

Pós-tratamento de efluente anaeróbio utilizando coagulante orgânico

André Hoffmann pinto (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Medianeira)
andrehop1@hotmail.com

Me. Fabio Orssatto (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Medianeira)
orssatto@utfpr.edu.br

Dr. Eduardo Eyng (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Medianeira)
eduardoe yng@utfpr.edu.br

Maritssani de Souza Robassa (Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Câmpus Medianeira)
maritssani@hotmail.com

Resumo:

O presente trabalho teve como objetivo estudar a remoção de turbidez em efluente proveniente de esgoto doméstico pelo uso de coagulante orgânico a fim de diminuir os níveis de contaminantes que serão lançados no corpo receptor reduzindo o impacto ambiental e aumentando a qualidade de vida da população de Medianeira, PR, Brasil. Para tanto, foram realizados vários ensaios de *jar-test* utilizando efluente de esgoto doméstico em escala de laboratório. Foram testadas diferentes dosagens do coagulante orgânico utilizando efluente proveniente de uma estação de tratamento de esgoto doméstico. Em seguida, foram estudados os efeitos do coagulante orgânico em relação ao parâmetro turbidez, os resultados encontrados mostraram que o coagulante orgânico foi eficiente, com índices de remoção estatísticos em torno de 76% em média e com 5% de significância e que, para essa remoção, alcançou um percentual de 0,8% de coagulante do volume total.

Palavras-chave: Coagulação; *Jar test*; Tratamento.

Wastewater treatment after anaerobic using coagulant organic

Abstract

The present work aims to study the treatment of effluent turbidity in domestic wastewater by using organic coagulant to reduce the levels of contaminants that will be launched in the receiving body reducing environmental impact and increasing the quality of life of population of Medianeira, PR, Brazil. To this end, several test-jar test using domestic sewage effluent on a laboratory scale were performed. Different organic coagulant dosages were tested using effluent from a treatment plant for sewage treatment. Then, the organic coagulant effects in relation to the turbidity were studied parameter, the results showed that the organic coagulant was efficient removal statistical indexes with around 76% on average and 5% significance and that, for this removal, one percentage reached 0.8% of the total volume of a coagulant.

Keywords: Coagulation; Jar test; Treatment.

1. Introdução

O Saneamento Básico, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), é o gerenciamento ou controle dos fatores físicos que podem exercer efeitos nocivos ao homem, prejudicando seu bem-estar físico, mental e social.

Segundo a ABNT, NBR 9648 (1986), “esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição parasitária”. Ainda segundo a mesma norma, esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

De acordo com o “mapa mental dos problemas de esgoto” da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) quando os esgotos não são coletados em redes ou adequadamente tratados nas estações de tratamento de efluentes (ETEs), ficando expostos ou lançados em estado bruto nos cursos d’água, podem gerar uma série de problemas, entre os quais: O estético que consiste na aparência desagradável do esgoto bruto correndo a céu aberto pelas ruas, servindo de criadouro de mosquitos, fonte de doenças e atrapalhando o trânsito das pessoas, doenças, estas são o que de pior os esgotos sem tratamento podem apresentar e, entre elas, podemos citar: Disenterias, leptospirose, dengue, varíola, amebíase, boubá, tétano, difteria, ascaridíase e outras, os odores que acontecem quando o esgoto doméstico fica retido por algum tempo, gerando odores desagradáveis, por conta de gases como o sulfídrico e outros. Já os esgotos industriais, por conterem substâncias odorantes, também têm o seu cheiro característico.

Hoje em dia, é comum ouvir que o de tratamento de esgoto é um trabalho que não pode ser mais adiado, significando, assim, que é um processo fundamental para manutenção dos cursos d’água, essenciais à estruturação e desenvolvimento de todos os tipos de seres vivos no planeta.

O tratamento dos esgotos domésticos tem como objetivo, principalmente: remover o material sólido; reduzir a demanda bioquímica de oxigênio; exterminar micro-organismos patogênicos; reduzir as substâncias químicas indesejáveis. Para Von Sperling (2005) “tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa à remoção dos sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento Terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário. O tratamento terciário é bastante raro no Brasil.”

Qual a necessidade de se adotar o tratamento terciário do esgoto?

Observa-se a necessidade de se utilizar o método terciário de tratamento quando o efluente do tratamento secundário ainda possui níveis de substâncias ou organismos que podem provocar problemas quanto ao equilíbrio do corpo receptor, ou mesmo a seres vivos que deste depende, ainda reduzir padrões de contaminação que mesmo atendendo a legislação vigente, irão reduzir os custos para o tratamento desse receptor posteriormente a níveis de potabilidade.

