

# MELHORIA NA QUALIDADE DE ÁGUAS RESIDUAIS UTILIZANDO ARGILA COMO COAGULANTE NATURAL

## IMPROVEMENT IN THE QUALITY OF WASTE WATERS USING CLAY AS A NATURAL COAGULANT

**Francisco Juliel Sebastião da Rocha**

Discente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

**Francisco Rene Ribeiro Freitas**

Discente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

**Leonardo Silva Rocha**

Discente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

**Rayanne de Freitas Costa Alves**

Discente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

**Victor Augusto Alencar Vieira**

Discente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

**Carla Bastos Vidal**

Docente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

**Jefferson Pereira Ribeiro**

Docente Centro  
Universitário Fametro  
(UNIFAMETRO)

*Resumo expandido  
premiado como melhor  
Comunicação Oral da área  
de Exatas e 3º lugar no VIII  
Encontro de Iniciação à  
Pesquisa.*

### RESUMO

**Introdução:** A contaminação dos corpos hídricos proveniente dos efluentes industriais é uma fonte de preocupação constante atualmente. Existem vários problemas envolvendo estações de tratamento de águas residuais, especialmente no que diz respeito aos custos para o tratamento. **Objetivo:** O presente trabalho é referente a utilização da argila montmorilonita (MMT), sendo esta, uma alternativa técnica-econômica para os tratamentos dos resíduos líquidos. **Métodos:** Para os tratamentos foram avaliados a ação do mineral argila como agente coagulante, juntamente com o sulfato de alumínio e qual teve maior eficiência para manter os parâmetros de qualidade estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras. **Resultados:** Os resultados evidenciaram que a amostra submetida ao tratamento contendo ambos, sulfato de alumínio e argila montmorilonita (MMT) tiveram maior eficiência para remoção da cor azulada, a condutividade e pH dentro dos parâmetros. Já para o parâmetro de turbidez, a melhor amostra foi somente com sulfato de alumínio. **Conclusão/Considerações finais:** A utilização de argila combinada com sulfato de alumínio mostrou-se eficiente para adequar o tratamento aos parâmetros exigidos pelas Normas Regulamentadoras.

**Palavras-chave:** Coagulação. Efluentes industriais. Argila.

### ABSTRACT

**Introduction:** The contamination of water bodies from industrial effluents is a source of constant concern today. There are several problems involving wastewater treatment plants, especially with regard to treatment costs. **Objective:** The present work refers to the use of montmorillonite clay (MMT), which is a technical-economical alternative for the treatment of liquid waste. **Method:** For the treatments, the action of the mineral clay as a coagulating agent was evaluated, together with aluminum sulfate, and which was more efficient to maintain the quality parameters established by the Regulatory Norms. **Results:** The results showed that the sample submitted to treatment containing both aluminum sulfate and montmorillonite clay (MMT) had greater efficiency in removing the bluish color, conductivity and pH within the parameters. As for the turbidity parameter, the best sample was only with aluminum sulfate. **Conclusion:** The use of clay combined with aluminum sulfate proved to be efficient to adapt the treatment to the parameters required by the Regulatory Standards.

**Keywords:** Industrial effluents. Clay. Coagulant.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo uma pesquisa realizada pelo Grupo de Economia, Infraestrutura e Soluções Ambientais, os resíduos industriais são sete vezes mais poluentes que o esgoto doméstico. O efluente industrial se constitui de todo o despejo líquido gerado nas diversas etapas de um processo produtivo e conforme a NBR 9800/1987, os resíduos líquidos industriais são “despejos provenientes das áreas de processamento industrial, incluindo os originados nos processos de produção, águas de lavagem de operação de limpeza e outras fontes, que apresentem poluição por produtos utilizados ou produzidos no estabelecimento industrial”. Ficando sobre a responsabilidade da Indústria a realização do tratamento de seus efluentes, evitando assim, a sobrecarga no sistema público e a contaminação de solos e águas superficiais.

