Índice Volumétrico de Lodo (IVL). O sistema de lodo ativados em estudo, demonstrou-se eficiência na remoção do referido parâmetro.

- Surfactantes Aniônicos

A Figura 16 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de Box-Plot para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

Observou-se que as concentrações de surfactantes aniônicos durante os 18 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 1,475 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 1 mg.L⁻¹; mediana de 2 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 2 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 1,6 mg.L⁻¹. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é

equivalente a 0,6 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 1 mg.L⁻¹; mediana de 1 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 1 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 0,72 mg.L⁻¹.

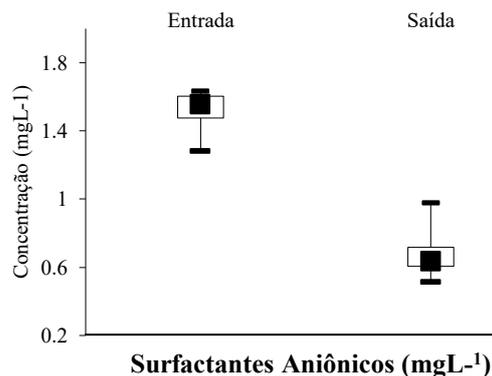


Figura 16. Gráfico Box-plot de surfactantes (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Nas amostras de saída, não foi identificado desvio para o parâmetro surfactantes aniônicos, cujo Valor Máximo Permitido (VMP) para saída é de 2 mg.L⁻¹, ou seja, variável em conformidade com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022.

A seguir, na Figura 17, visualiza-se a evolução temporal de sólidos suspensos totais, bem como comparação entrada, saída e VMP.

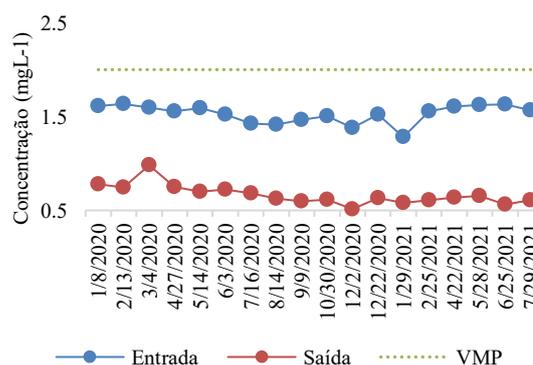


Figura 17. Evolução temporal da concentração de surfactantes aniônicos (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

De acordo com Ferreira et al (2016), os surfactantes aniônicos, popularmente conhecidos como detergentes, são ricos em fósforo e nitrogênio, que em excesso no meio aquoso, ocasionam eutrofização dos corpos d'água. No caso da fábrica em estudo, os valores resultantes de entrada e saída, encontram-se dentro dos limites

estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022.

- Temperatura

A Figura 18 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

Observou-se a temperatura durante os 18 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 26 °C; menor concentração (mínimo) de 25 °C; mediana de 27 °C; maior concentração (máxima) de 35 °C; e q3 (75% amostral) de 28,75 °C. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 24 °C; a menor concentração (mínimo) de 22 °C; mediana de 25 °C; a maior concentração (máxima) de 28 °C; e q3 (75% amostral) de 26,75 °C.

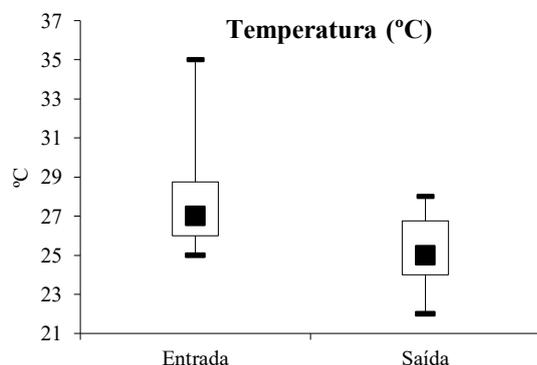


Figura 18. Gráfico Box-plot de temperatura (°C) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Nas amostras de saída, não foi identificado desvio para o parâmetro temperatura, cujo Valor Máximo Permitido (VMP) para saída é de 40 °C, ou seja, variável em conformidade com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. A seguir, na Figura 19, visualiza-se a evolução temporal de temperatura, bem como comparação entrada, saída e VMP.

Variações drásticas de temperatura ou fora do limite estabelecido pela legislação, ocasionam o desequilíbrio do ambiente aquático. No caso da fábrica em estudo, os valores resultantes de entrada e saída, encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022.

