

II-075 DETERMINAÇÃO DE CONDIÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL QUE INFLUENCIAM NO PROCESSO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO

José Pedro Thompson Jr.⁽¹⁾

Químico Industrial e Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade São Francisco, Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia e Professor na Universidade São Francisco.

André Luiz de Oliveira

Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil/UFU. Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil/UFU

Márcio Ricardo Salla

Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil/UFU. Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil/UFU

Sheila Cristina Canobre

Professora Doutora do Instituto de Química/UFU.

Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente (LAETE/UFU)

Fábio Augusto do Amaral

Professor Doutor do Instituto de Química/UFU.

Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente (LAETE/UFU)

Endereço⁽¹⁾: LAETE- Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente

Instituto de Química – Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1D, Campus Santa Mônica, Bairro Santa Mônica - Uberlândia – MG - CEP: 38408-100 – Brasil – Tel: (34) 3239-4143 R203- e-mail: thompson.jr@uol.com.br

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a avaliação das condições de tratamento de efluente de uma lavanderia industrial e como tais medidas interferem no processo de separação sólido-líquido via flotação por ar dissolvido (FAD). Tais condições foram analisadas a partir da construção de um diagrama de coagulação relacionando o pH de coagulação, dosagens de coagulante com o índice de turbidez final do efluente tratado. A metodologia de tratamento visava à obtenção de flocos menos densos e expansivos, ideias para o processo de FAD.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente Industrial, Diagrama de Coagulação, Flotação por Ar Dissolvido, FAD.

INTRODUÇÃO

O esgotamento dos recursos hídricos tornou-se realidade em algumas regiões do planeta, de modo que muitos países já sofrem extremamente com este problema. Estima-se que 18% da população mundial não tenham água disponível para suprir suas necessidades e em 2050 as estimativas são ainda mais catastróficas: caso a situação atual não se altere três quartos dos habitantes da Terra não terão acesso a este recurso essencial à vida¹.

Indispensável também na produção de energia nas centrais nucleares, nas centrais de energia fóssil, nos sistemas hidrelétricos, a água é um elemento chave em quase todos os segmentos industriais que, muitas vezes, são providos de processos que “contribuem”, alterando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, inserindo diversos tipos de contaminantes na água utilizada, descartando estes, agora efluentes, sem a preocupação dos possíveis impactos ao meio ambiente, pois ao serem despejados com os seus contaminantes característicos, ocasionam a alteração da qualidade dos corpos receptores e, conseqüentemente, a sua poluição (degradação).

Embora a utilização da água para fins industriais possa ocorrer de diversas formas, alguns segmentos industriais destacam-se pela acentuada demanda de água dos seus processos e concentrações de contaminantes sólidos inseridos nesta água residuária, um exemplo disso são as lavanderias industriais, que geralmente prestam serviços a hotéis, fábricas, hospitais e até mesmo domicílios, terceirizando a lavagem de roupas e uniformes realizando várias operações, tais como: amaciamentos, desbotamentos, lavagens, estonagens e desengomagens.

Os efluentes provindos dessas lavanderias industriais são gerados em volumes significativos contendo uma elevada variedade de substâncias diferentes, de acordo com o segmento de material a ser lavado. Esta característica justifica a dificuldade no tratamento deste tipo de água residuária que, por muitas vezes apresenta substâncias contaminantes que reagem entre si após os despejos dos processos². Além das características químicas, a elevada concentração de sólidos totais deste efluente, na ordem de 2 a 4%, é um fator referencial para a determinação dos possíveis tipos de processos de tratamentos a serem empregados, principalmente, na etapa de separação sólido-líquido, de processos de tratamentos físico-químicos. O tratamento das águas residuárias é condição fundamental para se evitar e/ou controlar a poluição hídrica, além de ser um dos instrumentos da estratégia do desenvolvimento sustentável.