Certamente, há uma hesitação por parte das Empresas para tomada de decisão, visto que, o tratamento pode ser mais oneroso, quando comparado ao simples descarte. Portanto, a escolha das etapas de tratamento pode contribuir para a diminuição do custo do processamento e acima de tudo garantir uma maior qualidade da água residual tratada. Um dos mais presentes nas Estações de Tratamento de Águas Residuais – ETAR, é o processo de coagulação, pois nessa fase são tratadas impurezas cujas partículas são coloidais, isto é, possuem diâmetro médio entre 1 e 1000 nm (HASSEMER; DALSSASSO; SENS, 2001). Por serem muito pequenas, elas não sedimentam sob a ação da gravidade, necessitando da ação de agentes coagulantes, tais como as argilas, que se destacam dentre os coagulantes naturais pela sua capacidade técnico-econômica decorrente da sua abundância, granulometria e dos seus potenciais de adsorção, sendo este último, uma alternativa ao uso de carvão ativo na remoção de corantes e outras partículas coloidais.

A argila é um material natural, formado por grãos terrosos, de granulometria fina

e extremamente pequena, chegando a ser inferior a 2  $\mu\text{m}$  e são constituídas essencialmente de argilominerais, podendo conter quartzo, mica, feldspato, além de matéria orgânica e impurezas. Nos últimos anos, vem-se tornando crescente o interesse científico e tecnológico em torno das argilas por proporcionar melhorias significativas quando incorporadas em materiais poliméricos puros e/ou compósitos convencionais, devido a sua composição, estrutura e propriedades fundamentais.

Um tipo de argila que vem sendo bastante estudada é a montmorilonita (MMT) que é um argilomineral composto por camadas estruturais constituídas por duas folhas tetraédricas de sílica e uma folha central octaédrica de alumina, unidas entre átomos de oxigênio comum a ambas as folhas, possuindo 80% dos cátions trocáveis nas galerias e 20% nas superfícies laterais. Estas lamina por sua vez podem se encaixar para formar camadas, compostas por duas ou mais lâminas, de várias maneiras, dando origem às estruturas dos argilominerais. O processo de modificação das argilas ocorre preferencialmente através da troca iônica dos cátions trocáveis da sua estrutura cristalina.

O fenômeno de adsorção envolve a concentração espontânea de um fluido ou um gás sobre a superfície de um sólido, devido a existência de forças atrativas não compensadas na superfície do mesmo. Este processo é um dos mais eficientes para o tratamento de águas residuais, ganhando importância na etapa de coagulação nas Estações de Tratamento de Água – ETA e Estações de Tratamento de Águas Residuais – ETAR, a fim de reduzir os níveis de compostos tóxicos e metais pesados despejados no meio ambiente (PUC-RIO, [2019?]).

A capacidade adsortiva dos materiais irá depender de alguns fatores, tais como, a estrutura interna e forma do material, o volume e a distribuição dos poros na superfície, o método de ativação do material, o pH e a temperatura da reação, o tempo de contato

entre o adsorvente e adsorvato, dentre outros fatores que podem dificultar ou facilitar o processo (SANTOS, 1989; BRASIL, 2005). Tal processo ocorre em quatro etapas, a primeira é o transporte do seio da solução até a camada limite do sólido. A segunda é o transporte por difusão através da camada limite, seguindo para a terceira etapa com o transporte através dos poros o adsorvente. Por fim, a quarta etapa ocorre à adsorção propriamente dita, com a ligação do adsorbato em um interstício disponível.

O surgimento do processo se dá pela adesão de átomos, íons ou moléculas de um gás, líquido ou sólido dissolvido a uma superfície, criando uma película do adsorvato na superfície do adsorvente e devido à presença de forças desequilibradas ou residuais na superfície de fase líquida ou sólida. Tal desequilíbrio tem tendência para atrair e reter as espécies moleculares com as quais entra em contato com a superfície. No processo de tratamento do efluente têxtil foram utilizados dois coagulantes, argila montmorilonita (MMT) e o sulfato de alumínio, onde os íons  $Al^{3+}$  interagem com os íons hidroxila ( $OH^-$ ) presentes no meio, formando polieletrólitos de alumínio. Esses por sua vez reagem com as impurezas do efluente carregadas negativamente por forças eletrostáticas, possibilitando, assim, a formação de flóculos que são depositados por ação da gravidade no fundo do recipiente. A argila montmorilonita (MMT) que por apresentar grande área superficial e carga parcial levemente negativa tende a interagir com impurezas que possuem características polares, possibilitando a ocorrência do processo de adsorção.