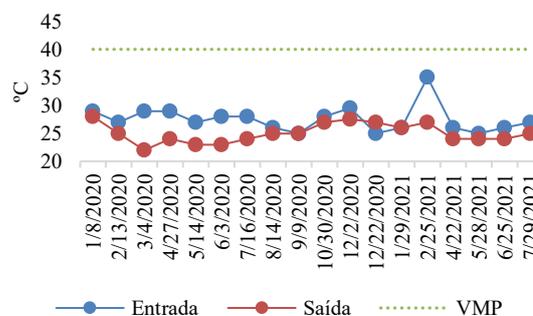


Figura 19. Evolução temporal da concentração de temperatura (°C) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

- Nitrogênio Total

A Figura 20 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

Observou-se as concentrações de nitrogênio total durante os 6 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 775,15 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 770 mg.L⁻¹; mediana de 933 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 1229 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 1097,5 mg.L⁻¹. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 31,07 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 25 mg.L⁻¹; mediana de 54 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 230 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 106,32 mg.L⁻¹.

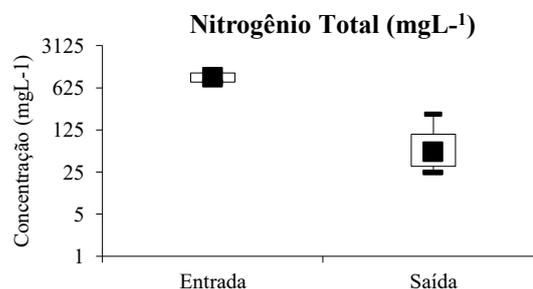


Figura 20. Gráfico Box-plot de Nitrogênio total (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Nas amostras de saída, não há na DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022, Valor Máximo Permitido (VMP) para lançamento de nitrogênio total, deste modo, apresenta-se comparação entrada e saída, Figura 21, bem como demonstração de eficiência

de remoção superior a 70% de nitrogênio total em todas as amostras avaliadas, Figura 22.

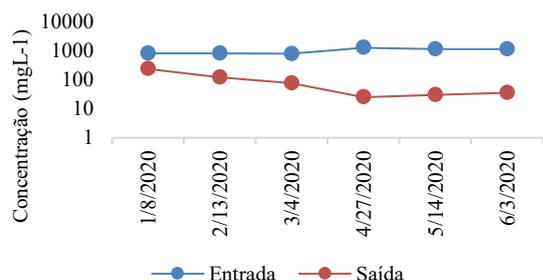


Figura 21. Evolução temporal da concentração de nitrogênio amoniacal (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Segundo Fernandes (2019), o nitrogênio total, quando lançado nos corpos hídricos em altas concentrações ocasionam inúmeros danos ao meio ambiente e podendo ocasionar ainda, prejuízos à saúde humana. Os compostos nitrogenados (em forma de amônia, nitritos e nitratos), quando acumulados em meios aquosos, proporcionam a eutrofização, redução de oxigênio dissolvido oriundo das reações de oxidativas em conjunto com o fósforo, mortalidade de peixes, afeta os usos múltiplos da água, favorece a toxicidade das algas e cianobactérias, dentre outros malefícios.

A Figura 22, a seguir, demonstra que o sistema da fábrica de ração *pet food*, obteve uma média de remoção de nitrogênio total na ordem de 90%.

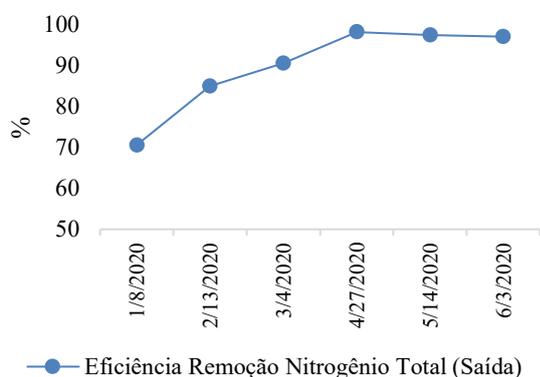


Figura 22. Eficiência de remoção de nitrogênio total (%) no sistema de tratamento por lodos ativados.

Os resultados alcançados no estudo de Coimbra (2012), graxaria, teve o processo de tratamento através de lagoas facultativas e flotação, ou seja, dois processos, apresentou os seguintes resultados: Nitrogênio Total entrada 1430 mg.L⁻¹, Nitrogênio Total saída lagoa facultativa 408 mg.L⁻¹

(71% de remoção nesta fase), Nitrogênio Total saída flotação saída 66 mg.L⁻¹ (95% de remoção nesta fase).