O processo físico-químico de tratamento de águas residuárias provindas de lavanderia industrial é comumente realizado por coagulação/floculação, seguido de uma etapa de separação sólido-líquido, que pode ser promovida por sedimentação, flotação ou filtração. O tratamento pode ser complementado por um processo de polimento por adsorção com carvão ativado ou adoção de lagoas de estabilização³.

A coagulação e/ou floculação são processos físico-químicos que fazem com que as partículas coloidais sejam agregadas, provocando a aglomeração das impurezas suspensas, facilitando a sua remoção⁴. Segundo Bratby (1980), a coagulação pode ser compreendida pela desestabilização da dispersão coloidal, devido à compressão ou redução da dupla camada elétrica. Este mecanismo pode ser compreendido pela adição de coagulantes compostos por sais metálicos, sendo estes eletrólitos hidrolisáveis tais como Fe^{3+} ou Al^{3+} , dosados com a finalidade de reduzir as forças eletrostáticas de repulsão, que mantém separadas as partículas em suspensão. Tais coagulantes liberam espécies químicas com alta densidade de cargas elétricas de sinal contrário às manifestadas pelas partículas presentes na água bruta⁵.

Alguns coagulantes de fontes renováveis, como taninos, apresentam potencial alternativo para a substituição dos sais metálicos, principalmente por se tratar de compostos biodegradáveis com elevado grau de pureza. O tanino consiste num polímero orgânico catiônico de baixa massa molar, extraído da casca de vegetais como a Acácia Negra, atua em sistemas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre essas partículas. De acordo com Thompson (2013), as características dos coagulantes estão diretamente correlacionadas com os fatores, estabilidade e desestabilização de sistemas coloidais, sobretudo a formação de coágulos e flocos depende também das etapas de homogeneização ou mistura. Turbidez, cor, dosagem do coagulante, pH da água, temperatura e natureza das substâncias também são exemplos de condições as quais a etapa de coagulação é consideravelmente sensível.

Uma metodologia de tratamento de águas referenciada por medidas obtidas por intermédio de ensaios de jarro (*jar test*) para a construção de um diagrama de coagulação permite a obtenção das melhores condições de dosagens de reagentes para a coagulação e, conseqüentemente, para posteriores etapas do tratamento de um efluente. Além disso, por intermédio dele, é possível estimar as vantagens econômicas de cada agente químico utilizado em tal etapa, pois ele direciona (a partir das dosagens de reagentes investigados nos ensaios de coagulação, floculação e sedimentação) qual o pH e concentração de coagulantes e floculantes apropriados para o tratamento adequado de um determinado efluente. Os diagramas de coagulação podem ser obtidos, por ensaios de coagulação e filtração ou pela execução de ensaios de coagulação, floculação e sedimentação, dependendo do tipo de tecnologia de tratamento em questão⁶.

Para a separação, sólido-líquido, pelo convencional processo de decantação, adota-se como força propulsora a ação da gravidade. Segundo a concentração e a tendência das partículas interagirem. No entanto, a técnica de flotação vem ganhando espaço entre as demais alternativas de tratamento por apresentar várias vantagens como maior taxa de aplicação superficial, maior eficiência do processo, ocupar menor área útil e proporcionar a geração de um lodo mais adensado. Os processos de flotação podem ser classificados de acordo com o método de geração de bolhas. Baseado nesses métodos convencionais de geração de bolhas tem-se os principais processos de flotação: Eletro-flotação, Flotação por Ar Induzido e Flotação por Ar Dissolvido.

A flotação por ar dissolvido é um processo de separação sólido-líquido (e/ou líquido-líquido) no quais bolhas de ar, produzidas pela depressurização de uma corrente aquosa saturada com ar em uma pressão acima da pressão atmosférica, são utilizadas para capturar partículas sólidas (e/ou líquidas) dispersas em um meio aquoso⁹. Este processo de separação vem ganhando espaço entre as demais alternativas de tratamento por

apresentar várias vantagens como maior taxa de aplicação superficial, maior eficiência do processo, ocupar menor área útil e proporcionar a geração de um lodo mais adensado⁷.

