

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA

DÉBORA GUIMARÃES ALVES

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO UTILIZANDO EXTRATO DE TANINO
DE RESÍDUOS DE VITIVINICULTURA**

Santa Teresa

2024

DÉBORA GUIMARÃES ALVES

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO UTILIZANDO EXTRATO DE TANINO
DE RESÍDUOS DE VITIVINICULTURA**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto
Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para
a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof^ª. D.Sc. Paola Alfonsa Vieira Lo
Monaco

Santa Teresa

2024

(Biblioteca do Campus Santa Teresa)

A474t

Alves, Débora Guimarães.

Tratamento de efluente doméstico utilizando extrato de tanino de resíduos de vitivinicultura / Débora Guimarães Alves. - 2024. 35 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, Agronomia, 2024.

1. Taninos. 2. Águas residuais - Purificação. 3. Resíduos agrícolas Reaproveitamento. I. Lo Monaco, Paola Alfonsa Vieira. II. Título III. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD: 628.7

Bibliotecário/a: Ana Paula Ramos Ribeiro CRB6-ES nº 972

DÉBORA GUIMARÃES ALVES

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO UTILIZANDO EXTRATO DE
TANINO DE RESÍDUOS DE VITIVINICULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação
do Curso de Agronomia do Instituto Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para obtenção de título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 11 de Abril de 2024

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dra. Paola Alfonsa Vieira Lo Mônaco

Instituto Federal do Espírito Santo

Orientador



Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

Instituto Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Lusinério Prezotti

Instituto Federal do Espírito Santo

RESUMO

A gestão adequada de efluentes domésticos é um desafio devido à diversidade de substâncias e contaminantes presentes. Uma solução promissora é o uso de coagulantes naturais à base de taninos, extraídos de resíduos da vitivinicultura. No Espírito Santo, onde a vitivinicultura é uma prática comum em propriedades agrícolas, esses resíduos podem ser aproveitados para produzir coagulantes. Objetivou-se avaliar a eficiência do extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura como coagulante no tratamento de efluentes domésticos. O experimento foi realizado no Delineamento Inteiramente ao Acaso (DIC), com 6 tratamentos, 2 valores de pH e 3 repetições. Foram testadas 6 concentrações de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura por litro de efluente doméstico a ser tratado: 0,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0 mL L⁻¹. As análises do afluente e do efluente (pós-coagulação) consistiram na determinação do pH, turbidez, cor, sólidos totais, condutividade elétrica, nitrogênio total e fósforo total. A eficiência média de coagulação das variáveis analisadas foi calculada com base nas eficiências calculadas a partir de concentração afluente e efluente. As médias observadas a partir de três repetições foram analisadas, procedendo-se com a Análise de Variância (ANOVA), fatorial com dois fatores, adotando-se nível de 5% de significância. Os fatores testados para cada variável analisada foram o pH inicial da água residuária, a concentração de coagulantes utilizada em cada tratamento e a interação entre os dois fatores. O extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura é eficiente na remoção de cor e turbidez do esgoto doméstico, sendo que a maior taxa de remoção de cor (69,00%) é verificada para o pH 7,10, na concentração de 5,0 mL L⁻¹ de coagulante. Já a maior taxa de remoção de turbidez (79,00%) é verificada no pH 9,05, na concentração de coagulante de 15 mL L⁻¹. Já para as variáveis Sólidos Totais, Nitrogênio Total e Fósforo total, além de não serem observadas remoções, aumentam suas concentrações após o processo de coagulação.

Palavras-chave: Taninos; águas residuais- purificação; resíduos agrícolas- reaproveitamento.

ABSTRACT

The proper management of domestic effluents is challenging due to the variety of substances and contaminants present. A promising solution is the use of natural coagulants based on tannins, extracted from viticulture residues. In Espírito Santo, where viticulture is a common practice on agricultural properties, these residues can be utilized to produce coagulants. This study aimed to evaluate the efficiency of tannin extracts from viticulture residues as a coagulant in the treatment of domestic effluents. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD), with 6 treatments, 2 pH values, and 3 repetitions. Six concentrations of tannin extract from viticulture residues per liter of domestic effluent to be treated were tested: 0.0; 5.0; 10.0; 15.0; 20.0; 25.0 mL L⁻¹. The analyses of the influent and the effluent (post-coagulation) included the determination of pH, turbidity, color, total solids, electrical conductivity, total nitrogen, and total phosphorus. The average coagulation efficiency of the analyzed variables was calculated based on the efficiencies determined from the influent and effluent concentrations. The observed means from three repetitions were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), factorial with two factors, adopting a significance level of 5%. The factors tested for each analyzed variable were the initial pH of the wastewater, the concentration of coagulants used in each treatment, and the interaction between the two factors. The tannin extract from viticulture residues is effective in removing color and turbidity from domestic sewage, with the highest color removal rate (69.00%) observed at pH 7.10 with a coagulant concentration of 5.0 mL L⁻¹. The highest turbidity removal rate (79.00%) was observed at pH 9.05 with a coagulant concentration of 15 mL L⁻¹. For the variables Total Solids, Total Nitrogen, and Total Phosphorus, no removals were observed, and their concentrations increased after the coagulation process.

Keywords: Tannins; wastewater-purification; agricultural waste-reuse.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 DESENVOLVIMENTO	8
2.1 REVISÃO DE LITERATURA	8
3 METODOLOGIA	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
ANEXO I	29
Tabelas de remoção (%) de cada variável em função da concentração de coagulantes.	29

1 INTRODUÇÃO

Em 2020, o Brasil registrou uma taxa de cobertura total de esgoto de 55% e de 63% nos centros urbanos. Isso implica que, em média, apenas metade (50,8%) do esgoto produzido no país passa por tratamento (SNIS,2021).

No município de Santa Teresa, situado na região Centro-Serrana do Espírito Santo, de acordo com dados do SNIS 2021, apenas 34,88% da população tem acesso ao sistema de esgoto sanitário. Evidenciando a necessidade de políticas públicas para melhorar esse índice.

Como na legislação ambiental estabelece critérios específicos para o descarte de efluentes em corpos d'água, é imprescindível que, caso essa alternativa seja escolhida como destino final, as águas residuárias passem por um processo de tratamento adequado.

No Brasil, os sais de alumínio são amplamente utilizados como coagulante químico devido à sua eficácia na remoção de sólidos em suspensão e ao seu custo relativamente baixo. No entanto, em regiões mais remotas, o transporte desse composto pode encarecer o processo, e a disposição final do lodo gerado nas estações de tratamento pode se tornar um desafio, pois o alumínio é considerado tóxico para as plantas (LO MONACO et al., 2014). Além disso, Silva et al. (2007) afirmam que o uso de sais de alumínio resulta na produção de grandes volumes de lodo, dificultando algumas de suas utilidades de reuso, como por exemplo, no aproveitamento agrícola.

Assim sendo, em comunidades afastadas e com falta de infraestrutura para tratamento de água e esgoto, uma alternativa viável à utilização de sais de alumínio seria adotar coagulantes naturais, produzidos localmente e com custo financeiro reduzido. Conforme apontado por Moraes (2004), esses coagulantes/floculantes naturais apresentam vantagens em relação aos produtos químicos, como biodegradabilidade, baixa toxicidade e menor geração de lodos residuais.