A presente pesquisa objetiva avaliar o desempenho da argila montmorilonita (MMT) em um sistema de tratamento de efluente industrial, analisando a capacidade da mesma como um adsorvente na remoção de partículas coloidais, assim como, qual dos três experimentos realizados tiveram maior eficiência de tratamento. Para salientar a importância desta pesquisa é necessário com-

preender que sem o devido tratamento dos efluentes aumenta o risco à saúde da população, compromete a prática agrícola e ameaça a fauna e a flora locais.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Química de Alimentos, na Unidade I do Centro Universitário Fametro, utilizando um efluente têxtil, também nomeado como efluente azul devido a sua coloração. Dentre os variados agentes coagulantes, as argilas foram escolhidas, devido a sua alta porosidade que oferecem a possibilidade de purificação de compostos químicos.

Os experimentos foram realizados com dois coagulantes diferentes, sendo no primeiro experimentos utilizados 150 mL do efluente têxtil adicionados com 3g de argila montmorilonita; para o segundo foram usados 150 mL do efluente têxtil adicionando a solução de sulfato de alumínio, sendo dessa solução 50g de  $Al_2(SO_4)_3$  diluídos em 1 litro de  $H_2O$  e por último o terceiro experimento foram usados 150 mL do efluente têxtil adicionando 12 mL da solução de sulfato de alumínio  $Al_2(SO_4)_3$  e 3% de argila montmorilonita.

Os equipamentos utilizados nos experimentos foram agitadores magnético, barra magnética para agitação (peixinho), funil, papel filtro, Bécker de 500 mL, pipeta graduada, vidro de relógio, pisseta, turbidímetro, espectrofotômetro, condutivímetro e pHmetro. O experimento foi dividido em duas etapas, das quais constam da realização dos experimentos com o efluente residual e uma semana depois foi realizada a coleta de dados sobre eficiência do tratamento.

Antes de iniciar o processo de tratamento do efluente têxtil foi realizada a coleta dos parâmetros de turbidez, cor, potencial hidrogeniônico - pH e condutividade da amostra. Inicialmente foi realizada a distribuição de 150 mL do efluente têxtil em cada um dos três béqueres, com 500 mL de capacidade, enumerando as amostras de 1 a 3. No

primeiro béquer foi adicionado de 3 gramas da argila montmorilonita (MMT), já para o segundo foram adicionados 12 mL da solução de sulfato de alumínio,  $Al_2(SO_4)_3$ , sendo 50 gramas de sulfato diluídos em 1 litro de água. No terceiro béquer foram adicionados 12 mL da solução de 3% de argila, equivalente a 3 gramas com  $Al_2(SO_4)_3$ . Após completar as soluções para o tratamento é dado início a fase de agitação, sendo inserido em cada béquer uma pequena barra magnética (peixinho). A agitação magnética foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, ocorreu o processo de coagulação, que teve duração de até 2 minutos. Antes do início para a segunda etapa foi dado uma pausa de aproximadamente 2 minutos. Depois de passado o tempo determinado, foi dado início ao processo de floculação com utilização de uma agitação lenta, com duração de 15 minutos. Atentando-se que durante este proces-

so não deve haver quebra nos flóculos formados. Na última etapa, a agitação deve ser interrompida para que ocorra o processo de sedimentação/decantação dos flóculos durante cerca de uma semana.

A segunda etapa do Estudo de Caso ocorreu com a coleta dos dados após sete dias no processo sedimentação/decantação dos flocos. Nesta etapa foi realizada a filtragem das três amostras tratadas e posteriormente a coleta dos dados relacionados a cor, turbidez, condutividade e pH.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes da realização do tratamento do efluente, foi realizada análise da amostra (dados apresentados na tabela 01). Após o tratamento das amostras que continha o efluente têxtil foram obtidos novos parâmetros para cor, turbidez, condutividade e pH. (tabela 02)

Tabela 01 - Características coletadas do efluente industrial antes do tratamento.

Efluente Têxtil	Cor (uH)	Turbidez (ut)	Condutividade ( $\mu$ s/cm)	pH
	0,367	47,22	1156,00	9,20

Fonte: Autores.

Tabela 02 - Resultados dos parâmetros após realização do tratamento.

Amostra	Cor (uH)	Turbidez (ut)	Condutividade ( $\mu$ s/cm)	pH
1	0,150	0,830	2.239,00	9,070
2	0,068	0,760	2.300,00	9,320
3	0,063	2,480	2.184,00	9,020

Fonte: Autores.