As características do efluente de uma lavanderia industrial sugerem o tratamento pelo processo de decantação convencional, pois, geralmente apresentam elevadas concentrações de sólidos suspensos e partículas densas, elevada turbidez e alcalinidade. Segundo Zabel (1984)⁸, caso ocorra a viabilidade do emprego da FAD no tratamento de efluentes de lavanderias indústrias, certamente, este processo apresentaria muitas vantagens a serem consideradas, tais como: maior velocidade de separação sólido-líquido; maior economia (já que os gastos com obras civis são menores, operação da estação de tratamento em maiores vazões e menores espaços para serem instaladas).

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo a avaliação das condições de tratamento de efluente de uma lavanderia industrial e como estas condições interferem no processo de separação sólido-líquido via flotação por ar dissolvido (FAD). Tais condições foram analisadas a partir da construção de um diagrama de coagulação relacionando o pH de coagulação, dosagens de coagulante com o índice de turbidez final do efluente tratado. A metodologia de tratamento visou obtenção de flocos menos densos e expansivos, ideais para o processo de FAD.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizando um efluente oriundo de uma lavanderia industrial localizada no interior de São Paulo, seu tratamento consistiu de um processo físico-químico baseado na equalização com solução de H₂SO₄ 10%, geração de cargas negativas com solução de NaOH 10%, seguidos de coagulação e separação sólido-líquido por flotação por ar dissolvido (FAD)⁹. Na coagulação, o Tanfloc SL como agente coagulante em concentrações que variaram de 50 a 7500 ppm, aplicado em uma ampla faixa de pH (3,0 a 10,0)¹⁰.

O estabelecimento do diagrama de coagulação foi baseado no trabalho realizado pelo grupo LAETE-Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes¹¹.

A separação do lodo formado na etapa de coagulação foi realizada a partir do processo de flotação por ar dissolvido em condições pré-determinadas em trabalho do grupo LAETE¹⁰, como pressão de saturação ajustada entre 4,0 Kgf/cm² e 5,0 Kgf/cm², taxa de recirculação de água de 17,5% e concentração de surfactante de 20 ppm aplicado na câmara de saturação. A Figura 1 a seguir representa o fluxograma das etapas desenvolvidas para a investigação do emprego da flotação por ar dissolvido.

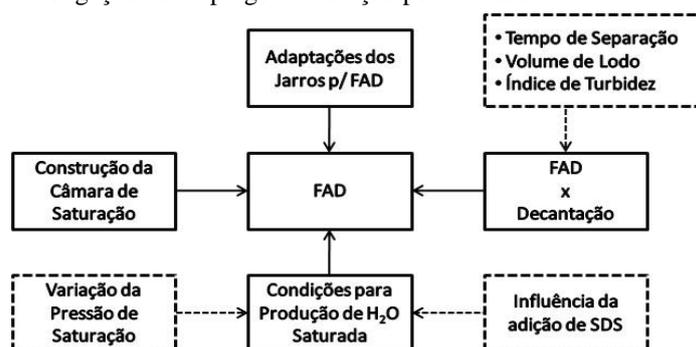


Figura 1: Fluxograma das etapas investigadas para o emprego da flotação por ar dissolvido (FAD).

A eficiência desta etapa foi avaliada pela redução do índice de turbidez do efluente tratado (para averiguação da aderência dos flocos às microbolhas) e também pela variação de volume de lodo (para averiguação da compactação do lodo, em comparação com o processo de separação por sedimentação), cujo objetivo do tratamento era a formação de flocos expansivos e menos densos, que se aderissem facilmente à microbolha, sendo capaz de serem removidos pela flotação por ar dissolvido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente bruto da lavanderia industrial apresentava características iniciais de pH básico, em torno de 9,5 e índice de turbidez de 1010 NTU.

A fim de se estabelecer as faixas de pH e de concentrações de coagulante, inicialmente, estabeleceu-se um diagrama de coagulação para o tanino, que constituiu no mapeamento da efetividade de remoção de turbidez (Tabela 1).