Alguns coagulantes naturais à base de taninos e alternativos aos sais de alumínio têm sido testados no tratamento dessas águas, apresentando elevada eficiência de coagulação, tal como verificado nos trabalhos de Silva et al. (1999), Skoronski et al. (2014), Mangrich et al. (2014), e Fernandes et al. (2015), utilizando taninos extraídos da casca da acácia negra (*Acacia mearnsii*); de João e Júnior (2019), utilizando taninos de casca de *Pinus*; de Almeida et al. (2016) que extraíram taninos de cascas de café conilon (*Coffea canephora*); de Souza et al. (2019), utilizando taninos de casca de angiquinho-sabiá (*Mimosa caealpiniifolia* Benth); de Klumb e Faria (2012) e de Bet e Holler Filho (2016), utilizando taninos extraídos de cascas de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*).

Em razão dos teores de taninos presentes nos resíduos da vitivinicultura (Giroletti et al., 2019) e disponibilidade na região Centro-Serrana do Espírito Santo, entende-se que o uso desses resíduos possa ser promissor como coagulantes no tratamento de efluentes domésticos, sobretudo em propriedades de agricultura familiar, destinando-se corretamente o efluente gerado e diminuindo os impactos ambientais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO DE LITERATURA

Entre os recursos ambientais que vêm sofrendo com a degradação da qualidade ambiental, estão as águas superficiais e subterrâneas, responsáveis pela irrigação, abastecimento domiciliar e uso industrial de grande parte das atividades desenvolvidas no Brasil. Os impactos ambientais causados pela contaminação desses corpos hídricos são, na maioria das vezes, de difícil remediação e financeiramente custosos (WWAP, 2012).

O saneamento básico e o tratamento adequado dos efluentes domésticos desempenham um papel crucial no desenvolvimento social e econômico do Brasil. Além de fornecerem infraestrutura essencial para a população, esses sistemas também geram empregos e promovem renda para profissionais envolvidos no setor. No entanto, é importante ressaltar que a falta de gerenciamento adequado dos resíduos gerados pelo efluente doméstico pode acarretar sérios problemas ambientais, comprometendo a qualidade dos corpos d'água e do meio ambiente como um todo (OLIVEIRA E MEDEIROS, 2019).

Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 430/11 (BRASIL, 2011), as características do esgoto doméstico podem variar de acordo com a classificação dos corpos d'água e seus usos preconizados. Essa forma de resíduo consiste em uma complexa mistura de substâncias, elementos e compostos, sendo predominantes a presença de água, matéria orgânica, nutrientes, produtos químicos e micro-organismos. No esgoto doméstico, são comumente encontrados compostos orgânicos, como proteínas, gorduras, carboidratos e ácidos graxos, além de produtos químicos como detergentes, desinfetantes, medicamentos, metais pesados e substâncias tóxicas. Quanto aos elementos e compostos predominantes, destacam-se carbono, nitrogênio, fósforo, oxigênio, enxofre, cálcio, potássio e magnésio, dentre outros (BRASIL, 2004).

A presença desses componentes e substâncias no esgoto doméstico pode acarretar impactos adversos ao meio ambiente e à saúde pública, sobretudo quando ocorre seu

descarte sem o devido tratamento. Nesse contexto, torna-se imprescindível a adoção de medidas adequadas de tratamento e gestão, visando minimizar tais impactos e garantir a preservação ambiental e a proteção da saúde humana. (CAFURE E PATRIARCHA- GRACIOLLI, 2015)

Dentre as opções de tratamento de águas residuárias, têm-se a coagulação/floculação. O processo de coagulação/floculação tem por finalidade a remoção de substâncias coloidais, ou seja, material sólido em suspensão e/ou dissolvido (VAZ et al., 2010). Essa operação normalmente é considerada como um pré-tratamento que objetiva o condicionamento do despejo para o tratamento subsequente.

De acordo com Vaz et al. (2010), a coagulação anula as forças de repulsão entre as partículas coloidais, por meio de mecanismos de ligação e adsorção na superfície da partícula coloidal, pela adição de agentes químicos, denominados de eletrólitos. A floculação das partículas já coaguladas pela ação do eletrólito resulta das várias forças de atração que atuam entre as partículas que se agregam umas às outras formando os denominados flocos. Assim, o processo de coagulação/floculação com posterior sedimentação propicia a remoção de cor e turbidez do efluente a ser tratado.

Tradicionalmente os sais de alumínio destacam-se como o coagulante químico mais utilizado no Brasil, pela alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo seu relativo baixo custo. No entanto, ele pode tornar-se caro para áreas mais afastadas onde ele deva ser transportado e por dificultar a disposição final do lodo produzido nas estações de tratamento, já que o alumínio é um elemento químico tóxico às plantas (LO MONACO et al., 2014). Além disso, Silva et al. (2007) afirmaram que a utilização de sais de alumínio apresenta, como desvantagens, a produção de grande volume de lodo e o consumo da alcalinidade do meio, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do pH da água.

Dessa forma, em comunidades mais afastadas e com carência de sistemas de tratamento de água e esgoto, uma alternativa à substituição aos sais de alumínio seria a utilização de coagulantes naturais, produzidos no local e com baixo custo financeiro.

No Estado do Espírito Santo, a vitivinicultura engloba tanto a produção de uvas (viticultura) quanto a fabricação de vinhos (vinicultura), realizadas paralelamente pelos agricultores. De acordo com Protas e Camargo (2011), essa atividade segue tradicionalmente um ciclo de produção com uma colheita por ano, ocorrendo entre os meses de dezembro e fevereiro. As antocianinas e proantocianidinas, polifenóis encontrados na uva, desempenham um papel fundamental na determinação da cor, sabor e estabilidade dos vinhos tintos. As proantocianidinas, pertencentes ao grupo dos taninos condensados, estão predominantemente presentes nas cascas e sementes das uvas, sendo escassas na polpa (YILMAZ E TOLEDO, 2004).

Por sua vez, os taninos, produtos polifenólicos do metabolismo vegetal, têm a capacidade de atuar como coagulantes naturais, neutralizando as cargas dos coloides e formando pontes entre as partículas, o que resulta na formação de flocos com excelente capacidade de sedimentação (CORAL et al., 2009).

Alguns coagulantes naturais a base de taninos e alternativos ao sulfato de alumínio têm sido testados no tratamento dessas águas, apresentando elevada eficiência de coagulação, tal como verificado nos trabalhos de Skoronski et al. (2014), utilizando taninos extraídos da casca da acácia negra; de João e Júnior (2019), utilizando taninos de casca de pinus; Souza et al. (2019), utilizando taninos de casca de *Mimosa caealpinifolia* Benth; dentre outros.

