

II-027 - AVALIAÇÃO DO COAGULANTE TANINO NO TRATAMENTO PRIMÁRIO DE EFLUENTE DA INDÚSTRIA DE GRAXARIA PELO PROCESSO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO

Diego Macedo Veneu⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Severino Sombra (USS). Mestre em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos (PUC-Rio). Doutor em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos (UFRJ). Professor do Centro Universitário Geraldo Di Biase (UGB).

Vanessa Marques Ligeiro

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Universitário Geraldo Di Biase (UGB).

Cristiane Ribeiro Mauad

Química Industrial pela Universidade Severino Sombra (USS). Mestra em Química Analítica (PUC-Rio). Doutora em Química Analítica (PUC-Rio). Professora no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Felipe Sombra dos Santos

Engenheiro Químico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental (ENSP/FIOCRUZ). Mestre em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos (PUC-Rio). Doutor em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos (UFRJ). Professor Adjunto A do Departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química (UFRJ).

Lidia Yokoyama

Engenheira Química pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestra em Engenharia Metalúrgica (PUC-Rio). Doutora em Química (PUC-Rio). Professora Associada II do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química (UFRJ).

Endereço⁽¹⁾: Rua Antenor de Moura Raunheitti, 152 - Luz – Nova Iguaçu - RJ - CEP: 26260-050 - Brasil - Tel: (21) 2657-9150 - e-mail: diegomveneu@yahoo.com.br

RESUMO

Este estudo avaliou o tratamento de um efluente da indústria de graxaria empregando como método de tratamento a coagulação/flotação por ar dissolvido. Foram realizadas medidas de potencial zeta onde verificou-se que a carga das partículas atingiam valores de 14,2 mV a -11,3 mV, apresentando ponto isoelétrico em pH 6,3. Avaliando o efeito do pH na faixa de 5 a 8,5 foi possível observar que na faixa de pH 5 a 5,5 foram obtidas as maiores remoções de DQO, cor e turbidez, correspondendo a 55 a 57% para DQO, de 92 a 95% para cor e de 92 a 93% para turbidez. Já para ST, no pH 8,4 foi obtido o maior valor de remoção, correspondendo a 75% sendo este valor escolhido para os ensaios posteriores. Para avaliação do efeito da concentração do coagulante (tanino) foram realizados ensaios nas concentrações de 50 a 200 mg.L⁻¹. Os melhores resultados de remoção de DQO, cor e turbidez foram obtidos na concentração de 200 mg.L⁻¹ que correspondeu a 48,5%, 96,5% e 92,5%, respectivamente. Os valores de ST praticamente não sofreram alteração com o aumento da concentração de tanino, mantendo percentuais de remoção na faixa de 59 a 66,7%. O efeito da pressão de saturação foi avaliada na faixa de 2 a 6 bar. Na pressão de saturação de 6 bar foi alcançado os valores mais representativos de remoção de DQO (34,7%), cor (89%) e turbidez (91,7%). Já para ST, a pressão de 4 bar foi onde verificou-se o valor mais elevado de remoção, correspondendo a 88,1%. Por último, foi avaliado o efeito da taxa de retorno na faixa de 10 a 30%. Com uma taxa de retorno de 30% foram observados os valores de remoção mais elevados de DQO (42,7%) e de turbidez (88,8%), para ST e cor, os maiores valores foram obtidos na taxa de 20%, correspondendo a 90,6% e 83,4%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulante, Tanino, Graxaria, Flotação por Ar Dissolvido.

INTRODUÇÃO

Segundo Battistone e Daniello (1985), graxarias são unidades industriais destinadas a processar restos de carcaças, aparas de carnes, tendões, gorduras e ossos, produzindo farinha de origem animal (FOA), adubos, óleos, sebo e gorduras industriais. Os efluentes das graxarias são gerados durante as operações de lavagem de caminhões/veículos, pisos e equipamentos, derramamentos durante a descarga de digestores, lançamento das águas dos condensadores, separação da fase aquosa do sebo (decantação do sebo), drenagem de soluções

aquosas de lavadores de gases e de drenagem de águas pluviais de pátios abertos onde haja estocagem de matérias-primas (Pacheco, 2006). Estes efluentes caracterizam-se principalmente por: (i) alta carga orgânica; (ii) alto conteúdo de gordura; (iii) flutuações de pH em função do uso de agentes de limpeza ácidos e básicos; (iv) altos conteúdos de nitrogênio e fósforo; e (v) flutuações de temperatura.