Tabela 1: Percentual de remoção de turbidez relacionado com a concentração de tanino e com pH de aplicação do coagulante.

pH	Concentração de Tanino SL / ppm							
	50	250	1000	1750	3000	4000	5000	7500
	Percentual de remoção de turbidez / %							
3	11,97	95,00	90,04	94,46	92,12	98,94	76,21	98,91
4	72,40	93,07	95,84	98,90	97,58	99,56	98,41	98,40
5	0,00	73,90	87,77	99,03	80,54	99,42	98,10	99,24
6	16,78	68,88	81,05	82,99	53,49	99,40	98,23	99,04
7	18,24	60,12	70,79	66,97	35,56	96,83	95,18	98,98
8	78,54	71,63	81,89	70,36	32,52	98,44	98,20	99,05
9	87,77	75,36	89,49	85,56	47,72	99,12	97,19	99,03
10	82,04	92,65	87,39	92,11	58,35	93,08	68,29	94,80

A Figura 2 mostra a representação gráfica de superfície 3D dos resultados expressos na Tabela 1.

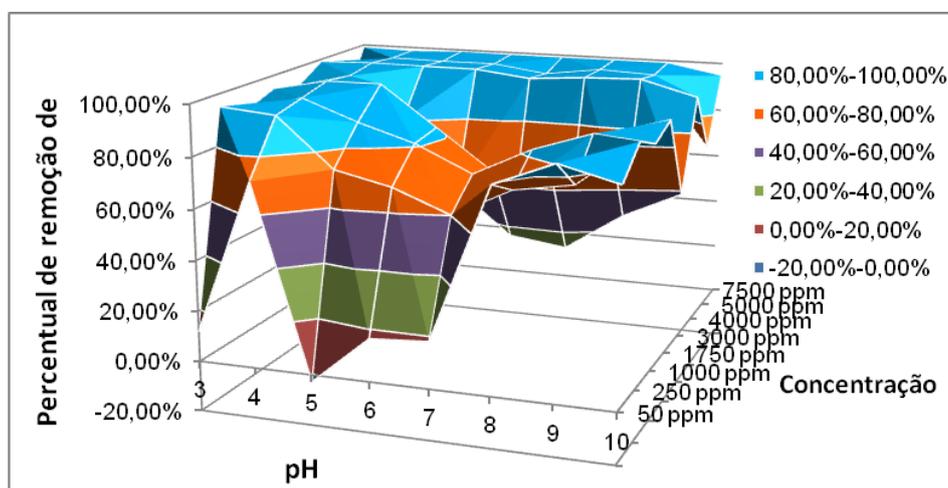


Figura 2: Gráfico de superfície 3D relacionando concentração de coagulante, pH de coagulação e percentual de remoção de turbidez do efluente tratado com Tanino.

A partir da Figura 2 pode-se concluir que, em geral, em baixas concentrações de tanino (menores que 500 ppm), a remoção de turbidez ficou abaixo de 80% indicando quantidade de coagulante insuficiente, e em médias concentrações (acima de 500 e abaixo de 3750 ppm) houve uma baixa eficiência somente para a faixa de pH 6,0 - 8,0. Os maiores percentuais de remoção de turbidez foi observado em todos os pHs, quando o tanino foi aplicado em concentrações superiores a 4000 ppm, porém com excesso de coagulante. Desta forma, na região de pH 3 e 4 há a predominância da coloração azul (remoção de turbidez acima de 80%) para valores de concentrações de 50 a 7500 ppm de tanino, sendo possível afirmar que nestes pHs a remoção do índice de

turbidez do efluente tratado fosse a mais efetiva, conciliando economia de coagulante com boa remoção de turbidez.

Conhecendo-se o diagrama de coagulação do tanino aplicado ao efluente em questão, buscou-se então verificar o efeito da dosagem do coagulante sobre o pH do meio. Para isto, iniciou-se o processo de coagulação pela aplicação de tanino a 500 ppm, já que abaixo desta concentração havia menor efetividade no processo de coagulação, como discutido anteriormente.

