

ESTUDO DA APLICAÇÃO DE BIOPOLÍREMOS AO PROCESSO DE COAGULAÇÃO-FLOCULAÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

AUTOR

Marcos Martins von Glehn ROCHA

Discente do Curso de Engenharia de Química- UNILAGO

Anieli PIANHERI

Maria Angélica Marques PEDRO

Docentes do Curso de Engenharia de Química- UNILAGO

RESUMO

Devido ao aumento da produção de cosméticos e ao aumento do consumo por parte da população, aumentou-se a geração de resíduos. Para diminuir o impacto ambiental causado pelo efluente são indicados tratamentos que removam as substâncias responsáveis pela poluição de acordo com a legislação. Uma das etapas do tratamento, indicado para a indústria de cosméticos, é o processo de coagulação/floculação. Um dos coagulantes mais utilizados é o sulfato de alumínio por sua excelente formação do floco, seu baixo custo e facilidade de transporte e de manuseio, entretanto pesquisas vem sendo feitas para a substituição dos coagulantes inorgânicos por coagulantes naturais pois são biodegradáveis, apresentam baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais. Os mais utilizados são o extrato das sementes de moringa, a quitosana e tanino extraído da acácia negra. Verificou-se que não tem muitos trabalhos com o uso de biopolímero no tratamento de efluentes da indústria de cosméticos mas eles podem ser utilizados, por exemplo, o uso do biopolímero Ecofloc 50 MX combinado com o sulfato de alumínio para redução dos parâmetros sólidos totais e turbidez e remoção satisfatória quanto ao índices de DQO.

PALAVRAS - CHAVE

Cosméticos; Efluentes; Tratamentos; Biopolímeros.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o consumismo por grande variedade de produtos para a beleza e cuidado pessoal, levou as indústrias de cosméticos ao crescimento em escala mundial, aumentando sua produção exponencialmente e consequentemente gerando mais resíduos (ABIHPEC,2019).

De acordo com Perdigón-Melón *et al.* (2010), as indústrias de cosméticos, apresentam uma tecnologia de produção bem simples, mas produzem resíduos que podem produzir um impacto ambiental significativo afetando corpos d'água superficiais, acelerando o processo de eutrofização e levando ao desequilíbrio ecológico, devido às substâncias presentes no efluente. Os efluentes produzidos pelas atividades da indústria de cosméticos podem conter compostos orgânicos e inorgânicos, muitas vezes tóxicos para a população aquática e terrestre, inclusive para o ser humano (MORAES; BRITO, 2015).

O setor de cosméticos tem almejado realizar o tratamento do efluente com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e atender a legislação ambiental vigente. Na etapa de coagulação/floculação do tratamento de efluente, a indústria de cosméticos vem substituindo os coagulantes inorgânicos por biopolímeros, que são coagulantes naturais e que apresentam vantagens sobre os coagulantes inorgânicos, pois geram um lodo biodegradável e ainda diminuem a utilização de produtos químicos no processo. Os biopolímeros mais utilizados como agentes coagulantes no tratamento de efluentes industriais são: extrato da semente de moringa, a quitosana e o tanino (BRITO *et al.*, 2011; PITT *et. al.*, 2011). E, portanto, o objetivo deste trabalho foi fazer uma revisão bibliográfica sobre o uso de biopolímeros no tratamento de efluente da indústria de cosméticos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tratamento de efluente de uma indústria de cosméticos

O tratamento de efluentes industriais ideal é indicado de acordo com a carga poluidora e presença de contaminantes. Segundo Mahmoud e Freire (2007), as etapas básicas do tratamento de águas residuais são o tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e o tratamento terciário.

O tratamento preliminar se dá em processos físicos de separação como: grades, peneiras, caixa de areia e caixa de gordura. Já o tratamento primário é constituído unicamente por processos físico-químicos e que tem por finalidade a remoção do material sólido em suspensão e/ou flutuante. A etapa de equalização e neutralização da carga do efluente acontece a partir de um tanque de equalização e adição de produtos químicos. Logo, advém a separação de partículas líquidas ou sólidas por meio de processos de coagulação/floculação e sedimentação e, por fim, o processo de flotação (CAVALCANTI, 2007).

