

II-576 – TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL PARA SERIGRAFIA DE PEQUENO PORTE

Allan Rios Bezerra ⁽¹⁾

Acadêmico de Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco.

Fernando Jorge Correa Magalhães Filho ⁽²⁾

doutorando em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Priscila Sabioni Cavalheri ⁽³⁾

Mestrado em Química Orgânica pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Marinha, 445 – Coophavilla II – Campo Grande - MS - CEP: 79097-210 - Brasil - Tel: (67) 99824-3760 - e-mail: allan_rb@hotmail.com

RESUMO

Prevenir a poluição decorrente de atividades industriais é um dos mais delicados dilemas da civilização. Sendo assim, a indústria ganha mais espaço, traz progresso e melhores condições de vida para a população, porém, o desenvolvimento sem um correto sistema de controle da poluição gera degradação da qualidade ambiental, podendo trazer danos à saúde da população. Isto é, com o aumento do consumo de produtos, existe o conseqüente aumento da degradação da qualidade ambiental e a busca por tecnologias que tragam compatibilidade entre produção e preservação da qualidade ambiental vem sendo cada vez mais estudada. Vários podem ser os tipos de indústrias, gerando diversos tipos de poluição. No ramo da indústria têxtil uma das principais preocupações é referente a geração de efluentes, que podem ser provenientes de diversas atividades, como tingimento de tecidos, lavagem de tecidos, ou até mesmo os que possuem como insumo a emulsão e a tinta têxtil pastosa, ambos gerados na atividade de serigrafia dentro do ramo têxtil. Para o trabalho proposto, adotamos como foco do estudo o efluente de uma indústria de serigrafia, possuindo elevadas concentrações de cor e sólidos em seus efluentes. Adotando o sistema de tratamento de efluentes por coagulação/floculação e utilizando o coagulante sulfato de alumínio, a maior eficiência de tratamento foi encontrada na concentração de 1000mg/L de coagulante, juntamente ao carbonato de cálcio na concentração de 600mg/L para estabilização do pH. O sistema de tratamento alcançou eficiência de 94% na remoção de cor e 85% na remoção de sólidos totais.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente industrial, Caracterização do efluente, Ensaio de tratabilidade.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, constante evolução tecnológica e conseqüente alteração dos hábitos de nossa sociedade, a atividade humana vem gradativamente ampliando a sua capacidade de alteração do meio ambiente. (VON SPERLING, 1996).

Prevenir a poluição decorrente de atividades industriais é um dos mais delicados dilemas da nossa civilização, uma verdadeira encruzilhada: por um lado, o surgimento da indústria moderna significa progresso e melhores condições de vida para a população; por outro lado, o potencial consumo de matéria prima e a potencial poluição que geram no meio ambiente (GIORDANO, 2009).

As características dos efluentes industriais geralmente são bastante complexas e variam essencialmente com o tipo de atividade e com o processo industrial utilizado. Em particular, na indústria têxtil, existem diferenças nas caracterizações desses efluentes devido aos diferentes tipos de fibras utilizados nas confecções de fios ou tecidos, ou seja, para cada tipo de fibra utilizado, têm um tipo de efluente, cada um com suas próprias características (SILVA, 2007).

Dentre as atividades industriais têxteis, existem diferentes ramos geradores de efluentes, uma delas seria a indústria serigráfica, onde ocorre um processo de tingimento do tecido, diferentemente das outras atividades geradoras de efluente têxtil que possuem como principal insumo o corante em forma líquida para o tingimento de tecidos. A serigrafia apresenta como insumos a tinta têxtil em forma pastosa e a emulsão fotossensibilizante.

As pesquisas relacionadas ao ramo da serigrafia são escassas, destacando o estudo utilizado por Abreu (2015) utilizando o sistema de eletrocoagulação alcançando uma eficiência de remoção de 96%. Porém as características do efluente gerado continuam desconhecidas, logo faz-se necessário a caracterização do mesmo para a escolha do sistema de tratamento mais efetivo.

Os efluentes gerados pela indústria serigráfica apresentam uma alta concentração de cor presente em seus efluentes, logo foi proposto um sistema de tratamento de efluentes por coagulação/floculação com base nos resultados encontrados com a caracterização do efluente.

OBJETIVO GERAL

Propor uma alternativa de tratamento das águas residuárias de uma indústria serigráfica de pequeno porte visando o reuso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o efluente nas linhas de produção;
- Avaliar os ensaios de tratabilidade nas linhas de produção de efluente;

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do efluente

O empreendimento está localizado no município de Campo Grande, a localização exata foi mantida em sigilo devido ao acordo feito com o proprietário da indústria. Foi verificado através de visitas com registro fotográfico o sistema atual de tratamento e disposição final dos efluentes da indústria de serigrafia.

Para alcançar o objetivo do trabalho foram feitas visitas até a indústria de serigrafia conforme pode ser visualizado na tabela 1, para avaliar as características do processo produtivo, identificar onde são formadas as linhas de efluentes, e quais são os insumos utilizados no processo produtivo.

Após o acompanhamento do processo produtivo, foram coletadas amostras para análise das características desses efluentes.

Tabela 1 – Objetivos das visitas realizadas.