Para minimizarem os impactos ambientais de seus efluentes líquidos industriais e atenderem às legislações ambientais pertinentes, as graxarias devem fazer o tratamento destes efluentes. Em muitos tratamentos físico-químicos de efluentes industriais, os processos de coagulação e floculação são utilizados com a finalidade de desestabilização e aglomeração de partículas coloidais para posterior remoção por meio de sedimentação, flotação ou filtração (Cardoso, 2003). Na indústria de graxaria onde foi desenvolvido o presente estudo, uma das operações empregadas em nível primário para o tratamento de seus efluentes é a flotação por ar dissolvido (FAD).

Segundo Pelegrino (2011) a FAD pode ser dividida em duas etapas: (i) a primeira etapa é de pré-tratamento que consiste do emprego de agentes coagulantes para desestabilização de partículas coloidais e formação de flocos, possibilitando efetivas colisões e associações entre bolhas e flocos, e (ii) a segunda etapa é a flotação propriamente dita. Nesta unidade o coagulante atualmente utilizado é o policloreto de alumínio (PAC).

O PAC é um sal de alumínio prepolimerizado, de fórmula bruta $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ na qual a relação $m/3n$.100 representa a basicidade do produto. Em função dessa basicidade, o PAC libera uma quantidade de ácido consideravelmente menor que os coagulantes tradicionais como sulfato de alumínio e cloreto férrico provocando uma menor variação do pH, além de apresentar uma remoção de partículas coloidais 2,5 vezes superior aos habitualmente utilizados (Magnan, 2010). Entretanto, o uso de sais de alumínio pode ser prejudicial aos seres humanos e aos organismos vivos, além do que, o excesso deste elemento nos recursos hídricos pode prejudicar o desenvolvimento de peixes e algas (Costa, 2008). Tal fato deve-se à toxicidade deste elemento para alguns organismos, podendo persistir na água tratada ou no lodo gerado pela estação de tratamento (Droste, 1997).

Algumas características como a redução da geração e dos teores de metais no lodo, a não alteração do pH da água e a ampla faixa de aplicação (pH de 4,5 a 8,0), além de uma redução no volume de lodo e redução de odores de ETE's (Cruz, 2004; Konradt-Moraes et al., 2007) credenciam os taninos como agentes coagulantes promissores aos tradicionalmente utilizados a base de alumínio e ferro. Os taninos são definidos como moléculas fenólicas biodegradáveis com capacidade de formar complexos com proteínas e outras moléculas e minerais, podendo ser usados no processo de coagulação/floculação (Castro-Silva et al., 2004). Alguns estudos vêm sendo conduzidos com a finalidade de se avaliar a eficiência de coagulantes poliméricos a base de taninos para tratamento de efluentes de galvanoplastia (Vaz et al., 2010), suinocultura (Kunz et al., 2010), esgoto sanitário (Hameed et al., 2016), curtume (Tamogami et al., 2014), lavanderia (Cruz, 2004 ; Thompson Jr. et al., 2013), abatedouro de aves (Lucyk et al., 2015), retífica de motores (Bombardelli e Hemkemeier, 2015), lixiviado de aterro sanitário (Macruz, 2015), café (Nascimento, 2014), alimentícia (Peralta, 2014), dentre outros.

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a aplicação de um coagulante natural a base de tanino para o tratamento primário de um efluente proveniente de uma indústria de graxaria através do processo de coagulação/flotação por ar dissolvido em experimentos realizados em escala de bancada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção, Características do Efluente e Reagentes Utilizados

O efluente utilizado no presente estudo é proveniente de uma unidade de graxaria que produz farinha FOA e armazena sebo para fabricação de produtos de limpeza, gerando um efluente com uma vazão de aproximadamente $360 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. As amostras do efluente foram coletadas antes da unidade de flotação por ar dissolvido e acondicionadas em bombonas de 5 L, previamente higienizadas e posteriormente levadas ao laboratório para serem utilizadas nos ensaios em batelada. A Tabela 1 mostra alguns parâmetros físico-químicos do efluente bruto. No presente estudo foi utilizado uma solução estoque do coagulante a base de tanino (Tanfloc SG) na concentração de $100 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ e uma solução estoque de polímero aniônico (Polyacqua