Giroletti et al. (2021) obtiveram um coagulante orgânico a base de tanino extraídos de engaços de uva da cultivar *Vitis labrusca*. A extração foi realizada via processo sólido-líquido em um extrator de Soxhlet e a reação de Mannich foi aplicada para obtenção do produto, resultando em um coagulante com aspecto líquido de coloração castanha, concentração de 238 g L⁻¹, pH de 1,7, viscosidade de 28 cP e concentração de sólidos de 42%, características bem semelhantes aos coagulantes orgânicos comerciais. Quando aplicado no tratamento de efluentes de uma indústria de papel e celulose, dosagem de 100 mg L⁻¹, o tanino extraído do engaço da uva proporcionou remoção de DQO (53%), sólidos totais (38,8%), cor (87%) e turbidez (90%). Já para o efluente agroindustrial, a remoção foi de 71% para DQO, 49,2% para sólidos totais, 95% para cor e 97% de turbidez. Para efeitos de comparação, ao utilizar o coagulante orgânico

comercial Acquapol e repetindo as análises com os mesmos parâmetros, efluentes e dosagem, os autores obtiveram uma remoção de DQO (55%), sólidos totais (40,7%), cor (85,8%) e turbidez (84%) dos efluentes da indústria de papel e celulose e uma remoção de DQO (72%), sólidos totais (40,5%), cor (97%) e turbidez (97%) para o efluente agroindustrial.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Teresa, tendo como coordenadas geográficas: latitude 19° 48' 13" S, longitude 40° 40' 42" W e altitude média de 127m.

O efluente doméstico utilizado nos ensaios foi coletado em galões de 20 litros, na Companhia Espírito Santense de Sanemaento - CESAN, do município de Santa Teresa, ES. Como coagulante no tratamento das águas residuárias, foi utilizado o extrato de taninos de vitivinicultura.

O resíduo de vitivinicultura foi coletado na Cantina Matiello, localizada no Município de Santa Teresa/ES. Em seguida, foi submetido à secagem em estufa com circulação forçada, a 60°C por 180 min. Após, foi moída em moinho de facas e peneirada em malha 10 Mesh para padronização da granulometria.

A extração de taninos foi realizada no Laboratório de Obtenção e Análise de Produtos Naturais da Universidade de Vila Velha/ES (UVV) em um extrator de Soxhlet. Os solventes utilizados foram água e etanol. O extrato hidro-alcoólico foi submetido à análise de taninos hidrolisáveis pelo método Folin-Ciocalteu e de taninos condensados pelo método de Stiasny descrito por Guangcheng et al. (1991). Posteriormente, foi realizada a cationização do tanino extraído seguindo a metodologia proposta por VALENTIM et al. (2020).

O experimento foi realizado no Delineamento Inteiramente ao Acaso (DIC), com 6 tratamentos e 3 repetições e com 2 valores de pH. Foram testadas 6 concentrações de extrato de taninos de vitivinicultura, por litro de efluente doméstico a ser tratado: 0,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0 mL⁻¹. Sendo os valores de pH 9,05 (natural) e 7,10 (acidificado com ácido sulfúrico).

Em cada cuba do Jar-Test foi adicionado 1,0 L de efluente doméstico, com as referidas concentrações. As velocidades de mistura rápida (VMR) e lenta (VML) empregadas

são de 120 rpm e 20 rpm, respectivamente. Os tempos de mistura rápida (TMR) e lenta (TML) são de 1,5 min e 15 min, respectivamente.

Após um período de 25 minutos em repouso para a sedimentação do material nos béqueres, amostras do sobrenadante foram retiradas dos béqueres para as análises químicas e físico-químicas.

As análises da água residuária bruta e pós o processo de coagulação/filtração foram realizadas em conformidade com recomendações de metodologia proposta por MATOS (2015). As variáveis avaliadas, os métodos e os equipamentos utilizados nas análises laboratoriais estão descritos a seguir: cor – determinada por colorimetria, em colorímetro de bancada; turbidez – determinada pelo método nefelométrico, em turbidímetro de bancada; pH (inicial e final), determinado por potenciometria em peagâmetro de bancada; Condutividade Elétrica – determinado em condutivímetro de bancada; Sólidos Totais – quantificação pelo método gravimétrico; Nitrogênio total – quantificação pelo processo semimicro Kjeldahl; e Fósforo total – análise realizada por meio de digestão nítrico-perclórico da amostra e quantificada em espectrofotômetro.

A eficiência média de coagulação (E_f) das variáveis analisadas foi calculada com base nas eficiências calculadas a partir de concentração afluente e efluente, conforme Equação 1:

$$\text{Eficiência de coagulação (\%)} = \frac{(C_i - C_f) \cdot 100}{C_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que, C_i = concentração inicial (água bruta) da variável analisada;

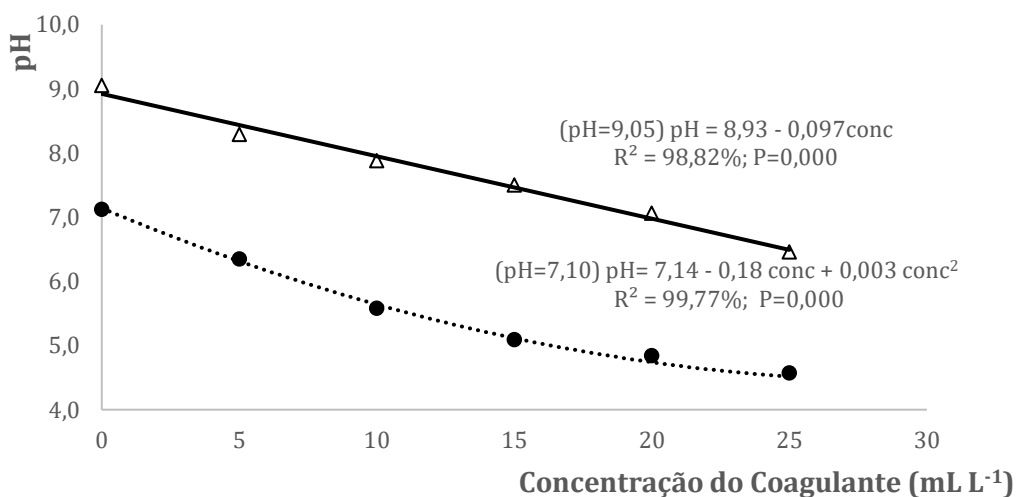
C_f = concentração final (após coagulação) da variável analisada

As médias observadas a partir de três repetições ($n=3$) foram analisadas utilizando-se o software R versão 4.0.4 (R Development Core Team, 2021), procedendo-se com a Análise de Variância (ANOVA) fatorial com dois fatores. O nível de significância para todos os testes foi de 5%. Os fatores testados para cada parâmetro analisado foram o pH inicial da água residuária, a concentração de coagulantes utilizada em cada tratamento e a interação entre os dois fatores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No gráfico 1 apresenta-se os valores de pH final em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico

Gráfico 1. Valores de pH final em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico.



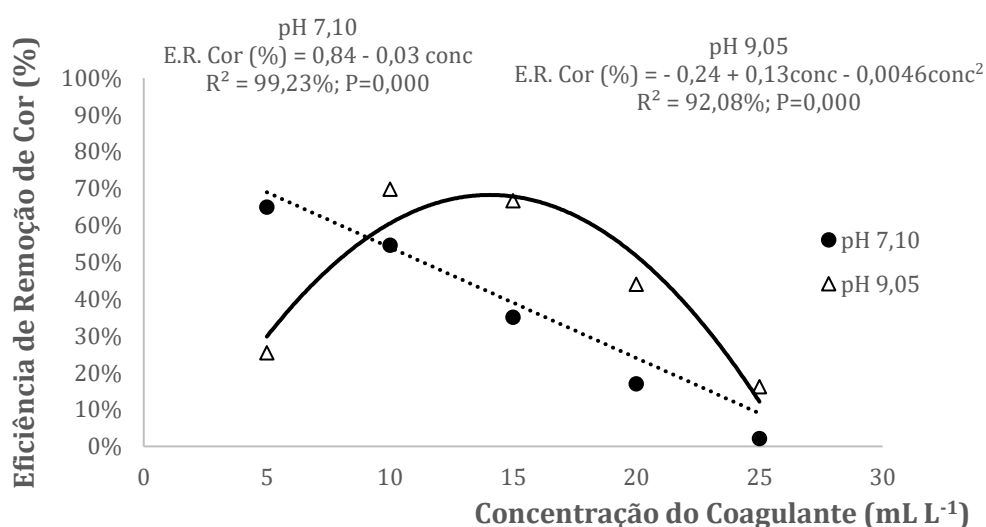
Fonte: Autoria própria (2023).