1.1 Impactos causados pelo lançamento do efluente

Segundo Von Sperling (2005) “um dos mais importantes aspectos de poluição das águas é aquele relacionado com o fator higiênico, associado às doenças de veiculação hídrica”....

Ainda, “Um corpo d’água receptor do lançamento de efluentes pode incorporar a si toda uma ampla gama de agentes transmissores de doenças. Este fato não gera um impacto à biota do

corpo d'água em si, mas afeta alguns dos usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento de água potável e balneabilidade”.

O lançamento de efluentes nos corpos d'água, sem tratamento ou tratamento inadequado pode causar vários inconvenientes, que se apresentam com maior ou menor importância, de acordo com os efeitos adversos que podem causar aos usos benéficos das águas. Assim a poluição causada aos corpos d'água pelo lançamento de efluentes, ou apenas parcialmente tratados, é função das alterações da qualidade ocasionadas no corpo receptor, e das implicações relativas às limitações aos usos da água. (JORDÃO; PESSOA, 2011).

1.2 Tratamento de efluente por coagulação

De acordo com Libânio (2010) o sulfato de alumínio destaca-se como o coagulante mais utilizado no Brasil no tratamento de água de abastecimento público, em razão da alta eficiência na remoção de sólidos em suspensão e pelo relativamente baixo custo de sua aquisição. Um problema relacionado ao uso do sulfato de alumínio é o lodo gerado, após o sal ser solubilizado, o cátion Al^{3+} será adsorvido no material sólido em suspensão, proporcionando em razão de um fenômeno físico-químico, a formação de flocos que se sedimentaram no tanque, proporcionando a clarificação da água em tratamento. O material sedimentado é, por esta razão, muito rico em alumínio, o que dificulta a disposição final deste material no meio ambiente.

De acordo com Lo Monaco *et al* (2010), elevadas concentrações de alumínio do meio podem ocasionar problemas à saúde humana, inclusive acelerando o processo degenerativo do mal de Alzheimer.

Para Silva *et al* (2007) a utilização de sais de alumínio proporciona consumo de alcalinidade da água em tratamento, acarretando custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção de seu pH.

A utilização de coagulantes naturais, de baixo custo financeiro, pode proporcionar atenuações nos problemas ligados ao consumo da água não potável e despejos de águas residuárias, sem tratamento, em corpos hídricos receptores (LO MONACO *et al*, 2010).

Neste contexto, Cardoso *et al* (2008) atesta que os coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos químicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais.

Muitos são os resultados de pesquisas comprovando a eficiência do coagulante orgânico na remoção de cor e turbidez de águas residuárias.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada na cidade de Medianeira situada a oeste do estado do Paraná, Brasil nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Para determinar a eficiência do tratamento, analisou-se o efluente “IN-NATURA” e o efluente tratado. Foram coletadas amostras em uma ETE do município em questão. O parâmetro analisado foi a turbidez das amostras. Para analisar as amostras coletadas tanto de efluente bruto quanto as tratadas com as diversas dosagens de coagulante, utilizou-se o turbidímetro portátil modelo AP2000, marca *policontrol*.

O coagulante experimentado é um coagulante orgânico, porém sua composição é guardada por segurança industrial assim não sabendo sua real composição.

O coagulante adicionado à água produz flóculos, no entanto é necessário aumentar seu volume, seu peso e, sobretudo sua coesão. A metodologia aplicada foi a do *jar test*, que

consiste em um teste de jarros, onde o espessamento do flóculo é auxiliado por meio de uma difusão rápida e completa de coagulante, no momento da sua aplicação (agitação enérgica, porém de curta duração), seguida por uma agitação homogênea e lenta do conjunto com o fim de aumentar as possibilidades para que as partículas coloidais neutras se encontrem com as partículas do flóculo. Foi adicionado 1/2 litro da amostra de efluente com o auxílio de uma proveta, a cada um dos 4 copos békuer de 2 L. Juntou-se a cada amostra simultaneamente dosagens iguais de coagulante orgânico, que foram analisadas. As amostras ficaram sob agitação durante 5 minutos a 200 rpm para coagulação, e em seguida baixou-se a velocidade para 50 rpm por mais 5 minutos para floculação. Desligaram-se os agitadores após 10 minutos de agitação e deixou-se decantar por 5 minutos. Foram repetidas estes testes por quatro vezes com dosagens de 3 mL, 4 mL, 5 mL e 6 mL de coagulante, cada dosagem foi feita em 4 béqueres simultâneos para ter valores de referências para as análises estatísticas. A figura 1 representa uma das análises feitas em laboratório com o *jar test*.