A100) na concentração de 1,0 g.L⁻¹. Foram preparadas soluções estoques de NaOH (0,1 M) e HCl (2,0 M) para ajuste de pH.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos do efluente bruto

Parâmetro	Valores
Demanda Química de Oxigênio (mg.L ⁻¹)	4030 - 4765
pH	8,2 - 8,4
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	1126 - 1736
Turbidez (uT)	234 - 377
Cor (uH)	2620 - 5452

Ensaio de Coagulação/Flotação por Ar Dissolvido

Os ensaios de coagulação/flotação por ar dissolvido do efluente foram realizados com um flotor que consiste de um vaso saturador com volume útil de 3,5 L e um sistema de despressurização da água saturada (placa de orifício), adaptado a uma célula de flotação de acrílico com volume útil de 3,0 L. Inicialmente a câmara de saturação foi preenchida com água até o volume desejado, em seguida, era iniciado o processo de pressurização da água (saturação) até atingir a pressão desejada durante 30 minutos. Cada ensaio foi realizado com 2,0 L de efluente que foi introduzido na célula de flotação conectada ao vaso saturador e o pH ajustado. Em seguida, foi introduzido o coagulante sobre uma agitação mecânica de 120 rpm e um tempo de coagulação de 2 min. Em seguida, foi adicionado o floculante sobre uma agitação mecânica de 30 rpm durante 10 min, após o término do tempo de floculação, a válvula de saída de água saturada era aberta para a aplicação da água saturada com ar para as diferentes taxas de retorno. As amostras de efluente tratado eram em seguida coletadas após aproximadamente 10 minutos de flotação. A determinação da eficiência do tratamento foi determinada pelas análises de Demanda Química de Oxigênio, Turbidez, Cor e ST do efluente antes e após o tratamento. Os valores dos parâmetros apresentados no referido trabalho, tratam-se das médias aritméticas dos resultados obtidos nas análises realizadas em triplicata de acordo com os métodos analíticos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Medições de Potencial Zeta

As medições de potencial zeta das partículas do efluente foram realizadas antes do tratamento, usando um equipamento denominado Zetasizer Nano (Nano-ZS) acoplado a um titulador multiuso (MPT-2), ambos do fabricante Malver. As medições foram realizadas para diferentes valores de pH (3 a 10), visando a obtenção da carga das partículas e o pH que apresenta o Ponto Iso-Elétrico (PIE). Na determinação do potencial zeta, empregou-se como eletrólito indiferente uma solução de 0,01 mM de NaCl preparada com água deionizada. A suspensão coloidal das partículas foi preparada na concentração de 0,5% m/V. Foram feitas soluções independentes de 0,1 M de HCl, 0,01 M de NaOH e 0,1 M de NaOH para ajuste de pH pelo titulador automático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Medição de Potencia Zeta

A Figura 1 mostra a curva de potencial zeta em função do pH para as partículas provenientes do efluente em estudo do pH 3 ao 10. No pH de 3, observa-se o valor mais positivo de potencial zeta, correspondendo a 14,2 mV, a partir deste pH ocorre um leve decréscimo nos valores, atingindo o valor de 12,3 mV no pH de 5. A partir do pH de 5, pode-se observar um decréscimo acentuado, passando pelo ponto isoelétrico (PIE) no pH 6,3. A partir do pH de 8 até o pH de 10, os valores do potencial zeta praticamente se mantêm constantes na faixa de -10 mV a -11,3 mV, respectivamente.

Como observado na Tabela 1, o pH do efluente bruto encontra-se na faixa de pH de 8,2 a 8,4, ou seja, as partículas estão carregadas negativamente, sendo necessário a adição de um coagulante catiônico, como é o caso do tanino utilizado neste estudo. Com isso, espera-se que o processo de coagulação que precede a

flotação por ar dissolvido seja predominantemente realizado através do mecanismo de neutralização de cargas (Richter, 2009).