Marchetti (2014) detectou concentrações de matéria orgânica (DBO e DQO), nitrogênio total, óleos e graxas, sólidos suspensos, sólidos sedimentáveis, sólidos totais e turbidez em desconformidade com os padrões exigidos pela legislação, segundo a Tabela 1. Alves (2009) relatou que o efluente da indústria de cosméticos contém grandes quantidades de material inorgânico (corantes, componentes inorgânicos) e orgânico (essências, óleos e graxas), sendo comum o tratamento físico-químico para retirada desses compostos. Basicamente tem-se a adição de coagulantes/floculantes e correção de pH, seguido de separação dos flocos por decantação e posterior filtração.

Tabela 1 – Caracterização do efluente da indústria de cosméticos

PARÂMETROS	LACE	LAPA
DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	15,339	19,325
DBO ₅ (mg O ₂ .L ⁻¹)	5,760	-
Espumas	Ausente	-
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	1,44	1,74
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	45,5	-
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹)	ND	-
Óleos e Graxas (mg.L ⁻¹)	1.694	-
pH	7,2	6,8
Sólidos Suspenso (mg.L ⁻¹)	650	-
Sólidos Sedimentáveis (mL.L ⁻¹)	6	-
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	-	6.167
Temperatura (°C)	25	-
Turbidez (NTU)	-	22.850

ND: Não detectado pelo método

Fonte Marchetti, 2014

Segundo Cavalcanti (2009), o tratamento secundário também chamado de tratamento biológico reduz a quantidade de matéria orgânica biodegradável dissolvida e em suspensão por microrganismos. Além de retirar nutrientes como nitrogênio e fósforo. Marchetti (2004) relatou que o grande volume de óleos e silicones orgânicos utilizados na formulação da base líquida provoca a elevada concentração de matéria orgânica. A baixa relação de DBO/DQO normalmente observada nos efluentes da indústria de cosméticos se confirmou com os resultados obtidos na caracterização do efluente, o que indica que o uso de tratamento secundário não é indicado pois apresenta uma fração biodegradável não muito elevada

O tratamento terciário é realizado na etapa final. O objetivo desta etapa é remover contaminantes que não foram eliminados na técnica anterior, além da remoção de microrganismos patogênicos. Nesta etapa existem vários métodos como: precipitação química, incineração, adsorção, resina de troca iônica, ultrafiltração, processos de oxidação avançados (CAVALCANTI, 2009).

Além dos tratamentos citados, destaca-se o processo de oxidação avançada (POA), uma tecnologia que promove a degradação de vários compostos poluentes, incluindo compostos orgânicos difíceis de degradar. Bautista *et al.* (2010) estudaram a aplicação e otimização de POA para efluentes de indústrias de cosméticos, com bons resultados. Em outro estudo foi avaliado o efeito de diferentes pré-tratamentos físico-químicos na biodegradabilidade de efluente de uma indústria de cosméticos. Tanto o processo de coagulação/floculação quanto os POA apresentaram significativas reduções dos valores de DQO e de surfactantes aniônicos (ALLOUI *et al.*, 2009).

2.2.1 Coagulação/Floculação

O processo físico-químico de coagulação e floculação é comumente empregado para tratamento de efluentes líquidos em indústrias de cosméticos.

A coagulação consiste no processo de desestabilização química das partículas coloidais e em suspensão pela adição de agentes coagulantes e/ou polímeros. É um processo rápido, que ocorre nas unidades de mistura rápida, ou seja, com elevado gradiente de velocidade. Ela permite que partículas de pequenas dimensões se combinem formando agregados maiores, na etapa de floculação. Esses agregados são então mais facilmente

removidos em processos de separação sólido-líquido, como a sedimentação ou flotação (METCALF; EDDY, 2003).