A fim de verificar o efeito do aumento da dosagem do coagulante tanino sobre o pH do meio, a mesma foi aumentada gradativamente, sendo acompanhado o pH do meio. A Figura 3 mostra a relação entre o pH do sistema e a concentração ideal de aplicação do coagulante tanino e do sulfato de alumínio estabelecido como coagulante de referência.

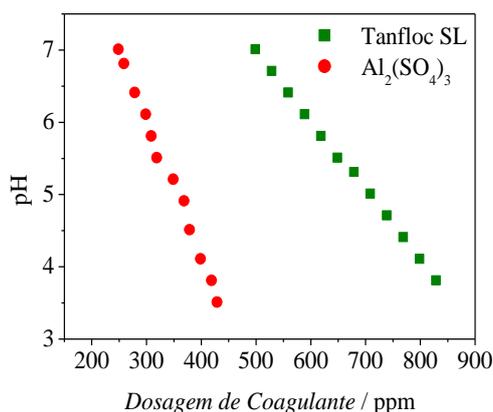


Figura 3: Relação entre o pH do sistema e a concentração de coagulantes tanino e sulfato de alumínio.

Verifica-se que com a aplicação de ambos os coagulantes, há uma diminuição do pH do meio, ou seja, ambos os coagulantes possuem comportamento semelhante. É conhecido que o sulfato de alumínio sofre hidrólise tornando o meio ligeiramente ácido. Já o tanino, possui uma estrutura fenólica que prevalece sobre a parte básica, provavelmente também sofrendo hidrólise, tornando o meio ligeiramente ácido também. Desta forma, sugere-se no caso da aplicação do coagulante tanino, que houve uma desestabilização da dispersão coloidal devido à adição de um eletrólito hidrolisável. O coagulante tanino *Tanfloc SL* é um polímero natural de caráter catiônico derivado da modificação do extrato aquoso vegetal da casca da Acácia Negra que apresenta ação fortemente coagulante atuante em sistema de partículas coloidais.

O coagulante tanino *Tanfloc SL*, apresentou sua melhor efetividade quando aplicado em concentração de 770 ppm e, faixa de pH entre 4,0 e 4,5.

Constatou-se ainda que a dosagem necessária de tanino para obtenção de uma mesma efetividade de coagulação foi praticamente o dobro daquela obtida pelo uso do sulfato de alumínio como coagulante. Ressalta-se, porém, o efeito benéfico do uso do tanino, por se tratar de um coagulante proveniente de fonte renovável.

No entanto, para aplicação de baixas concentrações de tanino (até concentração de 700 ppm) foi observado que os flocos formados eram pesados e menos densos, não sendo favoráveis ao processo de flotação por ar dissolvido. Entretanto, ainda na região de pH 3,0 - 4,0 e dosagem de coagulante na faixa de 740 a 770 ppm, foram observados, além de elevada remoção de turbidez, a formação de flocos maiores e de estrutura aberta. Esse tipo de floco, de menor densidade e maior área superficial, proporciona um maior contato entre partícula e microbolha, favorecendo o processo de separação via FAD pela formação do aglomerado floco-bolha¹².

Por intermédio destes resultados, observou-se que os flocos originados nos ensaios com a utilização do *Tanfloc SL* como coagulante, proporcionaram uma superfície relativamente maior, apresentando conseqüentemente, maior área de contato, do que o floco originado pelo sulfato de alumínio.

A explicação para a observada diferença de característica dos flocos formados pode ser compreendida pelos distintos mecanismos de coagulação dos coagulantes utilizados, pois o sulfato de alumínio atua

desestabilizando as partículas coloidais, que são envolvidas pelos precipitados $\text{Al}(\text{OH})_3$ (hidrólise do sulfato de alumínio). Este mecanismo conhecido por “varredura” é intensamente utilizado nas estações de tratamento, pois os flocos resultantes são grandes e apresentam velocidades de sedimentação relativamente maiores do que os flocos obtidos com outros mecanismos de coagulação⁶. Por outro lado, o Tanfloc (tanino catiônico) atua pela adsorção e formação de pontes. Este mecanismo ocorre por intermédio da presença dos sítios ionizáveis ao longo de sua estrutura orgânica, resultando em flocos geralmente de maior tamanho do que os flocos obtidos com outros mecanismos de coagulação.