As análises de pH final realizadas nas amostras de esgoto doméstico se comportaram de maneira semelhante, ou seja, quanto maior a concentração de coagulantes a base de taninos adicionado às amostras, menor era o valor do pH final observado, evidenciando que o coagulante retira alcalinidade da água residuária em tratamento.

Esses resultados vão de encontro àqueles observados por Oldoni et al. (2022), Stroher et al. (2013), Konradt-Moraes e Bergamasco (2007), segundo os quais, a aplicação de coagulantes orgânicos naturais não deveriam consumir a alcalinidade do meio.

No gráfico 2 apresenta-se os valores de Cor em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico.

Gráfico 2. Valores de remoção de Cor em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023).

A cor é utilizada no tratamento de efluentes como um indicador da presença de sólidos dissolvidos, que podem ser tanto orgânicos quanto inorgânicos (VON SPERLING, 2005).

Por meio da análise de variância, observou-se efeito da interação entre o pH e as concentrações de taninos ($P < 0,05$). Assim, procedeu-se o desdobramento, verificando-se os perfis dessa variável (polinômios ortogonais), para dois diferentes valores de pH.

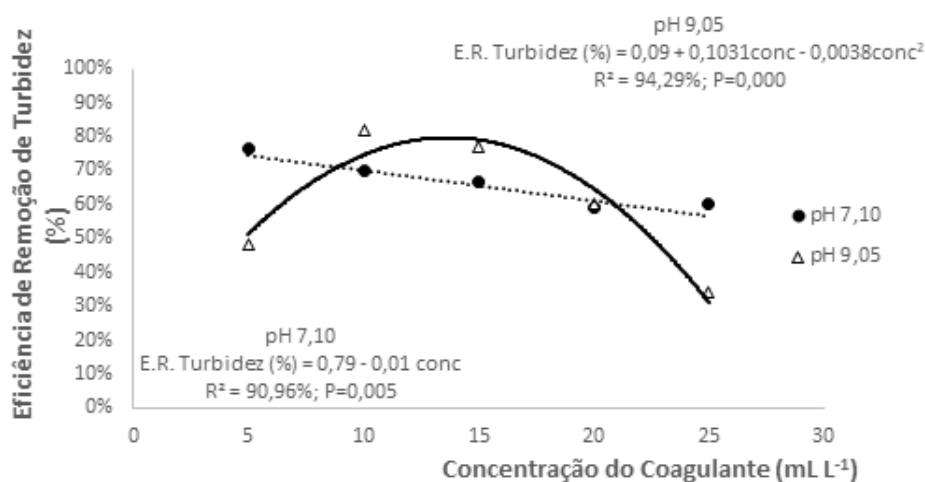
No tratamento de esgoto doméstico em pH próximo à neutralidade (7,10), foi observada uma eficiência máxima de remoção de 69,00% para a variável cor, utilizando-se 5,00 mL L⁻¹ de coagulante. A relação entre o aumento da concentração de coagulante aplicado e a diminuição da eficiência de remoção de cor segue uma tendência decrescente. Isso provavelmente ocorre devido ao aumento da dosagem de coagulante, que reduz diretamente o pH final das amostras, tornando-as mais ácidas e, conseqüentemente, diminuindo a eficiência de remoção de cor.

Já para o esgoto doméstico com o pH natural (pH = 9,05), foi observada uma remoção máxima de cor de 67,90% utilizando-se 15 mL L⁻¹ de coagulante. Pode-se observar um perfil quadrático para este pH, quando se relaciona eficiência de remoção de cor em função da concentração de coagulante. Para o pH de 9,05, ao contrário do que foi observado para o pH de 7,10, o aumento na dosagem de coagulante não distancia o pH final das amostras de uma faixa de neutralidade, e sim, o aproxima, favorecendo o processo de coagulação/floculação. No gráfico 1, verifica-se que o aumento do coagulante em concentrações acima das dosagens consideradas ótimas, proporcionou uma redução da eficiência de remoção de cor na água residuária em tratamento.

Conforme observado por Fernandes et al. (2010), durante o processo de coagulação/floculação, a concentração de coagulantes influencia na formação de flocos. Em condições de dosagem ideal de coagulantes, os flocos resultantes tendem a ser mais convexos, circulares e menos porosos do que aqueles formados em situações de superdosagem, o que os torna mais compactos. Essas características têm um impacto direto na sedimentação das partículas e, por conseguinte, na eficiência de remoção da cor. É possível que esse fenômeno de superdosagem tenha contribuído para a diminuição da eficiência de remoção da cor após o ponto máximo de remoção, como ilustrado no gráfico 1.

No gráfico 3 apresentam-se os valores de remoção de turbidez em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico.

Gráfico 3. Valores de remoção de Turbidez em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023).

A turbidez de uma solução refere-se ao grau de atenuação da intensidade luminosa quando um feixe de luz a atravessa, devido à presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas e detritos orgânicos (FRAVET E CRUZ, 2007). Por meio da análise de variância, verificou-se que houve efeito da interação entre o pH e as concentrações de taninos para o esgoto doméstico. Assim, procedeu-se o desdobramento, observando-se os perfis dessa variável (polinômios ortogonais), para dois diferentes valores de pH. Nestes, foram observados efeitos lineares (pH 7,10) e quadráticos (pH 9,05).

Para o esgoto doméstico em pH próximo ao neutro (7,10), foi observada uma eficiência de remoção máxima de Turbidez de 74,00%, para uma concentração de coagulante de 5,00 mL L⁻¹. Já para o esgoto doméstico com o pH natural de 9,05, verificou-se uma efetividade de remoção de turbidez de 79,00%, quando se utilizou concentração de coagulante 15 mL L⁻¹.