- Nitrogênio Amoniacal

A Figura 23 apresenta a estatística descritiva por meio de gráfico de *Box-Plot* para os efluentes brutos (entrada) e tratados (saída), para os valores mínimos, 1º quartil (q1), mediana, média, 3º quartil (q3) e máximo.

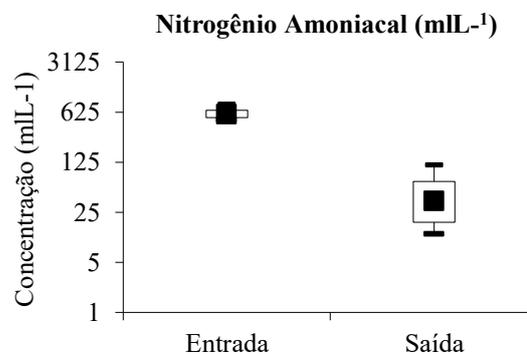


Figura 23. Gráfico Box-plot de nitrogênio amoniacal (mg.L⁻¹) da entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

Observou-se as concentrações de nitrogênio amoniacal durante os 6 meses no que se referem a **entrada**, são: q1 (25% amostral) equivale a 524,3 mg.L⁻¹; menor concentração (mínimo) de 492 mg.L⁻¹; mediana de 580 mg.L⁻¹; maior concentração (máxima) de 804 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 662,27 mg.L⁻¹. Para as concentrações de **saída** foram observadas que: q1 (25% amostral) é equivalente a 18,12 mg.L⁻¹; a menor concentração (mínimo) de 12 mg.L⁻¹; mediana de 36 mg.L⁻¹; a maior concentração (máxima) de 115 mg.L⁻¹; e q3 (75% amostral) de 67,22 mg.L⁻¹.

Em meio aquoso, o nitrogênio amoniacal também ocasiona inúmeros prejuízos a biota aquática, como mencionado anteriormente, a amônia pode se ligar a metais pesados, tornando-se tóxica com efeitos letais aos seres aquáticos, sendo essencial o monitoramento destes parâmetros para lançamento de efluentes industriais e/ou domésticos.

Nas amostras de saída, foram identificados 03 (três) desvios nas três primeiras coletas para o parâmetro nitrogênio amoniacal, Figura 24, resultante em 115; 72,3 e 52 mg.L⁻¹ respectivamente, cujo Valor Máximo Permitido (VMP) para saída é de 20 mg.L⁻¹; ou seja, em

desconformidade com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. Salienta-se que as demais amostras não tiveram desvio em seus resultados.

Apesar de três amostras não estarem de acordo com a legislação vigente, as 3 últimas demonstraram-se dentro do padrão exigido, sendo necessário estudos adicionais para acompanhar o desempenho do sistema de tratamento da fábrica de ração *pet food* em estudo.

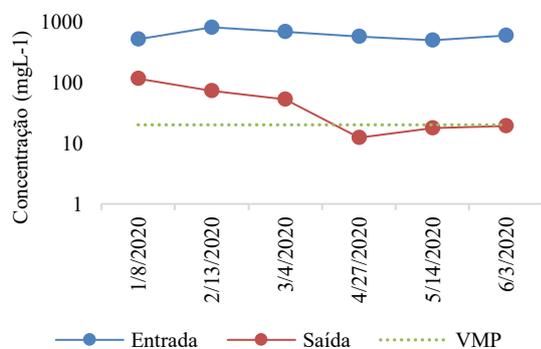


Figura 24. Evolução temporal da concentração de nitrogênio amoniacal (mg.L⁻¹) para entrada e saída do sistema de tratamento por lodos ativados.

De acordo com Fernandes (2019), a remoção de nitrogênio dos efluentes ocorre através do processo de nitrificação seguido por desnitrificação. A maioria dos sistemas convencionais brasileiros removem apenas matéria orgânica e sólidos.

Se não tratado, excesso de nitrogênio em meio aquoso, em forma oxidada, íon nitrato (NO₃⁻), em situações alcalinas, predomina a amônia livre, sendo está muito tóxica para diversos organismos aquáticos. Já o nitrato, em altas concentrações, pode ser nocivo a saúde humana, como a doença da metahemoglobinemia, que afeta a oxigenação de bebês. Em organismos humanos adultos, esta doença impede a conversão do nitrato em nitrito, ocasionando esta enfermidade. Em ambientes com pH neutro ou ácido, predomina, íon amônio (NH₄⁺), forma reduzida do nitrogênio, que induz ao processo de anaerobiose dos recursos hídricos (FUNASA, 2014).