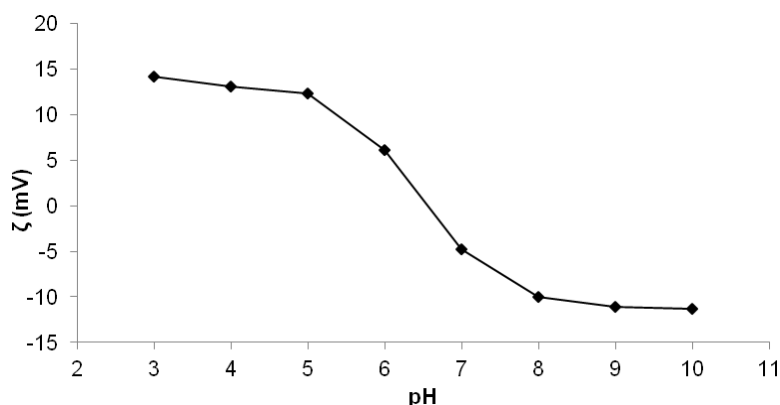


Figura 1. Potencial zeta das partículas do efluente.

Efeito do pH

Na Figura 2 são mostrados os valores obtidos de DQO, ST, cor e turbidez após o processo de coagulação/flotação por ar dissolvido nos valores de pH de 5 a 8,4. Como pode se visto, na faixa de pH 5 a 5,5 foram obtidos os menores valores de DQO, cor e turbidez, correspondendo a remoções de 55 a 57% para DQO, de 92 a 95% para cor e de 92 a 93% para turbidez. A partir do pH 5,5 os valores de DQO, cor e turbidez aumentam, atingindo assim, os resultados mais elevados na faixa de pH de 7 a 8,4, correspondendo a remoções de apenas 7,7 a 20% para DQO, de 44 a 45% para cor e de 67 a 70% para turbidez. Já os valores de ST, apresentaram um comportamento diferente dos demais parâmetros, a medida que o pH foi aumentado, os valores de ST diminuíram consideravelmente, passando de uma remoção de apenas 28% em pH 5, para uma remoção de 75% em pH 8,4.

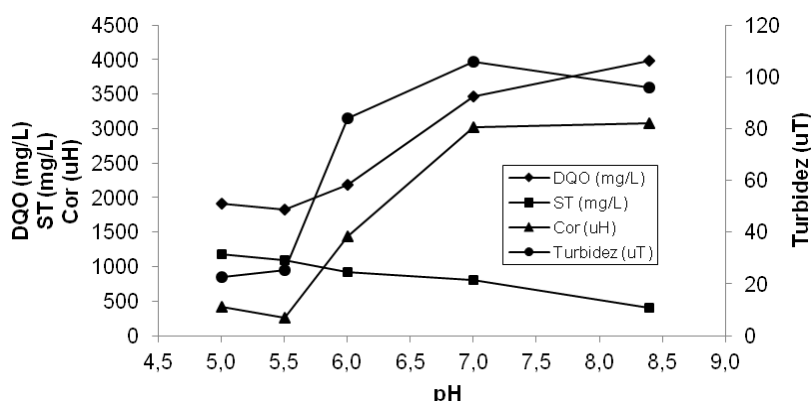


Figura 2. Efeito do pH no tratamento do efluente (concentração de coagulante: 50 mg.L⁻¹; concentração de floculante: 0,1 mg.L⁻¹; pressão de saturação: 2 bar e; taxa de retorno: 10%)

Como pode se visto, os valores de remoção de DQO, cor e turbidez mais expressivos não coincidiram com o PIE do efluente (PIE = 6,3), este fenômeno pode estar associado a outros mecanismos que agem adicionalmente ao de neutralização de cargas, inicialmente proposto, como a formação de ponte, onde as partículas são adsorvidas numa cadeia polimérica e simultaneamente adsorvidas a outra cadeia estimulando a formação de flocos tridimensionais (Li et al., 2009).

Como o propósito inicial é o tratamento primário, ou seja, a remoção de ST, determinou-se que não seria necessário o ajuste de pH para valores mais ácidos, permanecendo este em pH 8,4. Além disso, a correção do pH para valores mais ácidos proporcionaria um custo elevado com a adição de uma solução ácida e poderia interferir negativamente no tratamento secundário que será realizado pelo processo de lodos ativados uma vez que este pode sofrer algum grau de inibição em pH superior a 9,0 e inferior a 6,0 (Umsza Guez, 2004).

