



II-166 - USO DE DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO PARA ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE TANINOS COMO AGENTES COAGULANTES

Talita Ferreira de Rezende Costa⁽¹⁾

Graduada em Química pela Universidade Federal de Uberlândia. Mestranda Programa de Pós Graduação em Química na mesma instituição.

Mariani de Ávila Resende

Graduada em Química/ UFU

José Pedro Thompson Jr.

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Química/ UFU

Sheila Cristina Canobre

Professora Doutora do Instituto de Química da UFU

Fábio Augusto do Amaral

Professor Doutor do Instituto de Química da UFU

Endereço⁽¹⁾: Instituto de Química – IQUFU. Av. João Naves de Ávila, 2121 Bairro Santa Mônica – Uberlândia – Minas Gerais – 38400-902 - Tel: +55 (34) 9936-3739- e-mail: talitafequi@gmail.com.

RESUMO

O presente trabalho representa a continuidade acerca da investigação do uso de taninos como agente coagulante para tratamento de um efluente proveniente de uma lavanderia industrial, nesta etapa do estudo buscou-se novas alternativas que auxiliassem a potencializar a eficiência do coagulante em questão. Como referência, foi realizado um mapeamento sobre a eficiência e atividade do tanino utilizado como único coagulante constituindo-se num forte parâmetro para as medidas realizadas em associação com aluminato de sódio e um importante índice comparativo com aluminato de sódio. Assim, o objetivo deste trabalho foi a construção de diagramas de coagulação utilizando o tanino TANFLOC SL associado ao Aluminato de Sódio em três proporções de combinação, 1:1, 3:1 e 1:3 (v/v) os resultados foram expressos em gráficos de superfícies evidenciando as regiões de contorno e alterações que foram ocorrendo com as variações de pHs e concentrações. Os resultados em proporções 1:1 e 1:3 não apresentaram boa efetividade de remoção de turbidez sendo no último há um deslocamento do padrão usual de remoção de turbidez em que os pHs ácidos apresentam as menores remoções. Em contra partida os resultados das proporção 3:1 demonstram que o tanino em quantidade maiores que o aluminato de sódio tem potencial para remoção de turbidez e de coloração.

PALAVRAS-CHAVE: diagramas de coagulação, efluente de lavanderia industrial, coagulantes taninos, aluminato de sódio.

INTRODUÇÃO

De acordo com a nova organização do mercado, as indústrias a cada dia estão refinando o conhecimento a cerca de seu próprio negócio, desta forma todas as atividades secundárias passaram a serem destinadas a empresas específicas. De acordo com GIOSA¹ a terceirização propõe um novo paradigma para concepção de uma empresa moderna com excelência e dentro desta perspectiva, as lavanderias industriais vem a cada dia ganhando considerável parcela de mercado. Dentre os principais contratantes dos serviços de lavanderia destacam-se os restaurantes, hotéis e indústrias metal mecânicas, de acordo com os dados divulgados na imprensa² a estimativa é que as lavanderias industriais terão um crescimento de 8% até o final de 2016, pois as indústrias começam a transferir a responsabilidade de limpeza e tratamento dos possíveis efluentes decorrentes de seus processos para as lavanderias.



O processo de lavagem em lavanderias industriais segue um padrão muito semelhante ao utilizado no cotidiano familiar, conhecido como várias águas de sabão, onde as roupas passam por vários processos de ensaboaduras e enxágües. Segundo MENEZES³ estima-se que para cada quilo de roupa seca lavados neste método, utilizam-se em média 32 litros de água.

A característica final do efluente depende em grande parte da origem da roupa a ser lavada, o que ocasiona uma grande variância no tratamento físico químico a ser utilizado, já que ora o efluente sairá com grandes concentrações de óleos, ora poderá ter elevada coloração. Ainda de acordo com MENEZES⁴, os despejos de lavanderias são geralmente alcalinos, possuem elevadas quantidades de sabões e detergentes, além de óleos e graxas onde a estagnação prolongada deste tipo de efluente acarreta odores característicos de decomposição.