Conforme apresentado neste estudo, o sistema de lodos ativados demonstra-se eficiente na remoção de nitrogênio amoniacal, sem demandar tratamento terciário. A Figura 25, demonstra eficiência média de 92% em relação as amostras analisadas.

Em comparação com outros estudos, nota-se a ausência de avaliação de Fósforo, sendo esse

uma variante altamente deteriorante da qualidade dos recursos hídricos em altas concentrações, que pode ocasionar eutrofização e proliferação de macrófitas aquáticas, dentre outros impactos (Ferreira et al,2016).

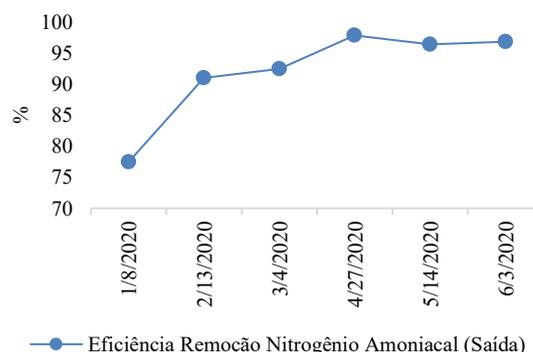


Figura 25. Eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal (%) no sistema de tratamento por lodos ativados.

Verificou-se ainda, a ausência de monitoramento de cor e turbidez aparente, tratando-se de um efluente rico em carga orgânica, os parâmetros mencionados, auxiliam na avaliação da eficiência do sistema de tratamento (Managó et al, 2017).

No quesito consumo de água, observou-se que apesar de haver um alto consumo total de água no empreendimento, levantou-se que há muita absorção de água no processo umectação do produto (ração), evaporação, uso de água na caldeira, usos domésticos (sanitários) e desinfecção de veículos. Com essa distribuição do balanço hídrico em linhas segregadas, a vazão que é encaminhada para a ETE possui menor percentagem em relação a geração residual de efluente global da fábrica de ração.

Observando a capacidade do sistema e período de detenção deste, verificou-se uma vazão média de 5 m³.dia⁻¹, isto, para despejo de efluente diário na ordem de 8 horas dia, o que equivale a 0,62 m³.hora⁻¹. Não foram localizados estudos com a mesma tipologia, fábrica *pet food*. Em comparação com outros empreendimentos, como o processamento de aves e processamento de carne suína para industrialização de alimentos, o volume tratado em média é de 380 m³.hora⁻¹ (Rocha, et al, 2016). O que demonstra que o quantitativo de vazão de uma fábrica de ração para animais de pequeno porte é consideravelmente inferior a outras tipologias de produção e processos.

Tendo em vista a inexistência de dispositivo de medição de vazão no sistema de

tratamento de efluentes existente, reitera-se a necessidade de estudos adicionais para levantamento de um valor de referência de consumo de água x geração de efluentes para empreendimentos de mesma tipologia produtiva.

Para o caso do empreendimento em estudo, sugere-se a instalação de calha uma *parshall* na entrada e outra na saída do sistema, bem como leituras diárias para a plena operação e monitoramento do sistema de tratamento de efluentes.

Conclusão

As características dos efluentes líquidos brutos gerados possuem valores de concentrações de DBO de 11586 mg.L⁻¹ e de DQO de 19029 mg.L⁻¹, sendo estas consideradas elevadas e com alto potencial poluidor aos corpos hídricos.

O sistema de lodos ativados de fluxo intermitente em batelada, demonstrou-se eficiente no tratamento de efluentes na indústria de *pet food*. Constatou-se alta remoção de carga orgânica e nutrientes, atendendo assim, os valores exigidos pela DN Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022.

Verificou-se a necessidade de instalação de calha *parshall* para mensurar a vazão de entrada e saída do tratamento em questão. O que corrobora para a necessidade de estudos futuros inerentes aos volumes gerados, bem como relacionados aos sistemas de tratamento de efluentes para empreendimentos de mesma tipologia. De forma complementar ao atual monitoramento desenvolvido, sugere-se a inclusão dos parâmetros fósforo, turbidez e cor aparente.