Efeito da Concentração de Coagulante

A Figura 3 mostra os valores obtidos de DQO, ST, cor e turbidez após o processo de coagulação/flotação por ar dissolvido nas concentrações de coagulante de 50 a 200 mg.L⁻¹. Pode-se observar que os valores de cor e turbidez tiveram um comportamento semelhante, a medida que a concentração de coagulante era incrementada, os valores diminuíram acentuadamente e consequentemente os percentuais de remoção aumentavam significativamente. Nas concentrações de 50 e 200 mg.L⁻¹ foram observadas remoções de cor de 38,6 e 96,5%, já para turbidez foram observadas remoções de 68 e 92,5%, respectivamente. Vaz et al. (2010) em seus estudos para remoção de cor e turbidez em um efluente de galvanoplastia empregando tanino como agente coagulante obteve que os melhores resultados de remoção foram obtidos na concentração mais elevada (400 mg.L⁻¹), correspondendo a remoções de 96,7% e 99,4%, respectivamente.

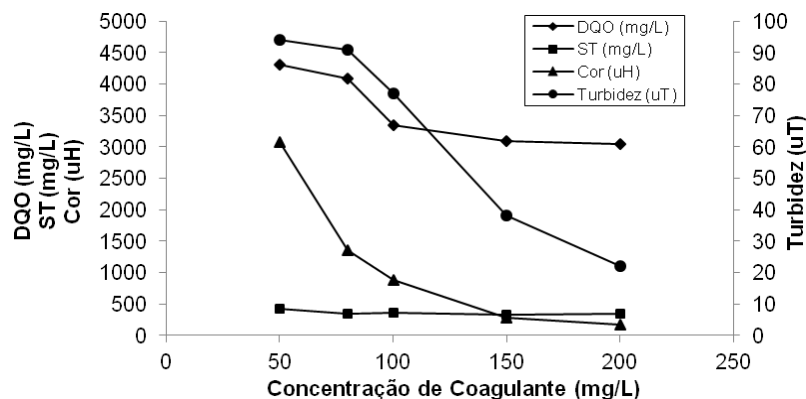


Figura 3. Efeito da concentração de coagulante no tratamento do efluente (pH: 8,4; concentração de floculante: 0,1 mg.L⁻¹; pressão de saturação: 2 bar e; taxa de retorno: 10%)

Os valores de DQO decresceram com o aumento da concentração de coagulante, porém esta redução não foi tão acentuada quanto às observadas para cor e turbidez, apresentando remoções na faixa de 27 a 48,5%. Hameed et al. (2016) utilizando um tanino para coagulação/floculação de um efluente de esgoto sanitário observou um comportamento semelhante, mesmo com o incremento da concentração do coagulante, os percentuais de remoção de DQO não aumentavam, pelo contrário, diminuíam. Segundo os autores, este fenômeno pode ser devido ao residual de tanino no efluente, agindo como poluente orgânico.

Os valores de ST praticamente não sofreram alteração com o incremento de concentração de coagulante, mantendo percentuais de remoção na faixa de 59 a 66,7%. Hameed et al. (2016) observou que mesmo com o aumento da concentração de tanino de 10 a 80 mg.L⁻¹ a redução de SST não aumentou significativamente, permanecendo na faixa de 60% de remoção.

Este fenômeno de redução significativa somente dos valores de cor e turbidez pode estar associado ao mecanismo de coagulação por compressão da dupla camada elétrica uma vez que a força iônica da solução aumentou consideravelmente com o incremento da concentração do coagulante (Davis e Masten, 2014).

Efeito da Pressão de Saturação

Na Figura 4 são apresentados os valores obtidos de DQO, ST, cor e turbidez após o processo de coagulação/flotação por ar dissolvido para as pressões de saturação de 2 a 6 bar. Como pode ser observado, os valores de DQO e cor obtiveram um decréscimo pouco acentuado a medida que a pressão de saturação foi incrementada de 2 a 6 bar, obtendo os valores de remoção de 21,6 a 34,7% para DQO e de 70 a 89% para a cor, respectivamente. Estes resultados evidenciam a necessidade de um tratamento secundário como de fato é realizado na ETE em questão através do processo de lodos ativados.