Dia	Objetivo	Amostra	Tipo de efluente
Dia 1 (04/09/2015)	Acompanhar o processo produtivo	-	-
Dia 2 (08/09/2015)	Diagnóstico do sistema atual	-	-
Dia 3 (04/02/2016)	Coleta das amostras para caracterização	A1 B1	Insumo de tinta têxtil Insumo de emulsão
Dia 4 (10/03/2016)	Coleta das amostras para caracterização	A2 B2	Insumo de tinta têxtil Insumo de emulsão
Dia 5 (03/06/2016)	Coleta das amostras para caracterização	A3 B3	Insumo de tinta têxtil Insumo de emulsão
Dia 6 (08/08/2016)	Coleta das amostras para ensaios de tratabilidade	A4 B4	Insumo de tinta têxtil Insumo de emulsão
Dia 7 (09/08/2016)	Coleta das amostras para ensaios de tratabilidade	A5 B5	Insumo de tinta têxtil Insumo de emulsão

Os dados e informações foram adquiridos através de uma visita a indústria de serigrafia para acompanhar o processo em cada etapa de produção, como pode ser visualizado na figura 1. O acompanhamento do processo começou juntamente com o horário de funcionamento da indústria, iniciando a visita no horário de abertura, as 8:00 horas e encerrando somente no final do expediente de trabalho as 21:00 horas.

As análises dos parâmetros foram realizadas com base nos estudos referentes a efluente têxtil feitos por Beltrame (2000), onde, no caso de efluentes provenientes de atividade têxtil a caracterização deve ser feita através dos parâmetros físico e químicos.

As análises foram feitas através de dois métodos, “in loco” utilizando a sonda multiparâmetros Hanna, e para os parâmetros que não podem ser analisados pela sonda foram coletados e analisados em laboratório conforme a tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Parâmetros analisados

Parâmetros a serem analisadas		
Parâmetro	Unidade	Método de análise
Cor	uH(Unidade Hazen)	S.M.E.W.W
Turbidez	uT (Unidade de turbidez)	Sonda Hanna
pH	-	Sonda Hanna
Nitrogênio	mg/L	S.M.E.W.W
Fósforo	mg/L	S.M.E.W.W
Oxigênio Dissolvido	mg/L	Sonda Hanna
Sólidos totais	mg/L	S.M.E.W.W
Sólidos voláteis	mg/L	S.M.E.W.W
Sólidos fixos	mg/L	S.M.E.W.W
Sólidos suspensos	mg/L	S.M.E.W.W
Sólidos dissolvidos	mg/L	Sonda Hanna
DBO	mg/L	S.M.E.W.W
DQO	mg/L	S.M.E.W.W

* S.M.E.W.W - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.*

Fonte: Próprio autor.

As coletas Os parâmetros de Turbidez, Oxigênio Dissolvido e sólidos dissolvidos foram medidos utilizando a sonda multiparâmetro Hanna na própria indústria nos dias das coletas nos tanques de lavagem da indústria, sendo feitas análises em triplicata para cada uma das amostras A1, B1, A2, B2, A3 e B3.

Ensaio de Tratabilidade

Peneiramento

Com o peneiramento é possível tornar o sistema de tratamento mais viável, pois impede que partículas grandes dificultem o processo de coagulação/ floculação. O teste de peneiramento foi feito com base na pesquisa de Lora (2002) para efluentes industriais, utilizando uma peneira de 2mm de espaçamento.

Primeiramente com o auxílio do Becker foram coletados 10 litros de efluente durante o processo de lavagem das telas no tanque A e despejados no balde, a amostra foi então despejada novamente no tanque A passando pela peneira que reteve os sólidos com diâmetro superior a 2mm. O procedimento foi repetido para o tanque B.

Teste de sedimentação

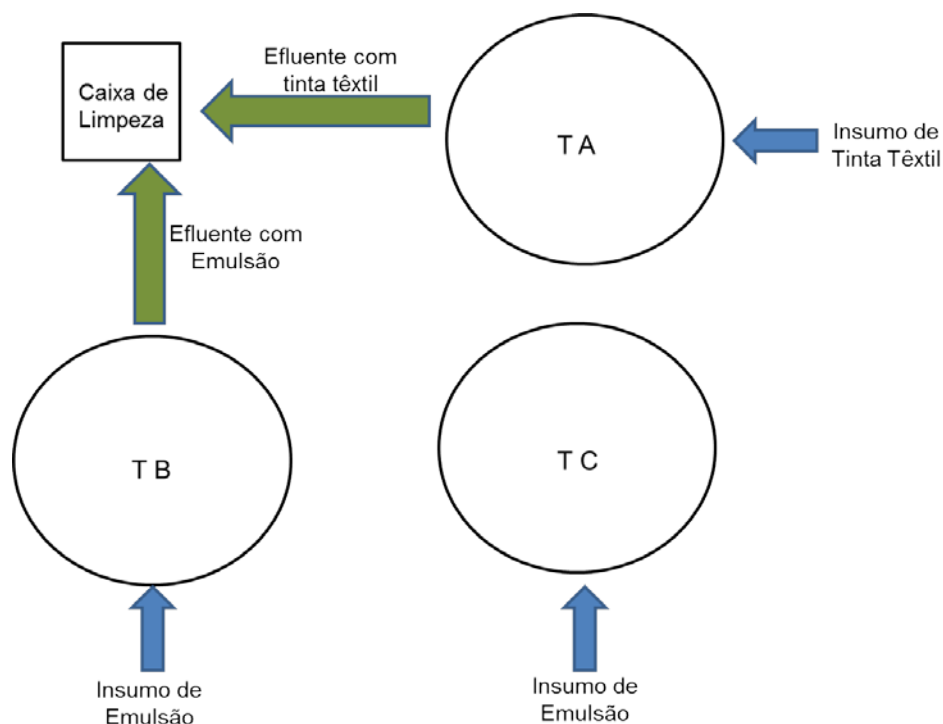
A sedimentação é o processo de separação de sólidos grosseiros por ação da gravidade no efluente. Com base na pesquisa de Giordano (2002), foram realizados testes para encontrar a altura do sistema de sedimentação, o teste consiste em utilizar 4 cones imnhoff, um cano de PCV de 2,40m de altura e colocar 4 torneiras, sendo a primeira próxima ao fundo do cano, e as demais torneiras colocadas 60 centímetros uma acima da outra como apresentado na Figura 2 a seguir.