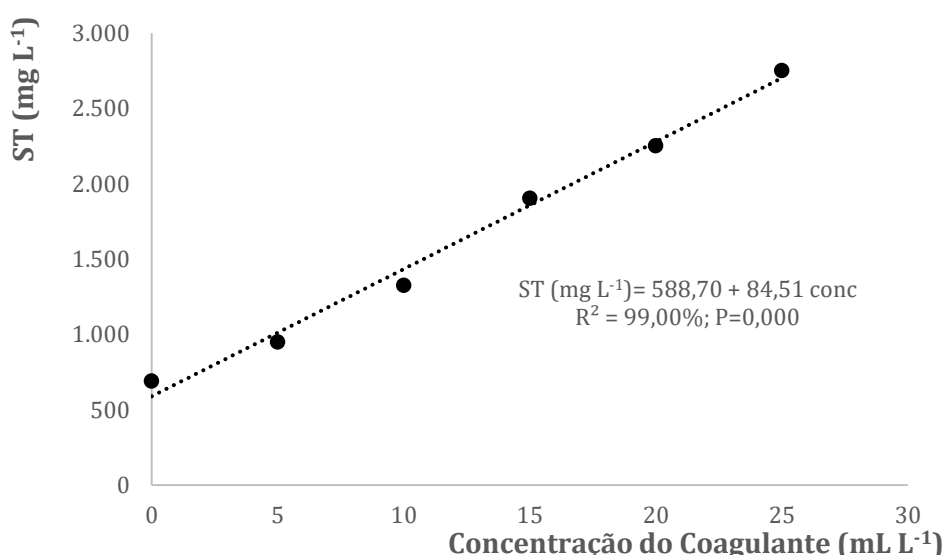
Os resultados para a variável Turbidez mostram padrões semelhantes aos observados para a Cor. Em pH 7,10, há uma relação linear decrescente entre a

concentração do coagulante e a eficiência de remoção da turbidez. Esse efeito pode ser atribuído ao aumento da acidez das amostras, decorrente do aumento da dosagem do coagulante, o que reduz a eficiência de remoção. Por outro lado, em pH 9,05, observa-se um padrão quadrático, indicando que o aumento da dosagem do coagulante aproxima o pH das amostras da neutralidade, favorecendo o processo de coagulação/floculação

Da mesma forma como observado para a variável Cor, o incremento do coagulante em concentrações acima das dosagens consideradas ótimas, proporcionou uma redução na eficiência de remoção da turbidez nas amostras de esgoto doméstico, tal como observado por Fernandes et al. (2010) e discutido anteriormente.

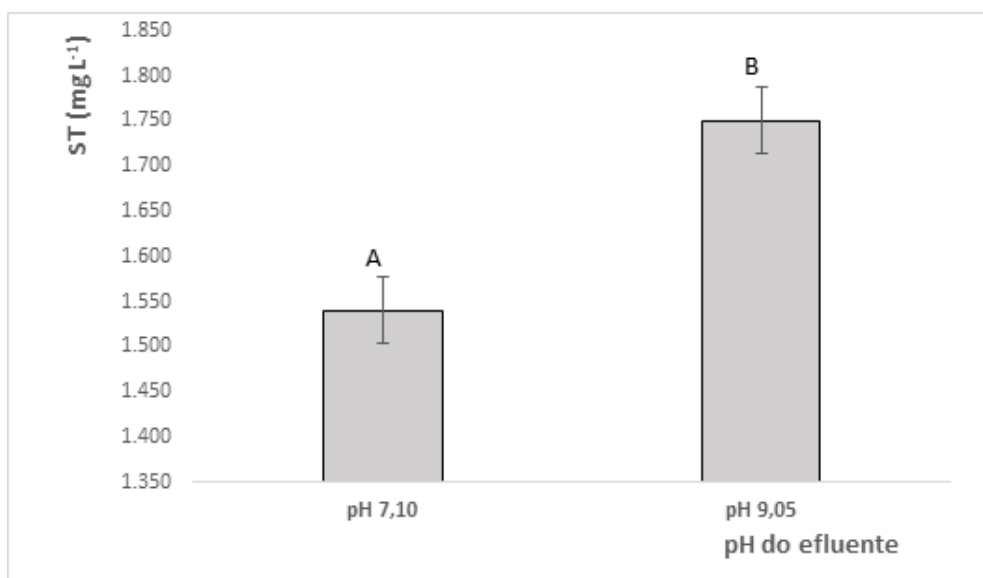
Nos gráficos 4 e 5 apresentam-se, respectivamente, os valores de sólidos totais em função de concentrações crescentes de coagulantes e os valores médios de sólidos totais em função do pH inicial, no tratamento de efluente doméstico.

Gráfico 4. Valores de Sólidos Totais (ST) em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura no tratamento de efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023).

Gráfico 5. Valores médios de Sólidos Totais (ST) em função do pH no tratamento de esgoto doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023).

Nas análises de variância realizadas sobre a variável Sólidos Totais (ST) no esgoto doméstico, observou-se que apenas a variação na concentração dos coagulantes entre os diferentes tratamentos apresentou diferença estatística significativa (p -valor = 0,000). Não foi detectada interação estatisticamente significativa entre a concentração dos coagulantes e o pH inicial das amostras.

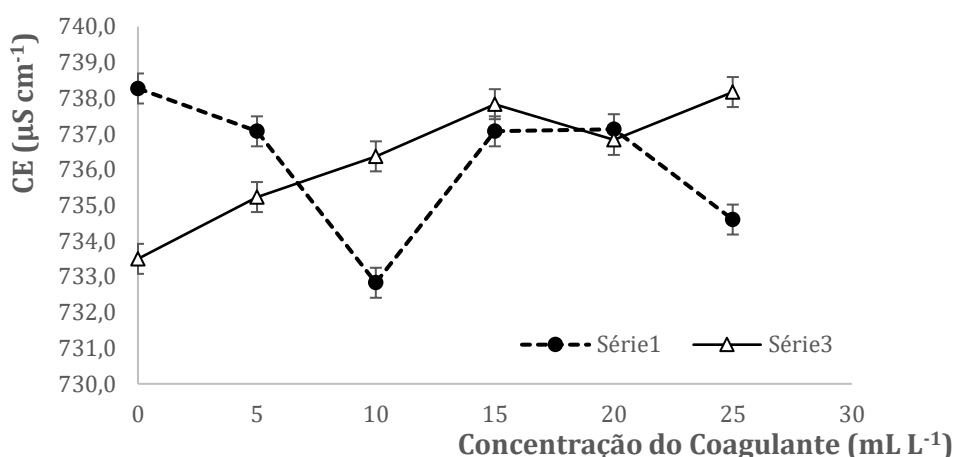
Além disso, verificou-se que as concentrações de coagulantes de taninos utilizadas foram incapazes de remover os sólidos totais das amostras de esgoto doméstico. Pelo contrário, observou-se um perfil linear crescente na relação entre a dosagem de coagulantes e a concentração de sólidos totais. Ou seja, quanto maior a concentração de coagulantes utilizados nas amostras, maior foi a quantidade de sólidos totais verificada nas análises.

Essa constatação pode ser explicada pela composição do próprio coagulante. Durante o processo de extração e cationização dos taninos provenientes dos resíduos da vitivinicultura, o coagulante líquido pode conter diversas partículas além do tanino em si, como sólidos suspensos e/ou dissolvidos. Essas impurezas presentes no

coagulante líquido acabam impactando no resultado final das análises, interferindo na eficácia da remoção dos sólidos totais durante o processo de tratamento do esgoto doméstico.

O gráfico 5 apresenta a média da condutividade elétrica das amostras de esgoto doméstico em relação às concentrações de coagulantes utilizadas nos tratamentos e ao pH inicial. Observou-se uma interação significativa entre esses fatores (p -valor = 0,0151) na análise de variância. No entanto, devido a falta de ajuste para adequação aos modelos linear e quadrático, será apresentado o gráfico com perfil de média (gráfico 5).