As etapas de coagulação e floculação relacionam-se intimamente com as características finais do efluente. De acordo com o trabalho de EVANS e WENNERSTOM⁵ a adição de surfactantes ao efluente dá início a um processo espontâneo de autoconstrução, onde as moléculas de surfactantes se auto arranjam para construir uma micro-fase com as cadeias de hidrocarboneto se recolhendo no interior do agregado, dissolvendo as gorduras presentes nestas regiões tendo em contra partida as regiões polares se orientando para pra fase aquosa.

De acordo com ISRAELACHVILI⁶ as micelas se interagem com as gorduras que ficam dissolvidas em seu interior e então passam a se comportar de forma repulsiva uma em relação à outra, impedindo a sedimentação dessas gorduras e sujeiras dissolvidas, sendo este sistema caracterizado como de alta estabilidade. Deste modo a etapa de coagulação em sistemas coloidais permite a aproximação das micelas possibilitando a sedimentação e conseqüente remoção de turbidez.

Uma das melhores alternativas para compreender e analisar o processo de coagulação é por meio de diagramas de coagulação, que determinam as faixas de pH e concentrações dos coagulantes que possibilitam máxima coagulação. DI BERNARDO & PAVANELLI⁷ discutem em seu trabalho que por meio de diagramas de coagulação é possível definir regiões mais eficientes para coagulação com base nas extrapolações que são feitas com as concentrações do coagulante em uma faixa ampla de pH, portanto este processo é determinado pela neutralização de cargas e alteração de pH que pode contemplar faixas ácidas e básicas, que quando modificadas poderão influenciar nas reações que envolvam os íons que formam a dupla camada elétrica⁸.

Já de acordo com outro trabalho de PAVANELLI⁹ a coagulação pode ocorrer a partir de quatro mecanismos: Varredura, Adsorção e Neutralização de Cargas, Adsorção e Formação de Pontes e Compressão da Dupla Camada. O mecanismo de Compressão da Dupla camada é entendido como um mecanismo de natureza eletrostática, em que os eletrólitos são atraídos para superfície do colóide, fazendo a compressão da dupla camada elétrica e diminuindo a repulsão de cargas, já o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas está relacionado com a hidróxi-complexação que ocorre pela formação de hidróxidos insolúveis adsorvidos na superfície dos colóides e que permite a coagulação. O mecanismo de varredura é caracterizado pela adição de altas concentrações do coagulante, permitindo a formação de flocos grandes geralmente com sedimentação rápida, e finalmente o mecanismo de adsorção e formação de pontes são típicos para sistemas orgânicos com cadeias longas (polieletrólitos) sendo para alguns sistemas a etapa chamada de floculação que diferente da coagulação é um processo reversível, pois os flocos podem ser quebrados com agitação intensa.

Nem sempre o processo de coagulação é iniciado somente a partir do momento da adição do coagulante propriamente dito, por vezes a adição de alcalinizante ou acidulante está intimamente relacionada com o mecanismo de compressão da dupla camada e pela adição de eletrólitos, que provoca perturbações na dupla camada elétrica do colóide, permitindo uma aproximação das estruturas presentes na suspensão.

A explicação de ZABEL¹⁰ reforça esta teoria, pois para este fenômeno, com a adição de cargas (alcalinizantes) ocorre uma desestabilização na camada difusa da dupla camada elétrica, de maneira que a mesma, para restabelecer seu equilíbrio, reduz sua espessura, eliminando a estabilização eletrostática. Com o



efluente em pH ideal para a coagulação, os coagulantes são adicionados com a finalidade de reduzir as forças eletrostáticas de repulsão, que mantêm separadas as partículas em suspensão, para que haja aglutinação das mesmas, facilitando sua remoção.