Após ser encontrada a melhor concentração de coagulantes juntamente com a velocidade de rotação adequada, foram feitas análises dos parâmetros de Cor, Turbidez, pH, Nitrogênio, Fósforo, Oxigênio Dissolvido, Sólidos totais, Sólidos fixos, Sólidos suspensos, e DQO descritos no capítulo de Caracterização do efluente para comparação ao efluente bruto, e foi feita comparação com os resultados obtidos por outros autores na linha de tratamento de efluentes têxteis, sendo eles, Silva (2007), Cogo (2011), Abreu (2015) e Hassemer (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das diferentes linhas do efluente

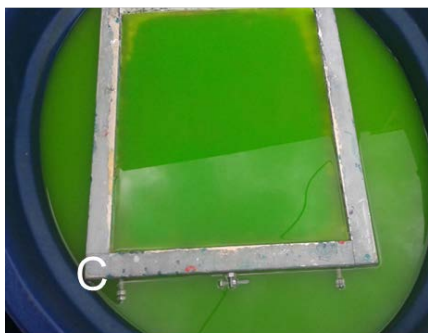
Os insumos utilizados no processo produtivo descritos pelo proprietário na entrevista de acompanhamento do processo são a emulsão sensibilizante e a tinta têxtil. O processo produtivo da indústria pode ser visualizado na figura 3 abaixo.



* T A: tanque de lavagem com insumo de tinta têxtil; T B e T C: tanques de lavagem com insumo de emulsão.

Figura 3: Croqui do processo produtivo.

Os insumos são incorporados no efluente no processo de limpeza das telas, o local possui três tanques de geração de efluente como pode ser visualizado na figura 4,



A = Tanque A com insumo de tinta têxtil, capacidade de 150 litros;
B = Tanque B com insumo de emulsão, capacidade de 150 litros;
C = Tanque C com insumo de emulsão, capacidade de 150 litros.

Figura 4 – Tanques de geração de efluente.

Sendo eles:

- Tanque A – Destinado à limpeza de telas com tinta. O efluente é composto de hidrocryl (tinta têxtil pastosa). Possui um fluxo por bateladas.
- Tanque B – Destinado à limpeza de telas com emulsão. O efluente é composto de emulsão serifoto verde. Possui um fluxo por bateladas.
- Tanque C – Utilizado para deixar as telas submersas por alguns minutos para facilitar a retirada da emulsão da tela. Possui capacidade de 150 litros e recebe como insumo a emulsão serifoto verde e o solubilizante para serifoto, o efluente não é descartado.

De acordo com os parâmetros analisados é possível observar que, em função dos diferentes tipos de efluentes industriais com insumo de corante têxtil para tingimento de tecido analisados por Silva (2007), Chagas (2009) e Tosato (2011). Comparados aos efluentes com insumo de tinta têxtil e emulsão ocorre variação nos parâmetros analisados, principalmente com relação a maior homogeneização do corante no efluente, como pode ser visualizado na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Parâmetros analisados dos efluentes brutos.

Parâmetro	Efluente de tinta têxtil	Efluente de emulsão	Silva (2007)	Chagas (2009)	Tosato (2011)
SSe (ml/L)	0,97 ± 0,12 (3)	0,00 ± 0,00 (3)	-	-	32,80
SD (mg /L)	447,33 ± 73,11 (3)	598,67 ± 96,64 (3)	-	-	1783,9
SSu (mg /L)	679,33 ± 166,52 (3)	56,00 ± 14,98 (3)	9,97	-	410,8
SV (mg /L)	1040,00 ± 119,62 (3)	175,67 ± 24,54 (3)	-	-	-
SF (mg /L)	93,33 ± 80,41 (3)	479,00 ± 95,69 (3)	-	-	-
ST (mg /L)	1126,67 ± 118,06 (3)	654,67 ± 118,36 (3)	132,59	-	-
N (mg/L)	0,54 ± 0,24 (3)	0,59 ± 0,17 (3)	-	-	-
P (mg/L)	0,05 ± 0,02 (3)	0,10 ± 0,02 (3)	-	-	-
Turbidez (NTU)	51,30 ± 2,66 (3)	45,93 ± 7,44 (3)	5310	198	49,2
Cor (uH)	600,00 ± 0 (3)	600,00 ± 0 (3)	1798,5	418	2754
DBO (mg/L)	660,00 ± 109,16 (3)	326,00 ± 17,00 (3)	-	-	396,6
DQO (mg/L)	1125,00 ± 250,35 (3)	640,00 ± 21,00 (3)	1838,4	481,89	-
pH	7,23 ± 0,06 (3)	7,33 ± 0,30 (3)	10,88	5,55	4,4
O.D. (mg/L)	5,50 ± 0,2 (3)	4,30 ± 0,60 (3)	3,72	1,16	-