Gráfico 6. Valores de Condutividade elétrica (CE) em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura, em dois diferentes valores de pH, no tratamento de efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023)

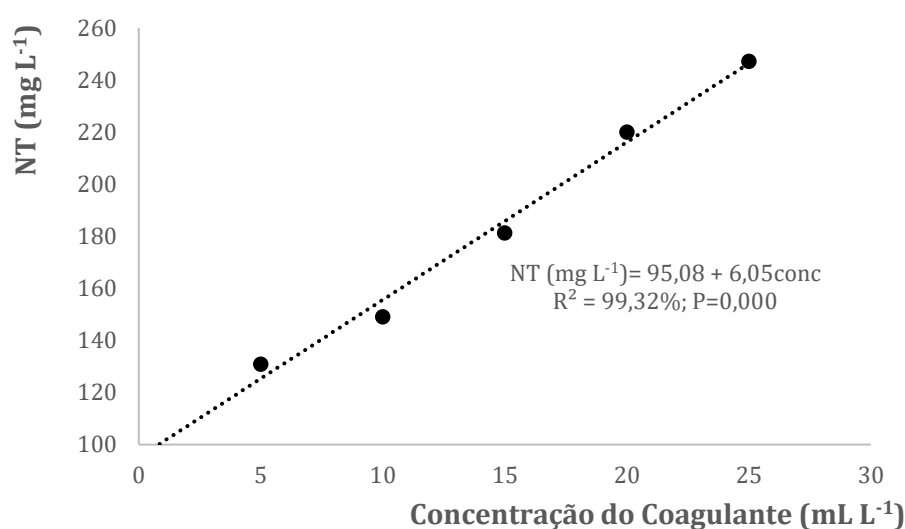
A condutividade elétrica é um parâmetro físico essencial na análise de água e/ou efluentes, indicando o nível de sais dissolvidos na solução (íons). Sua medida pode variar conforme a temperatura e o pH (BUZELLI E CUNHA-SANTINO, 2013).

Para a condutividade elétrica das amostras de esgoto doméstico, observou-se através da análise de variância que houve interação significativa entre as concentrações de

coagulantes utilizadas nos tratamentos e o pH inicial das amostras de esgoto doméstico (p-valor = 0,0151).

No gráfico 6, apresenta-se os valores de N-total em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura no tratamento de efluente doméstico.

Gráfico 7. Valores de N-total em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura no tratamento de efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023)

O teor de nitrogênio total é a soma do nitrogênio amoniacal e orgânico, acrescido das concentrações de nitrito e nitrato (BENEVIDES E VARGAS, 2016). Por meio da análise de variância, verificou-se que apenas o fator concentração de coagulante apresentou diferença estatística significativa para o esgoto doméstico (p-valor = 0,00). Não foi observada interação da concentração de coagulantes com o pH inicial das amostras.

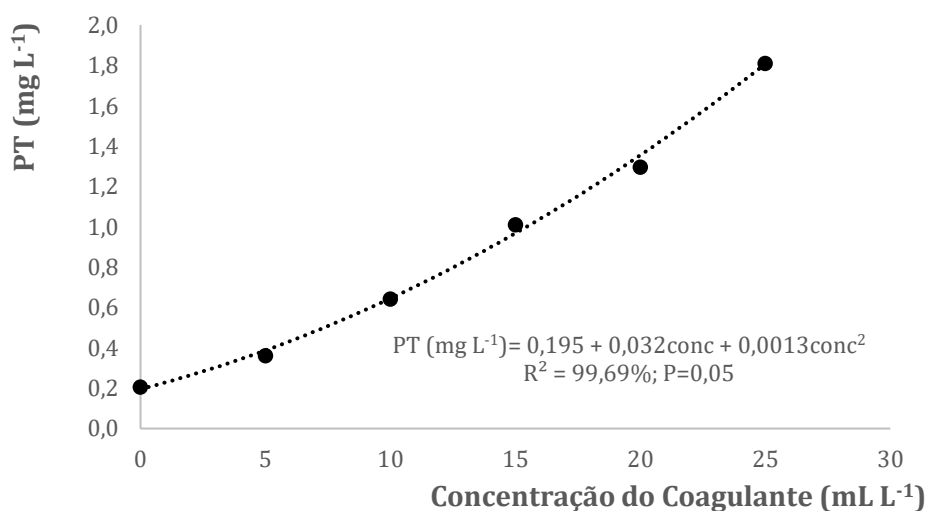
Os resultados das análises de nitrogênio total seguiram a mesma tendência linear para o esgoto doméstico, independentemente do seu pH inicial. Assim, observou-se que o coagulante à base de taninos, além de não remover o nitrogênio total das

amostras, acrescentou esse elemento de maneira proporcional às dosagens de coagulantes utilizadas.

Provavelmente esse aumento proporcional de nitrogênio total em função da concentração de coagulante aplicando nas amostras tem relação com o próprio resíduo da vitivinicultura, caracterizado por altas concentrações de nitrogênio total, tal como descrito por Schäffer (2015), Ferrari (2010) e Matos e Matos (2017). Lo Monaco et al. (2020), ao caracterizarem os resíduos de vitivinicultura, observaram concentrações de $1,84 \text{ dag kg}^{-1}$ de nitrogênio total e $0,396 \text{ dag kg}^{-1}$ de fósforo total nesses resíduos. De acordo com Bustamante et al. (2008), a adição de diferentes tipos de proteínas e leveduras utilizadas nos processos produção de vinhos, podem gerar resíduos com elevados teores de nitrogênio total.

No gráfico 7 apresentam-se os valores de P-total em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura no tratamento de efluente doméstico.

Gráfico 8. Valores de P-total em função de concentrações crescentes de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura no tratamento de efluente doméstico.



Fonte: Autoria própria (2023).

O fósforo total representa a soma de todo o fósforo presente no efluente: ortofosfatos/fosfatos, fosfatos condensados e fósforo orgânico. Para a análise de

variância realizada nas amostras de esgoto doméstico, apenas a variação em função da concentração de coagulantes utilizados representou diferença estatística significativa. Não houve diferença considerada significativa para a interação entre as concentrações utilizadas nos tratamentos e os pH's iniciais das amostras de esgoto doméstico.

Os resultados das análises de fósforo total para o esgoto doméstico revelaram que o coagulante à base de taninos não apenas falhou em remover essa variável das amostras, mas também o aumentou de maneira proporcional. Assim como verificado para a variável nitrogênio total, provavelmente esse aumento proporcional de fósforo total em função da concentração de coagulante aplicado nas amostras tem relação com o próprio resíduo da vitivinicultura, caracterizado por altas concentrações de fósforo total, tal como descrito por Monaco et al. (2020) anteriormente. Bustamante et al. (2008) justificam que o uso de hidrogenofosfato de amônio (utilizado para acelerar o processo de fermentação) e a precipitação de fosfato férrico são os principais responsáveis pela alta concentração de fósforo nos resíduos de vitivinicultura.

5 CONCLUSÃO

Os resultados das análises evidenciam a eficácia do coagulante orgânico à base de taninos extraídos de resíduos da vitivinicultura na remoção dos parâmetros de cor e turbidez em águas residuárias de esgoto doméstico. O pH inicial das amostras, juntamente com a carga orgânica específica e as concentrações de coagulantes, são determinantes nas taxas de remoção observadas para cor e turbidez.

Amostras com pH próximo à neutralidade apresentam melhores taxas de remoção para cor e turbidez, enquanto amostras com alta alcalinidade não alcançam resultados satisfatórios. Porém, não foram constatadas taxas de remoção para os parâmetros de sólidos totais, nitrogênio total e fósforo total, sendo que maiores dosagens de coagulante resultaram em valores finais mais elevados para esses parâmetros.