Segundo Rodrigues e Boaventura (2004) na coagulação, as partículas coloidais são neutralizadas e aglutinadas em partículas de maiores dimensões através do uso de coagulantes, que eliminam a carga eletroestática negativa da superfície das partículas, o que diminui a repulsão entre elas, e por meio da agitação acelerada promove o choque entre as partículas.

A floculação é o segundo estágio do processo, onde as partículas desestabilizadas são colocadas em contato para a formação de flocos. O gradiente de velocidade deve ser suficiente para que ocorra a colisão entre as partículas e formação dos flocos, porém controlada para não romper os flocos formados (METCALF; EDDY, 2003).

A sedimentação é o processo no qual ocorre a remoção de partículas em suspensão pela ação da gravidade. Portanto, essas partículas devem ter peso específico maior que do líquido. De acordo com Vargas (2004) outro método para separação dos flocos gerados é a flotação, empregada para separar partículas suspensas ou materiais oleosos de uma fase líquida pela introdução de pequenas bolhas de gás, normalmente o ar. Essas bolhas se aderem à superfície das partículas, resultando em um agregado cuja densidade é menor que a do líquido e, portanto, sobe à superfície do mesmo, podendo ser coletada em operação de raspagem superficial.

Diante do contexto, o mecanismo de coagulação/floculação é sensível a vários fatores como: tipo e dosagem de coagulante, pH do efluente, natureza das substâncias produtoras de cor e turbidez, entre outros, ou seja, o tipo e a dosagem ideal da quantidade de coagulante são determinados em razão da viabilidade econômica e características do efluente (VAZ, 2009).

De acordo com Santos (2014), os coagulantes mais comumente empregados para tratamento de água e de efluentes são o sulfato de alumínio e o cloreto férrico, mas o cloreto de polialumínio (PAC) vêm tendo grande aceitação. Para auxiliar a coagulação pode-se empregar, juntamente com o coagulante, polímeros orgânicos sintéticos ou naturais, de cadeias moleculares longas.

Um dos coagulantes mais utilizados é o sulfato de alumínio por sua excelente formação do floco, seu baixo custo e facilidade de transporte e de manuseio. Os flocos após o processo de coagulação são inorgânicos e apresentam um lodo gelatinoso e com volume, assim sendo, o lodo não entra em decomposição biológica, isto é, não é biodegradável, dificultando sua disposição final. Nesse contexto, pesquisadores estão realizando estudos em que se busca um coagulante natural, ou seja, polímeros naturais ou biopolímeros, que possam ser usados de forma individual ou juntamente com outros sais coagulantes tradicionais, agindo como um auxiliar no tratamento de águas, principalmente nos casos em que as águas apresentam elevada turbidez (CARVALHO, 2008). Moraes (2004) relatou que coagulantes/floculantes naturais têm demonstrado vantagens em relação aos coagulantes inorgânicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais.

2.3 Biopolímeros naturais

Com o aumento dos problemas ambientais, trabalhos vem estudando polímeros naturais ou biopolímeros para serem utilizados como agentes coagulantes em substituição aos coagulantes inorgânicos no tratamento de efluentes industriais. Segundo Moraes (2004), estes coagulantes têm demonstrado vantagens em relação aos coagulantes inorgânicos, especificamente em relação à biodegradabilidade, baixa toxicidade e baixo índice de produção de lodos residuais. A utilização de coagulantes naturais, em substituição aos químicos, tem sido

estudada com a finalidade de produzir uma água tratada de melhor qualidade, sem a presença de metais, um lodo gerado biodegradável e a diminuição da utilização de produtos químicos no processo. Segundo Cruz *et al.* (2005), o lodo gerado no processo não possui alumínio, é orgânico, ou seja, apresenta um alto teor de matéria orgânica e, não é prejudicial ao meio ambiente, podendo ser utilizado como composto orgânico na agricultura. Além disso, pode ser decomposto por meio de processos biológicos de biodigestão, eliminando custos de transporte e disposição para aterros de resíduos industriais (CRUZ *et al.*, 2005). Os biopolímeros mais utilizados são o extrato da semente de moringa (DA SILVA *et al.*, 2003), da acácia negra (TANAC, 2008) e da quitosana (MORAES *et al.*, 2005).