* (3) Número de amostras realizadas; SSe(ml/L): Sólidos Sedimentáveis; SD(mg/L): Sólidos Dissolvidos; Ssu(mg/L) Sólidos Suspensos; SV(mg/L): Sólidos Voláteis; SF(mg/L) Sólidos fixos; ST(mg/L): Sólidos Totais; N(mg/L): Nitrogênio; P (mg/L) Fósforo; DBO(mg/L): Demanda Bioquímica de oxigênio; DQO(mg/L) Demanda Química de Oxigênio; O.D.(mg/L) Oxigênio Dissolvido.

O parâmetro de sólidos suspensos apresenta-se bem elevado no efluente de tinta têxtil, sendo 268,53mg/L superior ao encontrado por Tosato (2011) para efluentes com insumo de corante têxtil, já o efluente de emulsão apresentou valor bem inferior. A consistência pastosa da tinta e a capacidade de formar flocos de tinta seca que não se misturam ao efluente causam a grande concentração de sólidos suspensos nesse efluente.

Os valores encontrados de Sólidos Sedimentáveis de 0,97 ml/L no efluente de tinta têxtil são baixos em comparação ao encontrado por Tosato (2011) de 32,80 ml/L. Já o efluente de emulsão não possui sólidos sedimentáveis.

A pequena quantidade de sólidos sedimentáveis no efluente de tinta têxtil é devido a pequenas partículas formadas pela tinta seca, já os sólidos sedimentáveis analisado por Tosato (2011) pode ser proveniente das partículas de tecido perdidas no processo de tingimento de jeans.

Os resultados encontrados de sólidos dissolvidos estão elevados tanto para o efluente de tinta têxtil quanto para o efluente de emulsão, o que traz como possibilidade o processo de coagulação/floculação como opção de tratamento. Porém as concentrações encontradas ainda são bem inferiores à do efluente com insumo de corante têxtil analisado por Tosato (2011).

Os sólidos voláteis encontrado no efluente de tinta têxtil apresentaram-se em torno de 11(onze) vezes maior que o encontrado para sólidos fixos, característica que poderia torna-lo apto a um tratamento biológico. Já o efluente proveniente de emulsão possui valor médio de sólidos fixos bem superior ao de sólidos voláteis, tornando um sistema de tratamento biológico ineficiente devido a maior carga inorgânica do efluente.

Os resultados das análises de sólidos totais presentes nos efluentes de emulsão e de tinta têxtil estão superiores ao valor encontrado por Silva (2007) para efluente resultante de beneficiamento têxtil, o efluente resultante da análise feita por Silva é proveniente da lavagem de tecido para remoção do excesso de corante, onde é incorporado a massa líquida entre 5% e 20% do corante utilizado.

Já o efluente resultante com insumo de tinta têxtil possui grande quantidade de tinta acumulada nas telas de estampagem que são removidas com facilidade, gerando assim uma maior concentração.

O efluente proveniente do insumo de emulsão é gerado pela lavagem da emulsão aderida a tela, levando aproximadamente o dobro de volume de água necessário para sua remoção, o que pode ocasionar metade da concentração encontrada no efluente de tinta têxtil.

Os resultados das análises de Nitrogênio e Fósforo presentes tanto no efluente de emulsão quanto no efluente de tinta têxtil são baixos, não necessitando de um sistema de tratamento de nutrientes.

Os valores encontrados para o parâmetro de turbidez presente nos efluentes de tinta têxtil e emulsão apresentaram-se próxima ao valor encontrado por Tosato (2011), porém encontra-se bem inferior aos parâmetros encontrados por Silva (2007) e Chaga (2009). Os altos valores encontrados nos efluentes de emulsão e de tinta têxtil são devido à alta concentração de sólidos presentes nas amostras.

Os valores médios de cor foram 600 uH tanto para o efluente com emulsão quanto para o efluente com tinta têxtil, apresentam concentração superior a encontrada por Chagas (2009) com valor de 418 uH. Porém bem inferior aos efluentes analisados por Silva (2007) e Tosato (2011), respectivamente com valores em torno de 1798,5 uH e 2754 uH.

O parâmetro de DBO encontrado nos efluentes de tinta têxtil e emulsão apresentam-se elevados, o valor encontrado no efluente de emulsão está próximo ao encontrado por Tosato (2011) para efluente resultante de tingimento têxtil. Os elevados índices de DBO trazem como opção um sistema biológico de tratamento tanto para o efluente de tinta têxtil quanto para o de emulsão.