A Figura 4 apresenta os valores de turbidez e volumes de lodos obtidos nos ensaios comparativos de decantação e FAD, com emprego de diferentes coagulantes no tratamento.

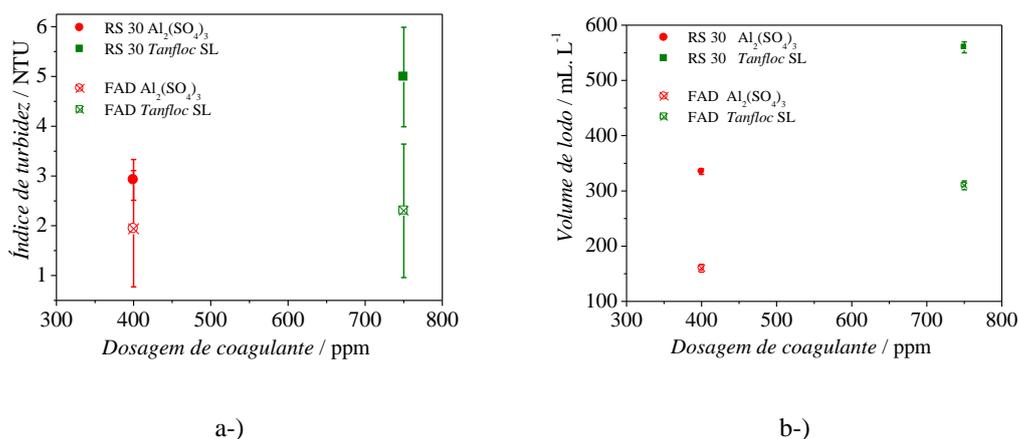


Figura 4: Variação de a) índice de turbidez e b) volume de lodo; em função da dosagem de coagulante, para os ensaios de decantação, representado como resíduo sedimentável (RS), e FAD.

Analisando os resultados obtidos nos dois métodos de separação sólido-líquido, de decantação convencional e FAD, pode-se observar na Figura 4(a) que o valor inicial obtido para ambos os coagulantes foi bastante satisfatório comparada à turbidez do efluente bruto, 1101 NTU. No entanto, o método de separação via FAD demonstrou promover maior efetividade quanto a redução de turbidez, comparado a decantação, com emprego do sulfato de alumínio como coagulante.

De maneira geral, não houve diferença significativa entre os testes efetuados com ambos os coagulantes. Na FAD, as eficiências dos índices de turbidez com Sulfato de Alumínio e Tanino foram 99,8% e 99,7%, respectivamente.

Uma possível explicação para a observada eficiência na remoção da turbidez é a efetividade da metodologia (coagulação/floculação) adotada para a formação de flocos de estrutura aberta (conseqüentemente, de menor densidade, com maior área de contato), associado à característica da água saturada produzida. O efeito “nuvem” de microbolhas de ar na entrada da unidade de FAD citado por Aisse *et al.* (2001)¹³ representa um exemplo onde a probabilidade de colisão (basicamente controlado pela hidrodinâmica do sistema), entre a microbolha e a partícula, é maior de acordo com o aumento do volume de microbolhas injetadas no sistema. Por outro lado, a probabilidade de adesão também pode ser atribuída ao tempo de indução da microbolha na superfície da partícula em relação. Como a principal função destas microbolhas é diminuir a densidade dos conjuntos “flocos + bolhas” em relação à densidade da água logo, quanto maior o volume de bolhas ligadas aos flocos e partículas, menor será a densidade relativa dos conjuntos “flocos + bolhas”.