Já os valores de turbidez sofreram uma redução significativa, obtendo uma remoção de 76,6% na pressão de saturação de 2 bar e o resultado mais expressivo na pressão de saturação de 6 bar, correspondendo a uma remoção de 91,7%. Para os valores de ST, a pressão de saturação de 4 bar foi a que apresentou o menor valor e consequentemente a maior remoção, correspondendo a 88,1%. Estes valores mais expressivos em pressões de saturação de 4 e 6 bar corroboram com os valores recomendados para produção de microbolhas,

proporcionando assim, uma velocidade ascensional menor do que bolhas de maiores dimensões, assegurando assim, um tempo de residência, permitindo mais oportunidades para as colisões entre bolhas/partículas (Edzwald et al., 1992).

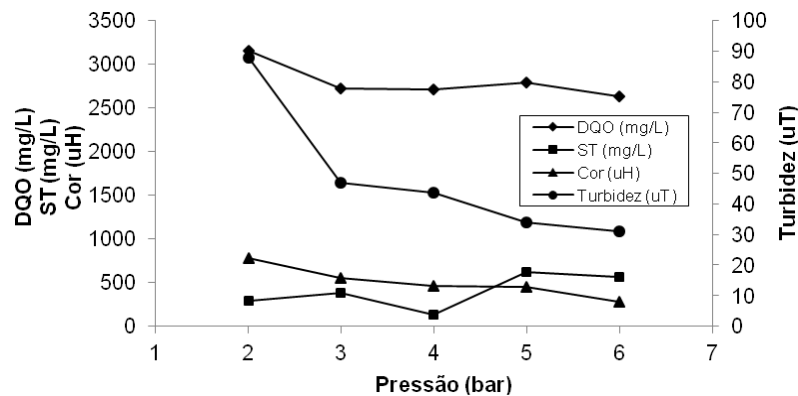


Figura 4. Efeito da pressão de saturação no tratamento do efluente (pH: 8,4; concentração de coagulante: 200 mg.L⁻¹; concentração de floculante: 0,1 mg.L⁻¹ e; taxa de retorno: 10%)

Taxa de Retorno

Na Figura 5 são apresentados os valores obtidos de DQO, ST, cor e turbidez após o processo de coagulação/flotação por ar dissolvido para as taxas de retorno de 10 a 30%. Pode-se observar uma leve tendência de aumento nos percentuais de remoção de DQO e turbidez a medida que a taxa de retorno foi incrementada de 10 para 30%, obtendo os valores mais expressivos de 42,7% de DQO e 88,8% de turbidez na taxa de retorno de 30%. Este comportamento pode estar associado ao aumento no número e do tempo de residência das bolhas, havendo assim um melhor contato entre bolha-agregado.

Em estudo conduzido por Veneu et al. (2015) com dois tipos de efluentes (petroquímico e de laticínio) verificou-se um comportamento semelhante ao presente estudo, a medida que a taxa de retorno foi incrementada de 10% para 20% e posteriormente para 30% houve um aumento gradual na remoção de DQO nos dois tipos de efluentes, culminando em uma remoção de 98,3 e 78,9% na taxa de retorno de 30%, respectivamente.

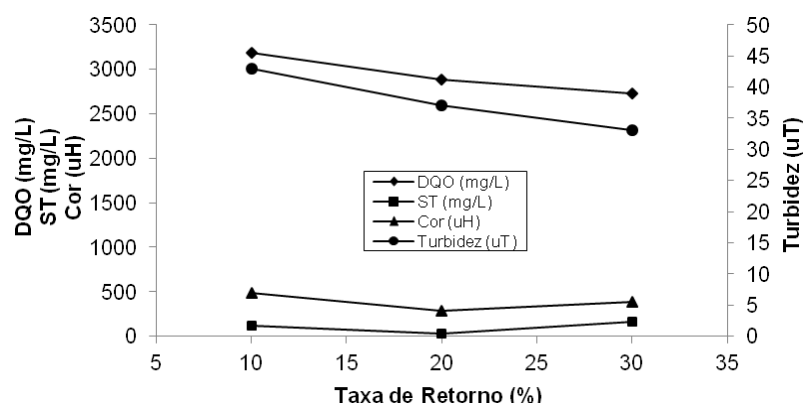


Figura 5. Efeito da taxa de retorno no tratamento do efluente (pH: 8,4; concentração de coagulante: 200 mg.L⁻¹; concentração de floculante: 0,1 mg.L⁻¹ e; pressão de saturação: 4 bar)