Segundo Borba (2001), a *Moringa oleífera* é uma planta e pertence à família *Moringaceae*, originária do nordeste indiano, de fácil cultivo e adaptação no Brasil, principalmente no Nordeste. Considerada um polímero natural que vem se destacando no tratamento de águas residuais, pois atua como agente clarificante pela presença de uma proteína catiônica que desestabiliza as partículas contidas na água em meio líquido. Para Bongiovani *et al.* (2013), a *Moringa* é o biopolímero de maior utilização e destaque. Sua utilização está atrelada a purificação da água, por um custo reduzido se comparado a um tratamento químico convencional, por isso sendo uma alternativa de alta relevância.

Sutherland *et al.* (1994) realizou experimentos quanto a utilização da *Moringa oleífera* em tratamento de grandes volumes de água. Os resultados demonstraram as sementes podem produzir uma água tratada de qualidade similar à produzida utilizando-se coagulantes químicos, nesse caso o sulfato de alumínio. A solução da semente da *Moringa oleífera* tem mostrado eficácia como agente coagulante e na remoção de patógenos de águas brutas (SILVA *et al.*, 2007).

Lied *et al.* (2011) avaliou o tratamento de água residuária de fecularia e encontrou valores de redução de turbidez de 89,19% e de DQO de 70,98%, utilizando uma concentração de 2400 mgL⁻¹ de extrato da semente da moringa. Vaz *et al.* (2010) verificou que com as sementes de *Moringa oleífera* ocorreu a máxima remoção dos parâmetros cor e turbidez, de 90,30% e respectivamente, para concentração de 200 ppm e tempo de sedimentação de 20 minutos, para efluente de galvanoplastia.

De acordo com Rangel (1999), a quantidade necessária de semente varia conforme a quantidade de impureza contida nas águas residuárias. Quando a coagulação/floculação é realizada por polieletrólitos, não há reações de neutralização entre o coagulante e a água para formar complexos gelatinosos, como ocorre com os coagulantes derivados de sais de ferro (CARDOSO *et al.*, 2008). Para Borba (2001), esse fenômeno ocorre porque os polieletrólitos são constituídos de complexos de grandes cadeias moleculares, que apresentam sítios com cargas positivas ou negativas, com grande capacidade de adsorção de partículas ao seu redor. Esse tipo de coagulação/floculação pode ocorrer numa grande faixa de valores de pH, entre 4,0 e 12,0.

Para Bongiovani *et al.* (2013), a *Moringa oleífera* um biopolímero de maior utilização e destaque. Sua utilização está atrelada a purificação da água, por um custo reduzido se comparado a um tratamento químico convencional, sendo uma alternativa de alta relevância para o uso.

Outro biopolímero que vem sendo estudado é o coagulante Tanfloc SG que é um tanino extraído da casca de vegetais como a *Acácia Negra*, espécie arbórea *Acacia mearnsii* De Wild e atua em sistemas coloidais neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas, sendo este processo responsável pela formação dos flocos e consequente sedimentação. É caracterizado como um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, apresentando coloração escura e elevada viscosidade (TANAC, 2013).

Esse biopolímero mostra-se competitivo com os tradicionais produtos empregados no tratamento de águas, por ser completamente biodegradável, permitindo sua total digestão nas etapas biológicas do processo, e

por apresentar ação efetiva sobre variados tipos de água, assim como diversos tipos de efluentes industriais (CORAL *et al.*, 2009). O tanino possui propriedades que não modificam o pH da água tratada, sendo eficiente em uma faixa de pH de 4,5 – 8,0 (MARTINAEZ, 1996; MARTINEZ *et al.*, 1997).