O valor médio da DQO do efluente de emulsão apresentou-se mais próximo ao analisado por Chagas (2009) resultante da lavagem de tecidos. Já o efluente com tinta têxtil apresentou DQO mais elevada, porém muito abaixo da encontrada por Silva (2007) resultante da tinturaria de tecidos. Através dos altos valores encontrados o sistema de coagulação/ floculação apresenta-se como opção de tratamento desses efluentes.

O efluente analisado por Silva (2007) e Tosato (2011) possui como insumo o corante têxtil, que encontra-se na fase líquida. Já o insumo proveniente dos efluentes de tinta têxtil e emulsão possuem um estado semi sólido, mais pastoso. Logo o efluente com insumo de corante pode ter maior homogeneização em relação ao insumo de corante, resultando maior cor no efluente.

O pH esteve em torno de 7,0 tanto para o efluente de emulsão quanto para o efluente de tinta têxtil, representando um efluente neutro, diferente dos encontrados por Chagas (2009) e Tosato (2011) que apresentaram uma faixa de efluente ácido. Já o efluente analisado por Silva (2007) apresenta efluente com pH básico.

Com o fator de o efluente possuir pH originalmente básico, facilita o tratamento do mesmo através de Coagulação/Floculação, necessitando de menos solução alcalinizante para correção do pH.

A concentração de oxigênio dissolvido nos efluentes de tinta têxtil e emulsão estão bem superiores aos encontrados por Chagas(2009) e Silva (2007), o sistema de lavagem das telas da serigrafia é feito por uma máquina de pressão de água, diferente do processo de tingimento por corante, causando a diferença de oxigênio dissolvido nos efluentes.

Ensaio de tratabilidade

Peneiramento

Para o teste do peneiramento, com o auxílio da peneira e do balde graduado, foram feitos testes para os efluentes dos tanques A e B.

Primeiramente foi coletada a amostra de 10 litros do tanque A, que gera efluente com tinta têxtil, logo após a peneira foi colocada sobre o balde vazio e a amostra foi então despejada na peneira que reteve os sólidos com diâmetro superior a 2mm.

O material retido pela peneira foi basicamente fita adesiva utilizada para cobrir imperfeições das telas O procedimento foi repetido para o tanque B, porém a peneira não reteve nenhum resíduo sólido.

Os resíduos sólidos retidos pela peneira durante os testes feitos com o efluente do tanque B podem ser visualizados na figura 5 a seguir:



Figura 5: Teste de peneiramento

Os resíduos retidos pela peneira gerados pelo tanque A dificultariam o processo de coagulação/floculação e diminuiriam a eficiência do sistema de sedimentação, pois são sólidos grosseiros que ocupam bastante espaço e reduzem o tempo de detenção hidráulica do sistema. Logo a utilização da peneira antecedendo o sistema de sedimentação torna-se útil.

Teste de sedimentação

Os resultados obtidos através da sedimentação do efluente no teste da coluna de sedimentação podem ser visualizados na figura 6, onde são apresentadas as curvas de decantação relacionando o tempo de decantação com a concentração de sólidos sedimentáveis no efluente.

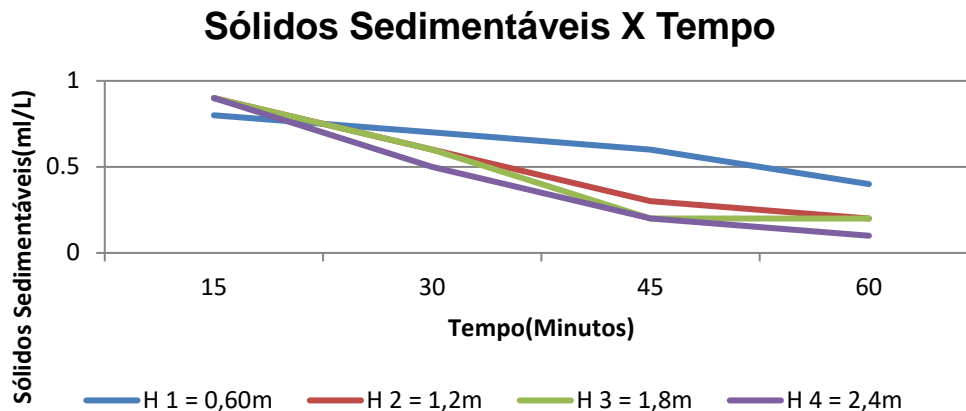


Figura 6: Remoção de sólidos sedimentáveis

No teste de sedimentação, as curvas formadas apresentam a redução de sólidos sedimentáveis ao passar de 1 hora, quanto maior a declividade da curva formada maior a eficiência na remoção de sólidos sedimentáveis no efluente. Através do gráfico na figura 10 é possível verificar que as alturas H2 com 1,2m, H3 com 1,8m e H4 com 2,4m apresentam remoção de sólidos sedimentáveis muito próximas. Já a curva H1 apresenta eficiência inferior a das demais.