Rúbio *et al.* (2001) *apud* Matiolo (2003)¹⁴, citam que não há uma teoria quantitativa que inclua ao mesmo tempo a influência da concentração de sólidos, distribuição de tamanho de bolhas e partículas, sob condições de regime laminar ou turbulenta.

Com relação ao parâmetro volume de lodo gerado (Figura 4b) o tratamento utilizando *Tanfloc SL*, apresentou maiores valores comparado ao tratamento com sulfato de alumínio para ambos os métodos de separação.

Para o processo de separação via FAD, o sulfato de alumínio apresentou valores inferiores, 160 mL.L^{-1} (média), em comparação ao processo de decantação, 330 mL.L^{-1} . Esta redução também foi observada nos ensaios de FAD para separação dos sólidos-líquidos com emprego do Tanfloc, sendo 310 mL.L^{-1} , comparado ao volume de 550 mL.L^{-1} (média), anotado nos métodos de separação via decantação.

As características do floco ideal para o favorecimento da FAD pode ser compreendido pelo mecanismo de varredura citado anteriormente, que consiste na formação de flocos maiores e de estrutura aberta e, conseqüentemente, de menor densidade e maior estrutura, o que proporciona também uma maior área de contato, favorecendo o processo de separação via FAD pela formação do aglomerado floco-bolha.

A Figura 5 apresenta um gráfico de tempo de separação em função do tipo de coagulante utilizado entre os resultados dos tempos medidos durante as etapas de separações via decantação convencional e FAD.

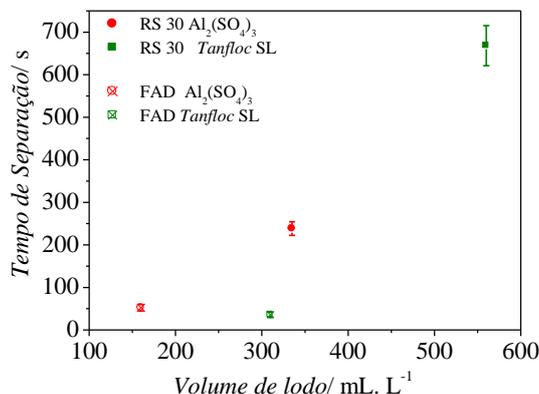


Figura 5: Variação do volume de lodo em função do tempo de separação por diferentes métodos.

Na avaliação deste último parâmetro, o tempo de separação sólido-líquido via decantação, no ensaio onde se empregou o tanino, devido à característica peculiar deste floco formado (expansivo), o tempo de decantação foi muito superior ao ensaio utilizando sulfato de alumínio, este, com floculação mais bem definida e aglutinada. No entanto, mesmo diante de dois tipos diferentes de flocos formados, a FAD apresentou melhores resultados de separação sólido-líquido para ambos os coagulantes comparados à decantação (20 vezes mais rápida).

Segundo Tessele *et al.*(2005), o aumento da velocidade depende altamente da densidade dos agregados na partícula ou no aprisionamento dentro dos flocos.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi possível observar certas condições de tratamento que são muito propícias à formação de flocos adequados para a aplicação da flotação por ar dissolvido.

Verifica-se que pHs ácidos fornecem elevada redução de turbidez do efluente, a partir da concentração de 500 ppm de tanino aplicado. Este dado constitui uma possibilidade muito favorável para aplicação do tanino neste tipo de efluente, justamente por excluir a necessidade de grandes equalizações de pH. Entretanto, na mesma faixa de pH, somente a partir de 770 ppm de coagulante aplicado, é que se foi observado a formação de flocos leves e expansivos, que contribuem para uma boa eficiência do processo de flotação por ar dissolvido.

Tanto o sulfato de alumínio quanto o tanino catiônico, se mostraram eficientes no tratamento da água utilizada no presente estudo. Para os parâmetros investigados, foi possível verificar uma equivalência nos resultados de ambos os coagulantes, a não ser para o parâmetro tempo de separação sólido-líquido, cujos valores obtidos pela flotação por ar dissolvido foram visivelmente melhores (20 vezes mais rápidos).