O floco originado pela adição de Tanfloc possui forma irregular, o que proporciona uma maior área de contato, em relação ao floco originado pelo sulfato de alumínio. Assim se obtêm uma clarificação mais eficiente, com uma menor cor e turbidez final. O floco ideal possui tamanho médio e apresenta uma rápida decantação com boa clarificação, além de que os resíduos produzidos em decantadores são cerca de aproximadamente 10 % do que produzido com outros produtos similares (TANAC, 2003).

As vantagens do uso de taninos vegetais como o Tanfloc SG, se dá devido suas propriedades de adsorção dos metais dissolvidos na água, aglutinando-os por precipitação no meio, e logo sua remoção. Além do mais, elimina ou reduz a toxidez que existe na água proveniente de fontes com cianofíceas ou bactérias clorofiladas. Desta forma, por serem moléculas biodegradáveis, são destruídas no próprio tratamento, não permanecendo na água tratada ou no lodo gerado (SILVA, 1999).

Segundo Piantá (2008), Tanfloc SL e Tanfloc SG são coagulantes naturais alternativos ao sulfato de alumínio usado no tratamento de água. No seu estudo a eficiência do sulfato de alumínio foi superior, porém os padrões dos coagulantes naturais atenderam melhor, sendo que removeram a cor amarelada deixada pelo resíduo do ferro e não teve que reajustar o pH, com cal hidratada, por exemplo. O autor avaliou os custos de produtos químicos no tratamento em uma estação de água, tendo como resultado para o sulfato de alumínio de 0,014475 R\$, o Tanfloc SL teve um custo de 0,0252 R\$ por m³ e o Tanfloc SG de 0,0332 R\$ por m³.

Segundo SánchezMartín (2010), estudos realizados em uma planta piloto de tratamento de águas superficiais, a utilização do Tanfloc® resultou na redução de cor em até 50%, remoção de surfactantes em até 75%, e remoção de matéria orgânica representada pela diminuição de 40% na DQO e de 60% na DBO.

A quitosana é um produto natural, renovável e biodegradável, de grande importância econômica e ambiental. Ela atua como polieletrólito catiônico na coagulação da matéria orgânica coloidal. A presença de grupos amino nas cadeias poliméricas permite que a quitosana atue como polieletrólito catiônico em pH inferior a 6,5, que se adsorvem facilmente nas superfícies carregadas negativamente (KIMURA, 2001). Considerando-se a maioria das impurezas coloidais na água carregam cargas negativas, coagulantes catiônicos são geralmente usados para o tratamento de água e efluentes industriais e não é tóxica para os seres humanos (MATHUR; NARANG, 1990). Tem diversas aplicações como no tratamento de águas, produção de cosméticos, medicamentos, aditivos alimentícios, membranas semipermeáveis e desenvolvimento de biomateriais. No tratamento de efluente de galvanoplastia realizado por Vaz *et al.* (2010), o coagulante orgânico quitosana apresentou melhor eficiência para a concentração de 5 ppm e tempo de sedimentação de 20 minutos, na remoção de cor (98,68%) e de turbidez (99,44%). Segundo Vaz (2009) o lodo gerado pela quitosana é de fácil decomposição, pois apresenta um elevado teor de matéria orgânica.

Com relação aos sais metálicos, Renault *et al.* (2009) afirmam que a quitosana é mais eficiente em concentrações menores, produz flocos maiores, ou seja, favorece a velocidade de sedimentação, e com isso o volume do lodo produzido é menor, causando menos impacto ambiental devido a sua biodegradabilidade, entretanto, esse processo ocorre de forma mais eficiente em uma faixa de pH e concentração.

Um estudo com quitosana na clarificação de suspensões com caulinita na água usado no tratamento de água, apresentaram resultados significativos para soluções com turbidez variando de 10 a 160 NTU e a eficiência na coagulação foi com turbidez fixada em 40 NTU e pH variando entre 6,5 e 7,5. (DIVAKARAN; PILLAI, 2001).