Figura 1 - Procedimento de *jar test* com coagulante orgânico em esgoto.

2.1 Delineamento Experimental

Delineamento experimental é o componente da estatística experimental que trata do planejamento amostral. Para Panosso e Malleiros (2013), o delineamento experimental ou desenho experimental, de uma forma bastante simples, é a forma em que os tratamentos (níveis de um fator ou combinações de níveis de fatores) são atribuídos às unidades experimentais. Neste trabalho o delineamento experimental utilizado foi o experimento inteiramente casualizado (DIC).

2.2 Análise de Variância (ANOVA)

A análise de variância – ANOVA é um teste estatístico amplamente difundido entre pesquisadores e visa, fundamentalmente, verificar se existe uma diferença significativa entre as médias dos tratamentos e se estes fatores exercem influência em alguma variável dependente.

Segundo Mucelin (2006) “a principal aplicação da ANOVA é a comparação de médias oriundas de grupos diferentes, também chamados tratamentos...”. Neste trabalho usou-se a análise de variância com nível de 5% de significância.

2.3 Teste de Comparação de Médias

Os testes de comparação de médias têm por objetivo verificar se as diferenças entre as médias dos tratamentos em estudo possuem diferença significativa a determinado nível de

significância. A lógica dos testes de comparação de médias consiste em estabelecer a diferença absoluta entre médias e compará-la com um valor determinado por um método específico adotado, comumente determinado diferença mínima significante (dms). Como decisão, toda vez que o valor absoluto da diferença entre duas médias seja maior ou igual à diferença mínima significante, significa que as médias são consideradas estatisticamente diferentes ao nível de significância adotado (MUCELIN, 2006).

Foram realizadas as análises estatísticas de mínimo e máximo, media, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação. O teste utilizado neste trabalho foi o de Tukey com 5% de significância. Para analisar esses dados foi utilizado o Software Livre R de aplicação estatística.

3. Resultados e discussão

Através dos testes realizados em laboratório obtiveram-se os seguintes resultados das leituras do turbidímetro, tendo com referência o esgoto IN NATURA contendo 777 unidades nefolométrica de turbidez (UNT), conforme a Tabela 1.

Tratamentos	Jar test 1	Jar test 2	Jar test 3	Jar test 4
3 mL	235 UNT	241 UNT	193 UNT	190 UNT
4 mL	174 UNT	188 UNT	205 UNT	198 UNT
5 mL	171 UNT	146 UNT	167 UNT	176 UNT
6 mL	186 UNT	167 UNT	169 UNT	174 UNT

Tabela 1. Resultados dos testes laboratoriais, tratamentos

Comparando com o esgoto bruto que possui 777 UNT, as análises tiveram os seguintes resultados quanto à eficiência do coagulante, conforme Tabela 2.

Tratamentos	Jar test 1	Jar test 2	Jar test 3	Jar test 4
3 mL	69,75%	69,00%	75,16%	75,54%
4 mL	77,60%	75,80%	73,61%	74,51%
5 mL	78,00%	81,20%	78,50%	77,35%
6 mL	76,06%	78,50%	78,24%	77,60%

Tabela 2. Resultados de eficiência de remoção de turbidez do coagulante orgânico em percentual

Observando-se a Tabela 2 verifica-se que as dosagens apresentaram valores diferentes de eficiência de remoção de turbidez com um valor mínimo de remoção encontrado no jar test 1 com 3 mL de coagulante e o Máximo no jar test 2 com 5 mL de coagulante, no restante ocorreram valores muito aproximados no percentual de remoção e com a maior dosagem em questão as variáveis de remoção mantiveram um valor aproximado não diferente das demais dosagens.

3.1 Análise de estatística descritiva

Em análise de estatística descritiva, para as amostras, obtiveram-se os seguintes resultados conforme a Tabela 3.

Mínimo	Maximo	1º quartil	3º quartil	Media	Medina	DP*	CV**
69,00	81,20	75,00	78,06	76,03	76,70	3,1879	4,1932

*D.P.: Desvio Padrão; **C.V.: Coeficiente de Variação (%)

Tabela 3. Estatística Descritiva das Amostras do Experimento.