Embora os valores dos percentuais de remoção de sólidos totais encontrados foram sempre > 90,6% e os de cor > 83,4% para toda faixa em estudo (10 a 30%), os valores mais elevados foram obtidos com uma taxa de retorno de 20% (98,6% ST e 90,3% cor). Este comportamento pode estar associado a uma relação ótima entre Ar/Sólidos (A/S), uma vez que valores muito pequenos ou muito elevados causam efeitos adversos na Flotação por Ar Dissolvido (Edzwald, 1995).

CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos, conclui-se que a carga das partículas atingiam valores de 14,2 mV a -11,3 mV, apresentando ponto isoelétrico (PIE) em pH 6,3. Na faixa de pH 5 a 5,5 foram obtidas as maiores remoções de DQO, cor e turbidez, correspondendo a 55 a 57% para DQO, de 92 a 95% para cor e de 92 a 93% para turbidez. Já para ST, no pH 8,4 foi obtido o maior valor de remoção, correspondendo a 75%. Nos ensaios realizados com o coagulante tanino, os melhores resultados de remoção de DQO, cor e turbidez foram obtidos na concentração de 200 mg.L⁻¹ que correspondeu a 48,5%, 96,5% e 92,5%, respectivamente. Os valores de ST praticamente não sofreram alteração com o aumento da concentração de tanino, mantendo percentuais de remoção na faixa de 59 a 66,7%. Na pressão de saturação de 6 bar foi alcançado os valores mais representativos de remoção de DQO (34,7%), cor (89%) e turbidez (91,7%). Já para ST, a pressão de 4 bar foi onde verificou-se o valor mais elevado de remoção, correspondendo a 88,1%. Na taxa de retorno de 30% foram observados os valores de remoção mais elevados de DQO (42,7%) e de turbidez (88,8%), para ST e cor, os maiores valores foram obtidos na taxa de 20%, correspondendo a 90,6% e 83,4%, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATTISTONE, N.H.; DANIELLO, J.A. A percepção da comunidade sobre os poluentes gerados pelas graxarias. São Paulo: Cetesb, 1985.
2. BOMBARDELLI, D.B.; HEMKEMEIER, M. Pós-tratamento Físico-Químico de Efluente de uma Retífica de Motores do Sul do Brasil, Revista CIATEC, v. 7, n. 2, p. 52-62, 2015.
3. CARDOSO, M. Efeito do tipo de coagulante na produção de lodo de estação de tratamento de água. Universidade de São Paulo, Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós Graduação em Hidráulica e Saneamento, 109 p., 2003.
4. CASTRO-SILVA, M.A.; RORIG, L.R.; LAMB, L.H.; HECK, C.A.; DECUSATI, O.G. Microrganismos Associados ao Tratamento de Águas de Abastecimento com Coagulante Orgânico Vegetal (Tanato Quaternário de Amônio). Revista Estudos de biologia, v. 26, n. 54, p. 21-27, 2004.
5. COSTA, A.F.S. Aplicação de Tratamentos Biológicos e Físico-Químico em Efluente de Lavanderia e Tinturaria Industriais do Município de Toritama no Estado de Pernambuco. Universidade Católica de Pernambuco, Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais, 87 p., 2008.
6. CRUZ, J.G.H. Alternativas para a Aplicação de Coagulante Vegetal à Base de Tanino no Tratamento do Efluente de uma Lavanderia Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação – Mestrado Profissionalizante em Engenharia, 62 p., 2004.
7. DAVIS, M.L.; MASTEN, S.J. Principles of Environmental Engineering and Science. New York: MacGraw-Hill Global Education Holdings, 854 p., 2014.
8. DROSTE, R.L. Theory and practice of water and wastewater treatment. New York: John & Sons, 800 p., 1997.
9. EDZWALD, J. K. Principles and applications of dissolved air flotation. Water Science Technology, v.31, p.3–4, 1995.
10. EDZWALD, J. K.; WALSH, J. P.; KAMINSKI, G. S.; DUNN, H. J. Flocculation and air requirements for dissolved air flotation. Journal of the American Water Works Association, v.84, p.92–100, 1992.
11. HAMEED, Y.T.; IDRIS, A.; HUSSAIN, S.A.; ABDULLA, N. A tannin-based agent for coagulation and flocculation of municipal wastewater: Chemical composition, performance assessment compared to Polyaluminum chloride, and application in a pilot plant, Journal of Environmental Management, v. 184, p. 494-503, 2016.
12. KONRADT-MORAES, L.C.; BERGAMASCO, R.; TAVARES, C.R.G.; BONGIOVANI, M.C.; HENNIG, D. Avaliação da Eficiência de Remoção de Cor e Turbidez Utilizando como Agente Coagulante os Taninos Vegetais com a Finalidade de Obtenção de Água Tratada. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.
13. KUNZ, A.; STEINMETZ, R.L.R., BORTOLI, M. Separação sólido-líquido em efluentes da suinocultura, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 11, p. 1220–1225, 2010.
14. LI, Z; ZHONG, S.; LEI, H.Y.; CHEN, R.W., YU, Q., LI, H.L. Production of a novel bioflocculant by *Bacilluslicheniformis* X14 and its application to low temperature drinking water treatment. Bioresource Technology, v. 100, p. 3650-3656, 2009.
15. LUCYK, N.; HERMES, E.; SILVA, R.P.; PUJARRA, S.; SIMIONI, R.J.; ZENATTI, D.C. Uso de Coagulantes Naturais no Tratamento de Coagulação/Floculação de Efluente Proveniente de Abatedouro de Aves, Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 4, p. 576-587, 2015.