Por sua vez o trabalho de CRUZ¹¹ aponta que a proposta de utilização de taninos em substituição aos tradicionais coagulantes inorgânicos objetivou ofertar comercialmente um agente coagulante/floculante com características distintas aos usuais inorgânicos com desempenhos superiores ou equivalentes, surgindo o diferencial da biodegradabilidade, para o lodo gerado.

Em trabalho anterior do grupo¹², o uso de tanino como coagulante para o efluente de lavanderia industrial, os maiores percentuais de remoção de turbidez ocorreu nas condições em que foi aplicado em altas dosagens que foram nas concentrações 8%, 10% e 15%. No entanto, como o valor comercial do tanino ainda era elevado em comparação aos usuais inorgânicos, o objetivo deste trabalho foi inserir um auxiliar de coagulação para uma ação conjunta aos taninos, para reduzir a quantidade de tanino serão utilizadas pequenas quantidades de coagulante inorgânico que ainda poderão proporcionar que boa parte do lodo seja suscetível a biodegradação.

O presente trabalho foi baseado na adição de aluminato de sódio associada ao tanino, já que com base na teoria dos mecanismos de coagulação citados, o único mecanismo que o tanino não seria capaz de atuar seria o de Adsorção e Neutralização de Cargas (relacionado com íons complexantes). A adição do Aluminato de sódio ao tanino representa uma nova possibilidade de formação de flocos uma vez que este é considerado um auxiliar de coagulação pelo trabalho de CONSTANTINO, ARAKI & SILVA¹³. Sendo assim, o tanino atuaria como coagulante principal e o Aluminato atuaria como coagulante secundário.

OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo principal a investigação de novas alternativas para o tratamento do efluente de uma lavanderia industrial, buscando opções mais econômicas para o uso de taninos como agentes coagulantes para este tipo de efluente. Particularmente, a proposta foi a construção de diagramas de coagulação utilizando o tanino conjuntamente ao aluminato de sódio, analisando a influência do pH e das concentrações de taninos sobre a remoção de turbidez e utilizando como parâmetro de referência, o diagrama de coagulação obtido pelo tratamento com o uso apenas de tanino.

Como objetivos secundários buscou-se:

Conhecer as faixas de pHs e de concentração de coagulantes que propiciavam maiores remoções de turbidez e de cor;

Investigar as proporções entre o coagulante orgânico e o inorgânico que forneciam maiores reduções de turbidez;

Estabelecer os mecanismos de coagulação da associação entre o coagulante orgânico e inorgânico.

METODOLOGIA

O tanino utilizado foi o TANFLOC SL¹⁴ que pode atuar como coagulante, floculante ou auxiliar de coagulação, no tratamento de águas em geral. Como parâmetros de investigação para o presente trabalho, estabeleceu-se proporções de 1:1, 3:1 e 1:3 (v/v) entre tanino e aluminato de sódio, sendo fixados os seguintes parâmetros:

Proporção 1:1 (v/v)

- Volume de efluente por ensaio igual a 200 mL.
- Volume de coagulante adicionado igual a 10 mL de Tanino SL e 10 mL de aluminato de sódio.
- Tempo de agitação de 1 min após a adição do coagulante.

Proporção 3:1 (v/v)

- Volume de efluente por ensaio igual a 200 mL.
- Volume de coagulante adicionado igual a 15 mL de Tanino SL e 5 mL de aluminato de sódio.



- Tempo de agitação de 1 min após a adição do coagulante.

Proporção 1:3 (v/v)

- Volume de efluente por ensaio igual a 200 mL.
- Volume de coagulante adicionado igual a 5 mL de Tanino SL e 15 mL de aluminato de sódio.
- Tempo de agitação de 1 min após a adição do coagulante.

A construção dos diagramas de coagulação seguiu as mesmas etapas realizadas no diagrama de coagulação de referência estabelecido em trabalho anterior¹², portanto inicialmente o efluente bruto era filtrado para remoção de particulados grosseiros e então, sendo aplicado o coagulante tanino SL em distintas concentrações e pHs, sendo avaliadas as faixas ótimas de aplicação do coagulante tanino.