A mínima remoção encontrada foi de 69,00 com 3mL de coagulante.

A máxima remoção encontrada foi de 81,20 com 5mL de coagulante para a segunda repetição de teste.

A média amostral calculada para eficiência de remoção foi de 76,03.

O 1º Quartil é de 75,00, o que corresponde que 25% dos valores de remoção encontram-se abaixo desse valor e o 3º Quartil é igual a 78,06, ou seja, 25% dos valores são maiores que este.

A mediana foi de 76,03 indicando que 50% da eficiência de remoção está acima desse valor e a outra metade abaixo.

O desvio padrão amostral calculado para a amostra é de 3,1879.

O coeficiente de variação calculado para a amostra é 4,1932%.

A Figura 2 apresenta o gráfico *Bloxplot* para as quatro variáveis em estudo.

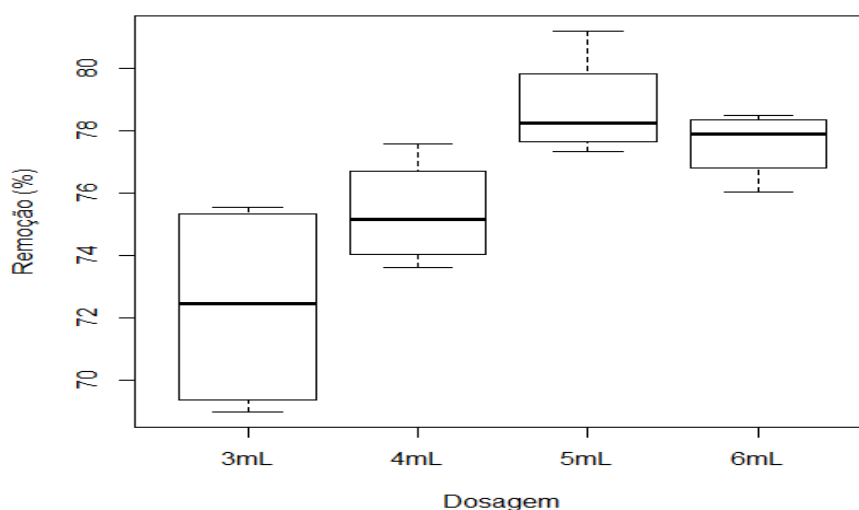


Figura 2. Gráfico Bloxplot para os tratamentos em relação à variável remoção.

Observa-se através dos gráficos que as dosagens apresentam remoções diferentes entre si e que a dosagem de 5 mL foi a que demonstrou maior remoção.

Também se pode observar que, analisando individualmente cada gráfico, as variedades não apresentam pontos discrepantes em seus conjuntos de dados.

3.2 Análise de variância.

Para a análise de variância formulou-se as seguintes hipóteses:

- H0: As eficiências de remoção das diferentes dosagens de coagulante são iguais entre si;
- H1: As eficiências de remoção das diferentes dosagens de coagulante não são iguais entre si;

A Tabela 4 apresenta a ANOVA do conjunto de dados.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F calculado	P valor
Variedade	2	95,218	31,739	6,6555	0,006755
Resíduo	12	57,227	4,769		
Total	14	152,445			

Tabela 4. Análise de variância - ANOVA do conjunto de dados.

Através da ANOVA, observa-se que o grau de liberdade total para os resíduos é maior que 10, garantido que o número de repetições para cada tratamento utilizado no experimento é adequando.

Comparando o valor F calculado (6,6555) com o F tabelado (3,89) rejeita-se, com 5% de significância, a hipótese nula (H_0), ou seja, conclui-se que ao menos uma das dosagens de coagulante exerce influência sobre eficiência média de remoção.

O P valor corrobora com a conclusão obtida com o valor de F, pois se encontra abaixo de 0,05 ($0,006755 < 0,05$) indicando que a 5% de significância ao menos um dos tratamentos é diferente em média.

3.4 Teste de tukey.

De acordo com Oliveira (2008), o teste de Tukey, baseado na amplitude total estudentizada (“studentized range”, em inglês) pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. O teste é exato e de uso muito simples quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos.

A Tabela 5 traz o resultado do teste de comparação de médias de Tukey com 5% de probabilidade para a variável resposta eficiência de remoção.

Tratamento	Médias	Comparações
3 mL	72,36	b
4 mL	75,38	ab
5 mL	78,76	a
6 mL	77,06	a

Tabela 5. Resultados do teste de Tukey para a variável resposta.