Agradecimentos

A todos os autores deste artigo que muito contribuíram para a construção deste artigo, em especial a Professora Dra. Rosângela Francisca de Paula Vitor Marques, pelas contribuições e orientações. Ao empreendimento que concedeu os dados amostrais, tornando possível o presente estudo científico.

Referências

- ABINPET, 2023. Associação Brasileira da Indústria de Produtos Para Animais de Estimação. Abinpet folder, 2023. Disponível em: <https://abinpet.org.br/dados-de-mercado/>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Acuff, H.L., Dainton, A.N., Dhakal, J., Kiprotich, S., Aldrich, G. 2021. Sustainability and Pet Food: Is there a role for Veterinarians?

Veterinary Clinics 51, 563-581. Disponível em: [10.1016/j.cvsm.2021.01.010](https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2021.01.010). Acesso em: 18 janeiro 2024.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). 2022. ODS 6 no Brasil: Visão da ANA sobre os indicadores. 2. ed. Brasília, 2022. Disponível em:

https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6_Brasil_ANA_2ed_digital_simples.pdf. Acesso em: 18 janeiro 2024.

Arnaud, W. M. da R; Oliveira, E. L. de; Loureiro, B. A.; Vasconcelos, J. S. de; Barroso, L. M. F. ; Souza, A. P. de. 2023. Nutritional composition of industrialized, homemade and vegan foods for dogs and cats: A systematic review. Research, Society and Development, [S. l.], v. 12, n. 13, p. e115121344150. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i13.44150>. Acesso em: 20 janeiro 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES (ABTS). 2023. A Importância do Tratamento de Efluentes para a Preservação do Meio Ambiente e da Saúde Pública. São Paulo. Disponível em: <https://www.abts.org.br/blog/tratamentos-de-superficie/a-importancia-do-tratamento-de-efluentes-para-a-preservacao-do-meio-ambiente-e-da-saude-publica>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.

Bogéa, NS., Braga, RMQL., & Andrade, M. Adamis. 2022. Avaliação de parâmetros físico-químicos de uma estação de tratamento de efluentes de um frigorífico refrigerado de São Luís – MA. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, 11 (9), e50511932056. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32056>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.

Chagas, P.F; Lucena, K. O.C.; Castro, M. P. S.; Santo, S. H. L.; Silva, F. J. A.; Araújo, J. K. 2020. Índice de estado trófico de um manancial receptor de efluente de estação de tratamento de esgoto baldo – RN. Brazilian Journal of Development, Curitiba, 6, 2, 6253-6260. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-069>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.

Coimbra, G. F. 2012. Avaliação da Eficiência da Remoção de Nitrogênio Total e Carbono Orgânico Total com Flotador Físico-Químico em Efluente de Fábrica de Produtos para Nutrição Animal. Trabalho de conclusão de