Marchetti (2014) estudou o uso de sulfato de alumínio e do biopolímero Ecofloc 50 MX na etapa de flotação dos efluentes da indústria de cosméticos. O uso do Ecofloc 50 MX usado sozinho ou na mistura com o sulfato de alumínio, proporcionou remoções mais significativas nos parâmetros sólidos totais e turbidez e uma remoção satisfatória quanto a remoção de DQO, mas o autor relatou que somente o processo de flotação não foi possível atender a legislação.

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que os estudos apontados, mostram uma substituição dos coagulantes inorgânicos pelo biopolímeros pois são polímeros biodegradáveis e geram pouco lodo residual do processo de coagulação e flotação aplicado ao tratamento de efluentes. O efluente da indústria de cosméticos apresenta muitos sólidos e compostos orgânicos de baixa biodegradabilidade, pois isso os processos mais usados são os físico-químicos, bem como os processos oxidativos de avançados. Entretanto, observou-se que não têm muitos estudos de biopolímeros em tratamento de efluentes na indústria de cosméticos. O trabalho revisado indicou o uso do biopolímero Ecofloc 50 MX combinado com o sulfato de alumínio para redução dos parâmetros sólidos totais e turbidez e uma remoção satisfatória quanto a remoção de DQO.

4 REFERÊNCIAS

- ABIHPEC, **Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**. Anuário 2019. São Paulo: 2019.
- ALLOUI, F.; KCHAOU, S.; SAYADI, S. Physicochemical treatments of anionic surfactants wastewater: Effect on aerobic biodegradability. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, p. 353–359, 2009
- BAUTISTA, P.; MOHEDANO, A. F.; MENÉNDEZ, N.; CASAS J. A.; RODRIGUEZ, J.J. Catalytic wet peroxide oxidation of cosmetic wastewaters with Fe-bearing catalysts. **Catalysis Today**, v. 151, p. 148–152, 2010.
- BONGIOVANI, M. C. *et al.* Utilização do processo combinado coagulação/floculação/uf como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a moringa oleífera lam. Periódico: **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**. São Paulo, v. 9, n. 11, p. 65-76, 2013.
- BORBA, L, R. **Viabilidade do uso da Moringa oleífera lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001. 92 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p.19-21, 2001.
- BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MELO, T. J. A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- CARDOSO, Karina C. *et al.* Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/floculação da água bruta por meio da Moringa oleífera Lam. **Acta Scientiarum, Technology**, vol. 30, n. 2 [On-line]. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2008.
- CARVALHO, M. J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável**. 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de Tratamento de efluentes industriais**. Editora: J.E. Cavalcanti, 2009.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO, R.; BASSETI, F.de J. Estudo da viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. **2nd International Workshop - Advances in Cleaner Production**. 20-22 Maio, São Paulo, Brasil, p. 3, 2009.

CRUZ, João G. H. *et al.* **Aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento por coagulação/floculação e adsorção/ coagulação/floculação do efluente de uma lavanderia industrial**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2005, Campo Grande. Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade? Rio de Janeiro: ABES, 2005.

DA SILVA, F. J. A.; SOUZA, L. M. M.; MAGALHÃES, S. L. Uso potencial de biopolímeros de origem vegetal na decolorização de efluente têxtil índigo. In: **XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Joinville, 2003.

DIVAKARAN, R.; PILLAI, V. N. S. Flocculation of kaolinite suspensions in water by chitosan. **Water Research**, v. 35, n. 16, 2001

KIMURA, Irene Y. **Remoção de corantes reativos contendo grupos vinilsulfona e triazina por adsorção e coagulação/floculação com quitosana**. 2001. 200 f. Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2001.

LIED, Eduardo Borges; FAGUNDES-KLEN, Marcia Regina; VEIT, Márcia Teresinha. **Avaliação da eficiência do tratamento de água residuária de fecularia por coagulação/floculação utilizando extrato de Moringa oleifera**. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2011.