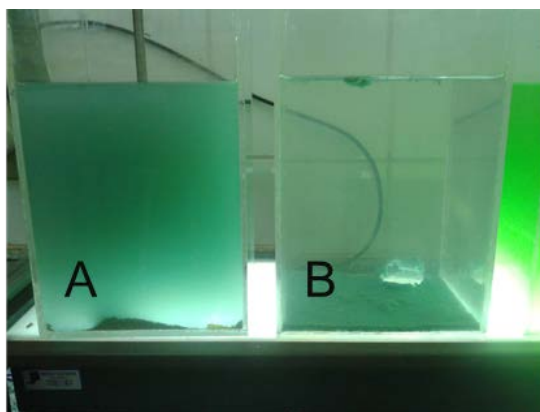
A curva com maior eficiência é a resultante de H4, porém as curvas formadas por H2 e H3 estão muito próximas, logo a altura de sedimentação recomendada para o sistema de sedimentação do efluente é a resultante da altura H2, com altura de sedimentação de 1,2m para um tempo de 60 minutos.

Método de coagulação/floculação

Utilizando o aparelho de jar test foram feitos teste tanto para o efluente com insumo de tinta quanto para o efluente com insumo de emulsão, utilizando o coagulante sulfato de alumínio.

Primeiramente foi medido o pH das amostras que estavam todos em torno de 7 para ambos os efluentes, não necessitando de correção. As amostras com efluente proveniente do tanque com tinta têxtil apresentaram a melhor eficiência de coagulação/floculação na amostra com concentração de 1000mg/L, porém o efluente proveniente do tanque de emulsão não apresentou reação com o coagulante em questão.

Os resultados do ensaio de coagulação/floculação para concentração de 1000mg/L de coagulante podem ser visualizados na figura 7, comparando efluente bruto e tratado para o efluente de tinta têxtil.



A: Amostra bruta de efluente com tinta têxtil. B: Amostra tratada de efluente com tinta têxtil.

Figura 7 – Comparação do efluente bruto com o efluente tratado.

Para a linha de efluente com emulsão não ocorreu floculação/decantação, porém a introdução de coagulante no efluente pode causar queda no pH, logo adotando a concentração de 1000mg/L a 120RPM encontrada no teste do efluente têxtil, o teste de coagulação foi feito novamente misturando os dois efluentes e utilizando um pHmetro para analisar a variação de pH durante a coagulação.

Utilizando 1 litro de cada efluente (emulsão e têxtil) totalizando uma amostra de 2 litros que foi adicionada no recipiente acrílico do Jar test, o pHmetro foi calibrado e introduzido no efluente para analisar a variação de pH da amostra.

O efluente apresentou boa reação com coagulante sulfato de alumínio ao alcançar pH 6,5. A concentração utilizada de Carbonato de cálcio para alcançar pH de 6,5 foi de 500mg/L. Após a estabilização do pH, a amostra ficou sobre agitação por 20 minutos, e posteriormente em repouso por 30 minutos.

Finalizando o período de 30 minutos de espera, o efluente apresentou boa separação das fases sólida e líquida. Os resultados das amostras tratadas de sólidos apresentaram boa eficiência, como pode ser analisado na tabela 4 a seguir:

Tabela 4: Parâmetros analisados dos efluentes tratados

Parâmetro	Efluente Tratado	Eficiência de remoção (%)	Silva(2007)	Cogo (2011)
	Concentração $\pm \sigma$		Eficiência(%)	Eficiência(%)
SSe (ml/L)	0 \pm 0,00 (3)	100	-	-
SD (mg /L)	230,17 \pm 53,31 (3)	56	-	-
SSu (mg /L)	26 \pm 4 (3)	93	55,17	87
SV (mg /L)	19,07 \pm 13,14 (3)	97	-	-
SF (mg /L)	148,5 \pm 22,52 (3)	48	-	-
ST (mg /L)	234,23 \pm 47,87 (3)	85	41,21	-
N (mg/L)	0,99 \pm 0,15 (3)	-	-	90
P (mg/L)	0,11 \pm 0,03 (3)	-	-	18
Turbidez (NTU)	5,35 \pm 0,89 (3)	89	86,16	-
Cor (uH)	35 \pm 0,00 (3)	94	84,43	100
DBO (mg/L)	85 \pm 26,03 (3)	83	-	49
DQO (mg/L)	144 \pm 44,46 (3)	84	76,94	-
pH	6,52 \pm 0,20 (3)	-	-	-
O.D. (mg/L)	5,61 \pm 0,10 (3)	-	-	-

* (3) = Número de amostras realizadas; σ = Desvio Padrão; SSe(ml/L): Sólidos Sedimentáveis; SD(mg/L): Sólidos Dissolvidos; Ssu(mg/L) Sólidos Suspensos; SV(mg/L): Sólidos Voláteis; SF(mg/L) Sólidos fixos; ST(mg/L): Sólidos Totais; N(mg/L): Nitrogênio; P(mg/L) Fósforo; DBO(mg/L): Demanda Bioquímica de oxigênio; DQO(mg/L) Demanda Química de Oxigênio; O.D.(mg/L) Oxigênio Dissolvido.

Os valores encontrados de Sólidos Sedimentáveis no efluente tratado são reduzidos a zero, obtendo 100% de remoção, a mesma eficiência de remoção encontrada por Abreu (2015) no tratamento de efluentes de serigrafia por eletrocoagulação. Porém o tempo de reação no efluente proposto por Abreu (2015) é de 120min, já o tempo de reação na utilização de coagulante sulfato de alumínio no trabalho apresentado é de 20min.