- curso. Lajeado, UNIVANTES. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bits/treams/97e85b04-53e4-40a4-a0a6-b5a1ee444d98/content>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Costa, E. M. F. 2022. Tratamento físico, químico e biológico de lixiviado de aterro sanitário e vinhaça de cana-de-açúcar. *Concilium*, 22(1), 55-69. Disponível em: <https://doi.org/10.53660/CLM-090-111>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Fernandes, J. S. 2019. Remoção de Nitrogênio de Efluentes Anaeróbios em Reatores com Atividade Anammox. Dissertação (Mestrado). Belo Horizonte. UFMG. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/47353https://www.marh.eng.ufmg.br/defesas/1326M.PDF>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Ferreira, D. F. 2019. Sisvar: A Computer Analysis System to Fixed Effects Split Plot Type Designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, p. 529-535. Disponível em: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Ferreira, I. T. R.; Coelho, R. M. P.; Isla, L. A. S. 2016. Proposição de ações sustentáveis e estratégicas para controle da proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório carioca, Minas Gerais, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos) Belo Horizonte. UFMG. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-AQWMZS>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Ferreira, I. T. R. 2022. Tratamento de Efluentes Industriais de uma Fábrica Pet Food. 2022. Dissertação (Mestrado profissional). Três Corações. UNINCOR.
- FUNASA. 2014. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38937/Manual+de+controle+da+qualidade+da+%C3%A1gua+para+t%C3%A9cnicos+que+trabalham+em+ETAS+2014.pdf/85bbdbc-8cd2-4157-940b-90b5c5bcfc87>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Giordano, G. 2004. Apostila Tratamento e controle de efluentes industriais. *Revista ABES*, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://metalcleanaguas.com.br/pdf/tratamento-controle-efluentes-industriais.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Lins, M.A., Berger, J.S., Gonçalves, M.P., Zenatti, D.C., Hermes, E., 2021. Efeito da adição de glicerol residual na digestão anaeróbia de efluentes de fecularia e abatedouro. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 14, 407-415. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n2e6149>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Managó, B. L.; Follmann, H. V. D. M.; Vidal C. M. de S.; Ribas Doll, M. M. 2017. Tratamento de efluente de fábrica de ração animal por flotação por ar dissolvido. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, vol. 10, nº 2, p. 189–200, México, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/57674>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Mehrpour, P., Ahmad, S. 2023. Environmental Technology & Innovation Experimental pH adjustment for different concentrations of industrial wastewater and modeling by Artificial Neural Network. 2023. *Environ. Technol. Innov.* 31, 103212. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103212>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- MINAS GERAIS (ESTADO). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 08, de 21 de novembro de 2022. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário do Executivo – “Minas Gerais”*, 2022. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?i dNorma=56521>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Ng, M.; Dalhatou, S.; Wilson, J.; Kamdem, B.P.; Temitope, M.B.; Paumo, H.K.; Djelal, H.; Assadi, A.A.; Nguyen-Tri, P.; Kane, A. 2022. Characterization of Slaughterhouse Wastewater and Development of Treatment Techniques: A Review. *Processes*, 10, (7), 1300. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr10071300>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Oliveira, T. D. de, Nepomuceno, D. C. F., & Naval, L. P. 2023. Reuse of effluents from cattle slaughterhouses: multicriteria evaluation. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)*, 58(2), 203–211. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z2176-94781624>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Padilha, E. E.; Marques, C. R. M.; Campos, D. D. P.; Tonetto, A.; Melo, A. R. 2021. Dimensionamento De Uma Nova Estação De

- Tratamento De Efluentes Em Uma Empresa De Saneantes Domissanitários. *Revista Vincci - Periódico Científico do UniSATC*, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 243–266. Disponível em: <https://revistavincci.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincci/article/view/233>. Acesso em: 20 janeiro 2024.
- Pereira, A. C. 2021. Comparação do tratamento de efluente de uma indústria cítrica usando lodos ativados com outros métodos de tratamentos em plantas industriais. Dissertação (Metrado). São Paulo. Universidade Estadual Paulista (Unesp). Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/235121>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Pimentel, L. B., Miterhof, M. T. 2022. O financiamento dos serviços de água e esgoto: análise do passado recente (2016-2019) e desafios da diversificação de fontes para chegar à universalização. *Economia E Sociedade*, 31(3), 735–770. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2022v31n3art08>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Putri, B. N., Wardoyo, I. R. E.; Nurmayanti, D., Kriswandana, F., Sumiyarsono, E., Bilad, M. R. 2023. Performance Effectiveness of Wastewater Treatment Plant of Meat Processing Industry in East Java Province. In: Triwiyanto, T., Wardoyo, S., Puspitasari, A., Luthfiah, S. (Orgs.), *Proceedings of the 6th International Conference of Health Polytechnic Surabaya (ICoHPS 2023)*. Atlantis Press. Pp. 306-319. Disponível em: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-324-5_32. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Rocha, K. M; Salamoni, S. P.; Santos, R. H. dos; Goldbach, A. 2016. Monitoramento e avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de uma estação de tratamento de efluentes com sistema de lodos ativados em uma agroindustria no meio oeste de Santa Catarina. *Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo – RS*, 12p.. Disponível em: <https://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v3n1p25-36>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Svierzoski, N.D.S.; Matheus, M.C.; Bassin, J.P.; Brito, Y.D.; Mahler, C.F.; Webler, A.D., 2021. Treatment of a slaughterhouse wastewater by anoxic-aerobic biological reactors followed by UV-C disinfection and microalgae bioremediation. *Water Environment Research*, 93, (3), 409-420. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wer.1435>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- Von Sperling, M. 2016. *Lodos ativados: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Editora UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, 4ª edição, 461 p..
- Zanatta, P., Gabriel, M., Longaretti, G., Dalcanton, F., Dal Magro, J., & De Mello, J. M. M. 2017. Hidrólise enzimática de lipídeos presentes em efluentes. In *Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos*. *Revista CSBEA – v. 3, n.1, 8 p.*, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/24473650312017008>. Acesso em 20 de janeiro de 2024.