Segundo Norma Brasileira - NR 9800, referente aos critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário, o potencial hidrogeniônico de um efluente deve ser em torno de 6 a 10, ou seja, entre neutro e básico. A faixa recomendada de pH na água para uso doméstico é em torno de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2005). E conforme os dados coletados antes e depois do tratamento os valores aferidos para

este parâmetro estão em conformidade com a norma, apresentando pH de 9,07 para a amostra 1; 9,32 para a amostra 2; e 9,02 para a amostra 3. Não sendo necessária a realização da correção de pH no meio.

Já para os parâmetros de cor, que conforme a Resolução Conama nº 357 de 2005, a cor verdadeira deve ser até 75 mg Pt/L, equivalente a 75 uH para águas de classe 2, o efluente tratado também está dentro das

conformidades, pois apresentou 0,150 uH para a amostra 1, 0,068 uH para a amostra 2 e 0,063uH para a amostra 3. Porém o efluente têxtil contém um corante artificial que confere ao mesmo uma coloração azul, o que não é permitido pela Resolução Conama nº357 (2005), devendo, portanto, o mesmo ser tratado por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais (BRASIL, 2005). Para a turbidez, a resolução Conama Nº 357 (2005) normaliza até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT), equivalente a 40 uT, para águas doces de classe 1 (BRASIL, 2005). O

efluente analisado apresentou, após o tratamento realizado, valores menores que 2,5 uT. Sendo a amostra 2 a que teve maior eficiência de tratamento para esse parâmetro, contabilizando 0,760 uT. Nessa amostra continha somente sulfato de alumínio. Para o cálculo da eficiência, foram utilizados os dados coletados inicialmente, conforme a fórmula:

$$E_{\%} = \frac{(Di-Df)}{Di}$$

Na tabela 03 constam os resultados aferidos.

Tabela 03 - Eficiência dos tratamentos realizados.

Amostra	Cor	Turbidez	Condutividade	pH
1	59,12%	98,24%	93,68%	1,41%
2	81,48%	98,40%	98,96%	1,30%
3	82,84%	94,74%	88,92%	1,96%

Fonte: Autores.

Após cálculos de eficiência percebe-se um aumento significativo de condutividade em todas as amostras, sendo que o maior percentual foi na amostra de número 2, com 98,96%, como mostra na tabela 03. Na legislação brasileira não consta de tolerâncias para este parâmetro ser tido como aceitável. Porém, deve-se notar as oscilações na condutividade da água, mesmo que ainda não causem dano imediato a saúde humana, podem indicar tanto uma contaminação do meio aquático por efluentes industriais como o assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar. (BRASIL, 2005)

As amostras que apresentaram melhor eficiência de tratamento, nos três dos quatro parâmetros, foram os que utilizaram a argila montmorilonita. Para a redução de cor a amostra com maior eficiência foi a de número 3, apresentando um valor de 0,063 uH com redução percentual de 82,84%. Com relação ao parâmetro de turbidez, a amostra com maior eficiência foi a de número 2, que continha somente a solução de sulfato de

alumínio, tendo uma redução de 98,40% das partículas coloidais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÃO

Dessa forma pode-se concluir que a utilização de argila como coagulante natural obteve a eficiência necessária para adequar o tratamento aos parâmetros exigidos pelas Normas Regulamentadoras. Quando adicionada a outro coagulante, em específico o sulfato de alumínio, a argila adquire uma eficiência maior nas amostras, onde anteriormente não tinham obtido uma grande eficiência, para a redução de partículas coloidais. Ou seja, o tratamento feito com a argila Montmorilonita (MMT) juntamente com a solução de sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), foi a melhor opção dentre os três métodos abordados. Tendo em vista que o custo de ter ambos no processo de tratamento pode ser oneroso, é recomendada a utilização somente da argila, pois mesmo não tendo uma maior eficiência como teve quando foi utilizada com o sulfato

de alumínio, ainda assim, apresentou bons resultados e ficou dentro dos parâmetros exigidos, tornando o tratamento mais viável devido a sua abundância na natureza.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. 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. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2019.

HASSEMER, M. E. N.; DALSSASSO, R. L.; SENS, M. L. Processo físico-químico para indústria têxtil. **Revista Saneamento Ambiental**, n.81, p.28-34, 2001.

PUC-RIO. **Adsorção**. [2019?]. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14605/14605\\_5.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/14605/14605_5.PDF)>. Acesso em: 17 maio 2019.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia das argilas**. 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1989. v. 1.