Os sólidos voláteis encontrados no efluente tratado alcançaram uma eficiência média de 97%, o sistema proposto trata quase por completo os sólidos de natureza orgânica gerados pelo efluente, descartando a necessidade de um sistema de tratamento biológico.

O sistema de coagulação/floculação apresentou boa remoção de sólidos dissolvidos, com eficiência de 56%. O parâmetro de sólidos suspensos alcançou eficiência de 93%, próximo ao encontrado por Cogo (2011) com 87% de remoção. Os efluentes resultantes de tinta têxtil e emulsão obtiveram boa remoção de sólidos suspensos sem a necessidade de um sistema de flotação e filtração como o proposto por Cogo (2011).

Os resultados das análises de sólidos totais presentes no efluente tratado apresentaram maior remoção em relação ao proposto por Silva (2007), ambos os trabalhos utilizam sistema de coagulação/floculação. Porém os efluentes resultantes de serigrafia passam pelo processo de lavagem de telas com insumos de tinta têxtil e emulsão, já os efluentes analisados por Silva (2007) são resultantes de beneficiamento têxtil passando por processos de tingimento e lavagem de tecidos gerando como insumo o corante têxtil e fiapos de tecido.

Os resultados das análises de Nitrogênio e Fósforo não apresentaram eficiência de remoção de nutrientes, já o sistema de Cogo (2011) apresentou 90% de remoção de nitrogênio e 18% de remoção de fósforo. O efluente passa por um sistema de coagulação/floculação precedido por flotação e filtração, diferente do sistema proposto por esse trabalho que utiliza coagulação/floculação.

Porém o efluente resultante dos processos de tingimento, carbonização e acabamento têxtil analisado por Cogo (2011) ainda possui um valor muito superior de Nitrogênio com relação ao efluente de serigrafia, sendo N = 13,9mg/L após o tratamento. Já o fosforo com valor de P = 0,12mg/L, próximo ao encontrado no efluente de serigrafia onde P = 0 11mg/L. logo o efluente de serigrafia não precisa ser precedido por flotação e filtração.

O sistema de coagulação/floculação apresentou boa eficiência de remoção no parâmetro de turbidez, alcançando uma média de 89% de eficiência, próximo ao encontrado por Silva (2007) com eficiência de 86,16 % também utilizando processo de coagulação/floculação, já Hassemer (2002) obteve uma eficiência de 97%.

A tecnologia de tratamento utilizada por Hassemer (2002) consiste em um sistema de coagulação/floculação antecedido por ozonização. Logo a utilização da tecnologia de ozonização antecedendo a coagulação/floculação seria uma opção eficiente no tratamento do efluente gerado pela serigrafia.

O parâmetro de cor apresentou boa remoção, alcançando 94% de eficiência no tratamento do efluente, eficiência próxima a encontrada por Hassemer (2002) com valor de 98% na utilização de sistema de coagulação/floculação de efluente têxtil. Já o sistema proposto por Cogo (2011) apresentou ausência de cor no efluente tratado resultante de tingimento têxtil, a utilização de flotação e filtração precedidos de coagulação/floculação apresentou-se eficiente para remoção de cor de efluentes têxteis.

O sistema de coagulação/floculação apresentou boa eficiência de tratamento do parâmetro de DBO, atuando com eficiência de 83%. Já o sistema utilizado por Cogo (2011) no tratamento de efluentes provenientes de tingimento têxtil apresentou eficiência de 49%. O sistema de coagulação/floculação apresenta eficiência maior de eficiência de remoção para DBO em efluentes de serigrafia em relação aos efluentes de tingimento têxtil. Já o parâmetro de DQO do efluente analisado apresentou eficiência próxima ao encontrado por Silva (2007), onde ambos utilizam processo de coagulação/floculação. O tratamento proposto apresenta melhor remoção de DQO em efluente resultante de tinta têxtil e emulsão do que para efluentes resultantes de tingimento têxtil.

O efluente resultante do processo de coagulação/floculação obteve pH final em torno de 6,52, próximo ao do efluente resultante de tingimento têxtil analisado por Hassemer (2002), com pH de 7,17. Já o Oxigênio Dissolvido apresentou valor médio de 5,61mg/L, superior ao mínimo necessário de 4mg/L.

CONCLUSÕES

Os estudos provenientes da área de serigrafia são escassos, logo o presente trabalho apresentou os principais insumos gerados nessa indústria, assim como a caracterização dos efluentes resultantes de seu processo produtivo, sendo eles os insumo de emulsão e insumo de tinte têxtil.

Os efluentes resultantes de insumo de tinta têxtil apresentam elevada concentração de sólidos orgânicos e elevada DBO, parâmetros indicativos de tratamento biológico. Porém possui também elevada DQO e alta concentração de Turbidez, os sólidos Suspensos e Dissolvidos apresentam-se ambos em grande quantidade.

Já os efluentes resultantes de insumo de emulsão apresentam maiores concentrações para sólidos fixos, grande concentração de sólidos dissolvidos e elevada turbidez, descartando a possibilidade de um tratamento biológico. Já a concentração de fósforo e nitrogênio são baixas, não necessitando de um sistema de tratamento de nutrientes.

O Sistema de coagulação/floculação obteve melhor eficiência de tratamento de efluentes provenientes da serigrafia utilizando 1000mg/L de sulfato de alumínio como coagulante, e como substância alcalinizante o Carbonato de Cálcio a concentração de 500mg/L.