MAHMOUD, A.; FREIRE, R. S. Métodos emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de águas contaminadas. *Química Nova*, v. 30, n. 1, p. 198–205, 2007.

MARCHETTI, T. Tratamento de efluente líquido da indústria de cosméticos com sulfato de alumínio e biopolímero. **Revista da Graduação**, v. 7, n. 1, 2014. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/17833/0>. Acesso em: 21 maio de 2021.

MARTINEZ, F. L. *et al.* **Resinas de taninos vegetais para a remoção de metais**. Universidade de Havana, Cuba, 1997.

MARTINEZ, F. L. **Taninos vegetais e suas aplicações**. Universidade de Havana, Cuba, 1996.

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, Maringá, 2004.

MORAES, L. C. J.; BERGAMASCO, R. TAVARES, C. R. G.; RIBEIRO, R. M. Utilização do polímero natural quitosana no processo de coagulação/floculação/ultrafiltração para a produção de água potável. In: **XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campo Grande, 2005.

MORAES, W.O.; BRITO, N.N. Treatment of simulated wastewater via Fenton reaction at a production line of sunscreen. **Oxidation Communications**, v. 38, p. 2261-2272, 2015.

PERDIGÓN-MELÓN, J. A.; CARBAJO, J. B.; PETRE, A. L.; ROSAL, R.; GÁRCIA- CALVO, E. Coagulation–Fenton coupled treatment for ecotoxicity reduction in highly polluted industrial wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 181, p. 127– 132, 2010.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. 78 p. Trabalho de Diplomação (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

PITT, F. D.; BOING, D.; BARROS, A. A. C. Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e de fontes renováveis. *Revista da UNIFEBE*, v. 1, n. 09, 2011.

RANGEL, M. S. A. Moringa oleifera; uma planta de uso múltiplo. Embrapa-CPATC, Tabuleiros Costeiros. 1999. **Circular Técnica**, v.9, 41p. Aracaju, p. 23-31, 1999.

RENAULT, F.; SANCEY, B.; DABOT, P.M; CRINI, G. Chitosan for coagulation/flocculation processes – an eco-friendly approach. **European Polymer Journal**, v. 45, pg. 1337 – 1348, 2009.

RODRIGUES, P. A. E.; BOAVENTURA, R. A. R. **Otimização do processo de coagulação/floculação química na ETA do Ferro**. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 2004

SÁNCHEZ-MARTÍN J.; GONZÁLEZ-VELASCO M.; BELTRÁN-HEREDIA, J. Acacia mearnsii de wild tannin-based flocculant in surface water treatment. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, Beijing, v.29, n.2. 2009. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02773810902796146>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

SANTOS, J. E.; SOARES, J. P.; DOCKAL, E. R.; CAMPANA FILHO, S. P.; CAVALHEIRO, É. T. G. Caracterização de quitosanas comerciais de diferentes origens. **Revista Polímeros: ciência e tecnologia**, vol 3, n 4, São Carlos, SP. 2003.

SILVA, M. E. R.; AQUINO, M. D.; SANTOS, André B. Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbicos tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais. **Revista Tecnologia**, v.28, n.2, p. 179, 2007.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto**. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública – Fundação Oswaldo Cruz, São Paulo, 1999.

SUTHERLAND, J.P. *et al.* Moringa oleifera as a natural coagulant. In: **Conference Of The Wauwtosa Economic Development Corporation**, 20, 1994, Sri Lanka. Colombo: WEDC, p. 273-275, 1994.

TANAC, **Boletim Informativo**. Montenegro, 2008, 57 p.

VARGAS, G. D. P. *et al.* Polimento de esgoto sanitário tratado para obtenção de água de reuso. **Anais do XVIII Encontro Técnico AESABESP**, p. 10, 2007.

VAZ, Luiz Gustavo de Lima *et al.* Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Revista Eclética Química**. São Paulo. Volume 35, número 4, 2010.

VAZ, L. G. DE L. **Processo de coagulação/ floculação no tratamento de efluentes de galvanoplastia**. 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.