Pode-se observar na Tabela 5 que a quantidade de 5 mL de coagulante apresenta a maior eficiência de remoção média e igual estatisticamente, com 5% de significância, dos tratamentos com 6 mL e 4 mL e diferente do tratamento com 3 mL. Os tratamentos com 4 mL e 3 mL apresentaram média de eficiência de remoção estatisticamente similares entre si mas o tratamento com 3 mL difere dos tratamento com 5 mL e 6 mL. Essas informações são representas graficamente na Figura 3.

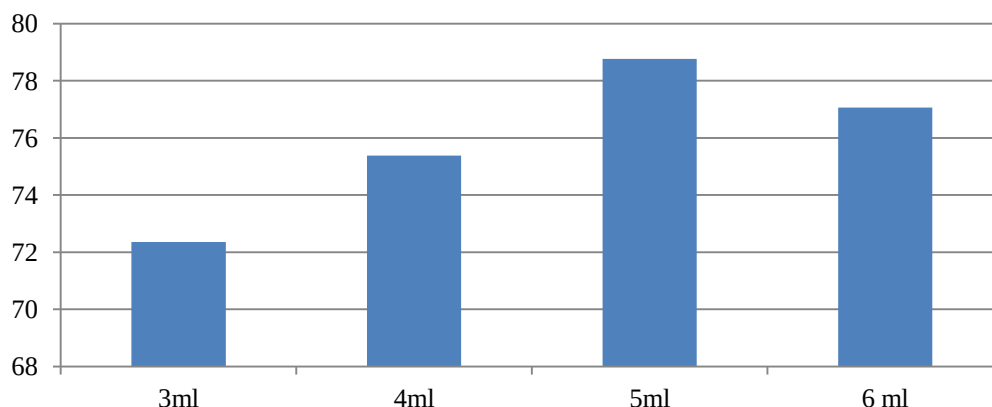


Figura 3. Teste Tukey de comparação de médias para a variável resposta eficiência de remoção.

4. Conclusões

Levando em conta o tema sustentabilidade conclui-se que o coagulante orgânico propõe uma solução ambientalmente correta, pois se trata de um produto biodegradável, sem toxicidade para o meio.

Sobre os resultados encontrados em relação à remoção do parâmetro turbidez, o coagulante orgânico mostrou-se eficiente com índices de remoção estatísticos em torno de 76% em média e com 5% de significância o que nos mostra que, economicamente, a dosagem recomendada é de 4 ml do coagulante para um total de 500ml a ser tratado, mesmo com a dosagem de 5ml ser a que mais removeu, pois estas não diferem-se entre si, para essa situação podemos concluir que para tratar o parâmetro turbidez em um volume de esgoto doméstico é necessário 0,8% desse volume de entrada de coagulante orgânico para alcançar 76% em média de remoção de turbidez.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648:** *Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E. S.; MORAES, L. C. K.** *Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/ floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera Lam.* Acta Sci. Tech., v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.** *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 6ª edição Rio de Janeiro: ABES, 2011.
- LIBÂNIO, M.;** *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*, 3ª edição - Editora - Átomo e Alínea, Campinas - São Paulo, 2010.
- LO MONACO, P. A. V. et al.** *Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias*. Ambi – água, Taubaté, v.5, n.3, p.221 – 231, 2010. (doi: 104136/ambi-agua.164). Disponível em: www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/.../785, acesso em 15 set 2015, 20:00.
- MUCELIN, Carlos A.;** *Estatística elementar e experimental aplicada às tecnologias*. 2ª ed, medianeira – Pr: VALERIO, 2006.
- OLIVEIRA, A.F.G.** *Testes estatísticos para comparação de médias*. Revista Eletrônica Nutritime, v.5, n. 6, p.777-788, 2008.
- PANOSSO, A.R.; MALHEIROS, E.B.;** *Delineamentos experimentais. Apostila de Energias Renováveis da Universidade Federal Rural do Semi-árido*. Mossoró, 2013. Disponível em: http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/215/ApostilaEEAR_Cap3.pdf. acesso em 22 de janeiro de 2014.

SILVA, M. E. R; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. *Pós-tratamento de efluentes provenientes de reator anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não naturais.* Revista Tecnologia, v. 28, n.2, p. 176-190, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ; *Mapa mental dos problemas de esgoto:* Disponível em: www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma13.htm. Acessado em 22/12/2013.

VON SPERLING, M. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.* Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005