O sistema apresentou boa eficiência de remoção de sólidos, cor, Turbidez, DBO e DQO para os efluentes com insumo de emulsão e tinta têxtil provenientes da indústria serigráfica, atuando com eficiência média de remoção de 87%, apresentando-se como uma boa tecnologia de tratamento para efluentes originados por serigrafia têxtil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, J. D. et al. Tratamento de efluente via eletrocoagulação proveniente de uma indústria serigráfica, 2015. 2º Congresso nacional de Gestão da água e monitoramento Ambiental.
2. ALVEZ, P. S. Avaliação da eficiência do uso de ascas de batata, de mandioca e de maracujá como coagulantes no tratamento de esgoto da ETE. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

4. BELTRAME, L. T. C. Caracterização de efluente industrial e proposta de tratamento, 2000. Dissertação apresentada ao Programa de Pós -Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
5. CHAGAS, M. A. Tratamento de efluente têxtil por processo Físico-químico e Biológico, 2009. Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco.
6. COGO, M. C. Estudo de Caracterização e Disposição dos Resíduos de uma Indústria Têxtil do Estado do Rio Grande do Sul, 2011. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
7. CAMILA FITTIPALDI CORRÊA, F. C. Tratamento de efluentes de indústria de tintas utilizando foto-fenton com irradiação solar, 2012. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em engenharia sanitária e ambiental). União dinâmica de faculdades cataratas, Foz do Iguaçu. [Orientador Ms. Lourenço e. s.]
8. DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L.. Ensaio de Tratabilidade e Água e de Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. ISBN – 85-86552-31-3. São Carlos, RiMa, 2002. 237 p.
9. FERREIRA, Ana Paula Ramos, FERREIRA, Osmar Mendes. Tratamento de Efluentes de uma Base de Armazenamento de Combustíveis: Estudo da Eficiência. 2006.
10. FIGUEIREDO, M. G.; SANTOS, M. S. Estação de tratamento de efluentes das indústrias têxteis - Otimização através da implantação de medidas de prevenção à poluição. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.
11. FREIRE R. et al. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. Química Nova, 2000.
12. GIORDANO, Gandhi. Tratamento e Controle de Efluentes Industriais: Estudo de tratabilidade. Volume 1, 2009.
13. HASSEMER, M. Processo Físico-Químico para Indústria Têxtil. Revista Saneamento Ambiental, 2002.
14. HIDROSUPRIMENTOS, tecnologia de serviço e meio ambiente. Disponível em: http://www.hidrosuprimentos.com.br/medidor_hanna.php. (Acesso 09/04/2016)
15. KUNZ A et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova, 2002.
16. LEÃO, M. D. et al. Controle ambiental na indústria têxtil: acabamento de malhas. 1ª edição. Projeto Minas Ambiente. Editora Segrac. Belo Horizonte, 2002.
17. LIN, S.H.; LIU, W.Y. Tratamento de água residuária em reator de leito fixo. Environmental Technology, 1994.
18. LINS, A. G. Impactos Ambientais em estações de tratamento de esgoto (ETEs), 2010. Dissertação de Mestrado profissional (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. [Orientado por: Dr. Almeida, J. R.; Dr. Jordão, E.P.].
19. LORA, Electo Silva. Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte. Brasília – DF: ANEEL, 2000. 503 p.
20. NAIME, Roberto. Educação ambiental. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/09/17/educacao-ambiental-artigo-de-roberto-naime/>>. (Acesso 29/05/2015).
21. NATURALTEC – tratamento de água e meio ambiente, Disponível em: <http://www.naturaltec.com.br/Tratamento-Agua-Reator-Fisico-Quimico.html>. (Acesso 09/04/2016)
22. ONU BRASIL. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/>>. (Acessado em: 15/04/2016).
23. SANTOS, A. V. ; Cybis, L. F. ; GEHLING, G. R. Dimensionamento do volume do reator seqüencial em batelada (RSB) com enchimento estático. Engenharia Sanitária e Ambiental , v. 12, p. 380-388, 2007.
24. SANIN, L. B. B. A Indústria Têxtil e o Meio Ambiente. Trabalho apresentado no XIV Congresso Latino Americano de Industria Têxtil, 1997.
25. SARASA, J. et al. Tratamento de um efluente resultante da fabricação de corantes com ozônio e coagulação química. Water Research, 1998.
26. SENS L. M; Eliza M et al. Tratamento do efluente de uma indústria texteil. Processo Físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. Engenharia sanitária e ambiental Vol. 7. 2002 .
27. SILVA, K. K. O. S. Caracterização do efluente líquido no processo de beneficiamento do índigo têxtil, 2007. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
28. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª edição. Belo Horizonte, 1996.
29. WEBER, C. C. ; Cybis, L. F. ; BEAL, L. L. . Reúso da água como ferramenta de revitalização de uma estação de tratamento de efluentes. Engenharia Sanitária e Ambiental (Online) , v. 15, p. 119-128, 2010.
30. ZANELLA G; SCHARF M; Vieira G; PERALTA-ZAMORA et al. Tratamento de banhos de tingimento têxtil por processos foto-fenton e avaliação da potencialidade de reuso. Química Nova 2010