Recomenda-se uma dosagem de 5,0 mL L⁻¹ de extrato de taninos de resíduos da vitivinicultura a um pH de 7,10 para a remoção da cor do esgoto doméstico. Para a remoção da turbidez, sugere-se uma concentração de 15 mL L⁻¹ para o pH natural da água residuária (9,05). No entanto, devido à ausência de remoção de sólidos totais, nitrogênio total e fósforo total, os taninos de resíduos da vitivinicultura são indicados apenas como uma alternativa de pré-tratamento nos processos de tratamento de efluentes domésticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENEVIDES, A.; VARGAS, R. R. Análise físico-química em amostras de águas da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Tanque Grande. **Revista Educação**, v.1, n.3, 2016.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 1. Ed. Ver. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução Nº 430 de 13/05/2011 (Federal)** - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 2011.

BUSTAMANTE, M.A; MORAL, R.; PAREDES, C.; PÉREZ-ESPINOSA, A.; MORENO-CASELLES, J.; PÉREZ-MURCIA, J.M.D. Agrochemical characterization of the solid by-products and residues from the wine and distillery industry. **Waste Management**. v. 28, p. 372-380, 2008.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. D. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, p. 186-205, 2013.

CAFURE, V. A.; PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R. Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. **Revista interações**, Campo Grande, v.16, n.2, 2015.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R. B.; BASSETTI, F. J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. **KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE**. São Paulo–Brasil, 2009.

FERNANDES, N. M. G.; FERNANDES, N.M.G.; GINORIS, Y.P.; RIOS, R.H.T.; BRANDÃO, C.C.S. Influência do pH de coagulação e da dose de sulfato de alumínio na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta descendente. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, p. 375-384, 2010.

FERRARI, V. **A sustentabilidade da vitivinicultura através de seus próprios resíduos**. Caxias do Sul/RS: Universidade de Caxias do Sul, Campus Universitário da Região dos vinhedos. Bento Gonçalves/RS, 2010.

FRAVET, A. M. M. F. D.; CRUZ, R. L. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP. **Irriga, Botucatu**, v. 12, n. 2, p.144-155, 2007.

GUANGCHENG Z.; YUNLU L.; YAZAKI Y. Extractive yields, Stiasny values and polyflavonoid contents in barks from six acacia species in Australia. **Australian Forestry**, 1991.

GIROLETTI, C. L. ; Menezes, J.C.S.S. ; MEGIOLARO, F. ; RECIO, M. A. L. ; HASSEMER, MARIA ELIZA NAGEL. Caracterização físico-química de resíduos da viticultura visando a produção de coagulantes orgânicos. **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES**, 2019.

GIROLETTI, C. L.; NAGEL-HASSEMER, M. E. ;Menezes, J.C.S.S.; SENS, M. L.; SOARES, M. G.; CARISSIMI, E. **Extração de tanino de engaço de uva para síntese de coagulante e aproveitamento da biomassa final para obtenção de carvão ativado**. 2021.

IBRAHIM, A.; YASER, A. Z.; LAMAMING, J. Synthesising tannin-based coagulants for water and wastewater application: A review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.9, n.1, 2021.

JOÃO, J. J.; JÚNIOR, W. S. Utilização da Casca de Pinus para Extração de Taninos e aplicar como Coagulante no Tratamento do Efluentes Industriais. **Revista Virtual de Química**, v.11, n.3, p. 1044- 1053, 2019.

KONRADT-MORAES, L.C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C.R.G.; BONGIOVANI, M.C.; HENNIG, D. Avaliação da Eficiência de Remoção de Cor e Turbidez, Utilizando como Agente Coagulante os Taninos Vegetais, coma Finalidade de Obtenção de Água Tratada. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24, 2007, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. Disponível em <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/I-178.pdf>>.

LO MONACO, P.A.V; PAULA, L.I.S. ; SALLA, P.H. ; HADDADE, I.R. ; VIEIRA, G.H.S; NANDORF, R.J ; MATTEDI, L. Agricultural residues as substrates in the production of formosa papaya, okra and zucchini seedlings. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 6, 2020.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; BATISTA, A. P. S.;MIRANDA, S. T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V. Tratamento de esgoto sanitário utilizando coagulante natural seguido de filtro orgânico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.1, p.28-40, 2014.

MATOS, A. T. **Manual de análise de resíduos sólidos e águas residuárias**. Viçosa: Editora UFV, 1ª ed., 2015. 149p.

MATOS, A. T.; MATOS, M. P. Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos. **Editores UFV**, v. 1, 2017.

MORAES, L. C. K. **Estudo da coagulação-ultrafiltração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá. 2004.

OLDONI, B.; STEFFENS, C.; DALLAGO, R.; STEFFENS, J. Uso de tanino como alternativa aos coagulantes químicos no tratamento de efluente de laticínio. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 10, n. 3, 2022.

OLIVEIRA, B. O. S.; MEDEIROS, G. A. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos estados da região Norte, Brasil. **Revista Valore**, v. 4, n. 1, p. 1749-1761, 2019.

PROTAS, J.F.S.; CAMARGO, U.A. **Vitivinicultura brasileira : panorama setorial de 2010**. Brasília, DF : SEBRAE, 2011.

SCHOFIELD, P.; PELL, A. N.; MBUGUA, D. **Animal Feed Science and Technology**. 91, 21. 2001.

SILVA, M.E.R.; AQUINO, M.D.; SANTOS, A.B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.28, n.2, p.178-190, 2007.

SNIS – Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto (ano referência 2020). Brasília: **Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento**, 2021.

SOUZA, D. G.; CAMPOS, D. B. P.; UCELLA FILHO, J. G. M.; GOMES, J. P. S.; AZEVEDO, T, K.B. Quantificação de taninos presentes na casca da Mimosa caealpinifolia Benth. e sua utilização no tratamento de efluentes. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 789-793, 2019.

SKORONSKI, E.; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V. Estudo da aplicação de tanino no tratamento de água para abastecimento captada no rio Tubarão, na cidade de Tubarão, SC. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, vol. 9, n. 4, p.679-687, 2014.

TEIXEIRA, M. R.; CAMACHO, F. P.; SOUSA, V. S.; BERGAMASCO, R. Green technologies for cyanobacteria and natural organic matter water treatment using natural based products. **Journal of Cleaner Production**, 162, p.484-490, 2017.

VALENTIM, F.; SILVA, G.T.; BEATI, A.A.G.F. Estudo sobre a amoniação do tanino extraído da camellia sinensis. **Ensaio USF**, 2020. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3058.pdf>. Acesso em: 08/03/2024.

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A.; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**, São

Paulo, v.35, n 4, p. 45 - 54, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**; vol. 1. Belo Horizonte: DESAUFMG, 452p. 2005.

World Water Assessment Programme (WWAP). **The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk**. Paris: UNESCO, 2012.

YILMAZ, Y.; TOLEDO, R.T. Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin and gallic acid. **J. Agric. and Food Chem**, 2004.

ANEXO I

Tabelas de remoção (%) de cada variável em função da concentração de coagulantes.