16. MACRUZ, P.D. Avaliação do Tratamento do Chorume de Aterro Sanitário por Processo de Coagulação/Floculação com o Coagulante Tanino e Policloreto de Alumínio (PAC), Tecnológica Federal do Paraná, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental), 74 p., 2015.
17. MAGNAN, R.B. Análise da viabilidade técnica e financeira da substituição do coagulante cloreto férrico por policloreto de alumínio durante o processo físico-químico no tratamento de efluente de abatedouro avícola. Universidade de Passo Fundo - Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Ambiental, 54 p., 2010.
18. NASCIMENTO, M.S. Comparação de Coagulantes Utilizados no Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Café Solúvel por Meio da Avaliação do Ciclo de Vida Simplificada, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental), 98 p., 2014.
19. PACHECO, J.W. Guia técnico ambiental de graxarias, São Paulo, Cetesb, 80 p., 2006.
20. PELEGRINO, E.C.F. Emprego de Coagulante à Base de tanino em Sistema de Pós-Tratamento de Efluente de Reator UASB por Flotação. Universidade de São Paulo, Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós Graduação em Hidráulica e Saneamento, 161 p., 2011.
21. PERALTA, A.H. Tratamento de efluente de indústria alimentícia por processos físico-químicos e biológicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental), 75 p., 2014.
22. RICHTER, C.A. Água: Métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Editora Blucher, 340 p., 2009.
23. TAMOGAMI, C.; RIZK, M.C.; ALMEIDA, T.S. Avaliação do uso de tanino em pH neutro no tratamento de efluente de curtume, Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 10, n. 1, p. 42-50, 2014.
24. THOMPSON JR., J.P. Investigação da Flotação por Ar Dissolvido no Tratamento de Efluente de Lavanderia Industrial Utilizando Coagulante de Fonte Renovável: Tanino. Universidade Federal de Uberlândia, Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Química, 122 p., 2013.
25. UMSZA GUEZ, M.A. Tratamento aeróbio da manipueira por lodo ativado em batelada e batelada alimentada. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2004.
26. VAZ, L.G.L.; KLEN, M.R.F.; VEIT, M.T.; SILVA, E.A. BARBIERO, T.A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia, Eclética Química, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.
27. VENEU, D.M.; BRANDÃO, M.P.; VASCONCELLOS, N.S.; SANTOS, F.S.; YOKOYAMA, L. Avaliação do Processo de Coagulação/Flotação por Ar Dissolvido na Remoção de DQO de Efluente Petroquímico e de Laticínio. 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 7 p., 2015.