Embora tenha sido observado que houve uma considerável diferença na formação dos flocos, os tempos de separação (sólido-líquido) via FAD foram idênticos e satisfatórios, para ambos os coagulantes. Isto sugere que a FAD, desde que seja empregada com água saturada devidamente produzida em condições controladas e otimizadas, poderá promover a flotação de flocos expansivos ou compactos e aglutinados nos efluentes de lavanderias industriais.

O emprego do tratamento físico-químico com coagulação e floculação associado a um sistema de flotação por ar dissolvido, pode ser atribuído ao tratamento de efluentes de lavanderia industriais, de acordo com as características do efluente utilizado neste estudo.

Todos esses fatores permitem concluir, que a flotação por ar dissolvido é eficiente para o tratamento de efluentes de lavanderias industriais e que a substituição do sulfato de alumínio pelo tanino catiônico, além de sua eficiência também comprovada neste estudo, contribui para um processo de tratamento de efluente mais limpo.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e da Rede Mineira de Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VAZ, L. G. LIMA, (2009). Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, UNIOESTE, Toledo, PR, 2007.
2. CRUZ, J. G. H. Alternativas Para a Aplicação de um Coagulante Vegetal à Base de Tanino no Tratamento do Efluente de uma Lavanderia Industrial. Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
3. MENEZES, J.C.S.S, SCHNEIDER I.A.H; Estudo de processos de tratamento de efluentes de lavanderias industriais. Química Têxtil. Ed 80. Set. 2005.
4. BRATBY, J. Coagulation and Flocculation. Upland Press Ltd, Croydon, UK, 1980.
5. RAVINA, L; MORAMARCO, N. Everything you want to know about Coagulation and Flocculation." Zeta-Meter, Inc. Stanunton, Virginia. 1993.
6. DI BERNARDO, L.; DANTAS DI BERNARDO, A. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 2 ed. São Carlos: RIMA, 2005. v 1.
7. RUBIO, J.; SOUZA, M.L.; SMITH, R.W. Overview of flotations as a wastewater treatment technique. Minerals Engineering, London, v.15, p.139-155, 2002.
8. ZABEL, T. Flotation in water treatment. The scientific basis of flotation. NATO, Advanced Science Institute on the Scientific Basis of Flotation. Proceedings .Cambridge, England, Jul, Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, p.349-77, 1984.
9. THOMPSON Jr., J. P.; CARDOSO, R. C.; COSTA, T. F. R.; CANOBRE, S. C.; AMARAL, F. A. Tratamento de efluentes de lavanderias industriais por flotação por ar dissolvido com emprego de coagulante vegetal. Apresentado na Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS 2012, Salvador – BA.
10. TANAC. Manual prático para uso em estações de tratamento de águas de abastecimento. 1 ed. Montenegro, 2003.
11. COSTA, T. F. R, THOMPSON Jr., J. P.; CANOBRE, S. C.; AMARAL, F. A.; Diagramas de coagulação de classes de taninos usados como coagulantes no tratamento de efluente de uma lavanderia industrial. Belo Horizonte, Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012.
12. THOMPSON JR., J. P. Investigação da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluente de lavanderia industrial utilizando coagulante de fonte renovável: tanino. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2013.
13. AISSE, M.M.; JURGENSEN, D.; REALI, M. A. P.; PENETRA R.; ALÉM SOBRINHO, P.; FLORENCIO L (2001) Avaliação do Sistema Reator RALF e Flotação por Ar Dissolvido, no Tratamento de Esgoto Sanitário. In: Chemicaro, C.A.L. (Coordenatos) Pós-tratamento de efluentes anaeróbios – Coletânea de Artigos Técnicos – Volume 2, ABES, 2001, Rio de Janeiro.
14. MATIOLO, E. Flotação Avançada para o tratamento e reaproveitamento de águas poluídas. DEMIN – PPGEM – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.