Tabela 01 – Remoção da cor (%) em diferentes concentrações de coagulante e valores de pH, no tratamento de esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH inicial	pH final	Coagulante (mL L⁻¹)	Valor (uC)	Remoção (%)
Esgoto Doméstico	Cor	7,10	7,12	0	353	-
Esgoto Doméstico	Cor	7,10	6,37	5,0	123	65,16%
Esgoto Doméstico	Cor	7,10	5,58	10,0	160	54,67%
Esgoto Doméstico	Cor	7,10	5,10	15,0	229	35,13%
Esgoto Doméstico	Cor	7,10	4,84	20,0	293	17,00%
Esgoto Doméstico	Cor	7,10	4,57	25,0	345	2,27%
Esgoto Doméstico	Cor	9,05	9,05	0	430	-
Esgoto Doméstico	Cor	9,05	8,30	5,0	320	25,58%
Esgoto Doméstico	Cor	9,05	7,89	10,0	130	69,77%
Esgoto Doméstico	Cor	9,05	7,50	15,0	143	66,74%
Esgoto Doméstico	Cor	9,05	7,06	20,0	241	43,95%

Esgoto Doméstico	Cor	9,05	6,46	25,0	360	16,28%
------------------	-----	------	------	------	-----	--------

Fonte: Aatoria própria (2023)

Tabela 02 - Remoção da turbidez (%) em diferentes concentrações de coagulante e valores de pH, no tratamento de esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH inicial	pH final	Coagulante (mL L ⁻¹)	Valor (uT)	Remoção (%)
Esgoto Doméstico	Turbidez	7,10	7,12	0	61	-
Esgoto Doméstico	Turbidez	7,10	6,37	5,0	14	77,05 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	7,10	5,58	10,0	18	70,49 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	7,10	5,10	15,0	20	67,21 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	7,10	4,84	20,0	25	59,02 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	7,10	4,57	25,0	24	60,66 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	9,05	9,05	0	99	-
Esgoto Doméstico	Turbidez	9,05	8,30	5,0	51	48,48 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	9,05	7,89	10,0	18	81,82 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	9,05	7,50	15,0	23	76,77 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	9,05	7,06	20,0	39	60,61 %
Esgoto Doméstico	Turbidez	9,05	6,46	25,0	66	33,33 %

Fonte: Aatoria própria (2023)

Tabela 03 - Remoção de sólidos totais (%) em diferentes concentrações de coagulante e valores de pH, no tratamento de esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH inicial	Coagulante (mL L⁻¹)	Valor (mg L⁻¹)	Remoção (%)
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	7,10	0	655	-
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	7,10	5,0	945	-44.27%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	7,10	10,0	1325	-102.29%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	7,10	15,0	1757	-168.24%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	7,10	20,0	2089	-218.93%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	7,10	25,0	2469	-276.95%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	9,05	0	727	-
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	9,05	5,0	951	-30.81%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	9,05	10,0	1327	-82.53%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	9,05	15,0	2049	-181.84%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	9,05	20,0	2413	-231.91%
Esgoto Doméstico	Sólidos Totais	9,05	25,0	3033	-317.19%

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 04 - Resultados das análises de condutividade elétrica para o esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH inicial	Coagulante (mL L ⁻¹)	Valor ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Remoção (%)
Esgoto Doméstico	CE	7,10	0	738,27	-
Esgoto Doméstico	CE	7,10	5,0	737,07	-
Esgoto Doméstico	CE	7,10	10,0	732,83	-
Esgoto Doméstico	CE	7,10	15,0	737,07	-
Esgoto Doméstico	CE	7,10	20,0	737,13	-
Esgoto Doméstico	CE	7,10	25,0	734,6	-
Esgoto Doméstico	CE	9,05	0	733,5	-
Esgoto Doméstico	CE	9,05	5,0	735,23	-
Esgoto Doméstico	CE	9,05	10,0	736,37	-
Esgoto Doméstico	CE	9,05	15,0	737,83	-
Esgoto Doméstico	CE	9,05	20,0	736,83	-
Esgoto Doméstico	CE	9,05	25,0	738,17	-

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 05 - Remoção de N-total (%) em diferentes concentrações de coagulante e valores de pH, no tratamento de esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH inicial	Coagulante (mL L⁻¹)	Valor (mg L⁻¹)	Remoção (%)
Esgoto Doméstico	N-total	7,10	0	97	-
Esgoto Doméstico	N-total	7,10	5,0	140	- 44,33%
Esgoto Doméstico	N-total	7,10	10,0	141	- 45,36%
Esgoto Doméstico	N-total	7,10	15,0	180	- 85,57%
Esgoto Doméstico	N-total	7,10	20,0	225	- 131,96%
Esgoto Doméstico	N-total	7,10	25,0	261	- 169,07%
Esgoto Doméstico	N-total	9,05	0	94	-
Esgoto Doméstico	N-total	9,05	5,0	122	- 29,78%
Esgoto Doméstico	N-total	9,05	10,0	157	- 67,02%
Esgoto Doméstico	N-total	9,05	15,0	182	- 93,62%
Esgoto Doméstico	N-total	9,05	20,0	215	-128,72%
Esgoto Doméstico	N-total	9,05	25,0	234	- 148,94%

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 6 - Remoção de P-total (%) em diferentes concentrações de coagulante e valores de pH, no tratamento de esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH inicial	Coagulante (mL L⁻¹)	Valor (mg L⁻¹)	Remoção (%)
-----------------	------------------	-------------------	---------------------------------------	----------------------------------	--------------------

Esgoto Doméstico	P-total	7,10	0	0,087	-
Esgoto Doméstico	P-total	7,10	5,0	0,343	- 294.25%
Esgoto Doméstico	P-total	7,10	10,0	0,503	- 478.16%
Esgoto Doméstico	P-total	7,10	15,0	1,183	- 1259.77 %
Esgoto Doméstico	P-total	7,10	20,0	1,347	- 1448.28 %
Esgoto Doméstico	P-total	7,10	25,0	1,82	- 1991.95 %
Esgoto Doméstico	P-total	9,05	0	0,323	-
Esgoto Doméstico	P-total	9,05	5,0	0,377	- 16.72%
Esgoto Doméstico	P-total	9,05	10,0	0,777	- 140.56%
Esgoto Doméstico	P-total	9,05	15,0	0,833	- 157.89%
Esgoto Doméstico	P-total	9,05	20,0	1,243	- 284.83%
Esgoto Doméstico	P-total	9,05	25,0	1,797	- 456.35%

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 7 - Resultados das análises de pH final para o esgoto doméstico.

Efluente	Parâmetro	pH	Coagulante (mL L ⁻¹)	Valor	Remoção (%)
Esgoto Doméstico	pH final	7,10	0	7,12	-

Esgoto Doméstico	pH final	7,10	5,0	6,37	-
Esgoto Doméstico	pH final	7,10	10,0	5,58	-
Esgoto Doméstico	pH final	7,10	15,0	5,10	-
Esgoto Doméstico	pH final	7,10	20,0	4,84	-
Esgoto Doméstico	pH final	7,10	25,0	4,57	-
<hr/>					
Esgoto Doméstico	pH final	9,05	0	9,05	-
Esgoto Doméstico	pH final	9,05	5,0	8,30	-
Esgoto Doméstico	pH final	9,05	10,0	7,89	-
Esgoto Doméstico	pH final	9,05	15,0	7,50	-
Esgoto Doméstico	pH final	9,05	20,0	7,06	-
Esgoto Doméstico	pH final	9,05	25,0	6,46	-

Fonte: Autoria própria (2023)