Equalização: O efluente em questão possuía altos teores de óleos e graxas em emulsão, presença de elevadas concentrações de óleos que podem prejudicar a eficiência de atuação dos coagulantes por isso o primeiro tratamento efetuado foi a realização de quebra de óleos e graxas pela adição de ácido H₂SO₄ 10% (v/v) até pH próximo a 2,0. Portanto, o ponto de partida para construção do diagrama de coagulação foi na região de pH ácido.

Caracterização primária: Determinação do índice de turbidez do efluente bruto, após filtração.

Construção do Diagrama de coagulação:

- A faixa de pH investigada segue o mesmo padrão do diagrama de coagulação de referência, ou seja, variando de 3 a 10;
- Uso dos coagulantes a base de taninos em diferentes concentrações dentro das faixas utilizadas no diagrama referência, sendo mantida fixa a concentração de aluminato em 10% para todas as proporções investigadas.

Caracterização Final:

- Determinação do índice de turbidez.

Separação Física: Embora os métodos de separação física mais comuns para efluentes de lavanderias industrial sejam a sedimentação por decantação ou por flotação, a proposta o presente trabalho foi utilizar como método de separação física a filtração seguindo a mesma proposta da construção do diagrama de referência.

RESULTADOS E DISCUSSAO

Para iniciar as discussões acerca dos resultados obtidos com a adição de aluminato conjuntamente ao coagulante tanino, ambos no processo de coagulação, é necessário fazer uma análise do diagrama de referência, obtido somente pela coagulação com tanino.

As Figuras 1 a) e 1 b) mostram as representações gráficas de superfície dos resultados obtidos nos diagrama de coagulação de referência.

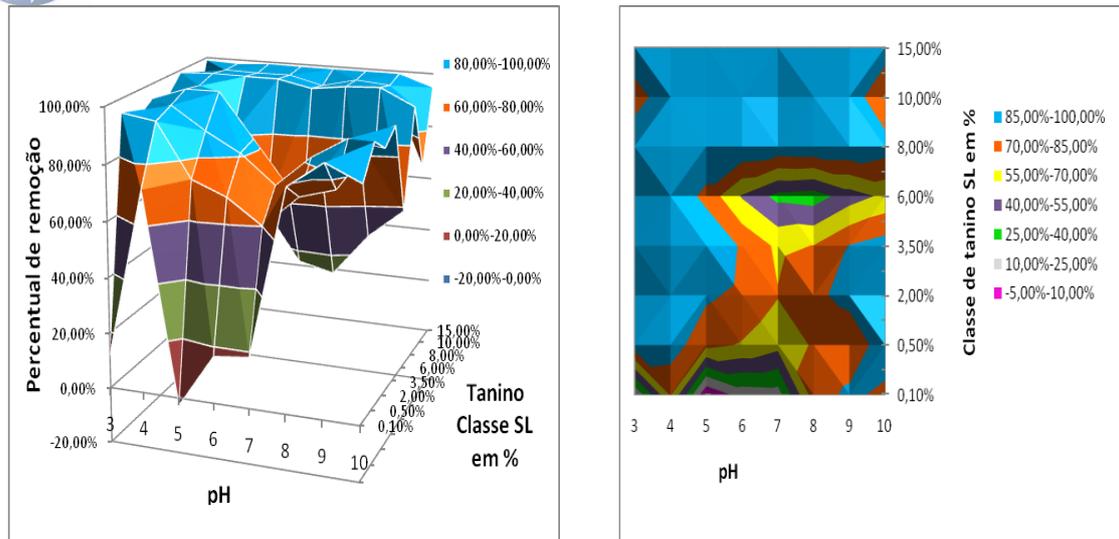


Figura 1: Gráficos de Superfície dos percentuais de remoção de turbidez com uso do tanino Tanfloc SL, sendo: (a) Tridimensional e (b) Bidimensional.

Para posterior entendimento e discussão sobre os diagramas de coagulação obtidos a partir da associação entre tanino e aluminato de sódio, nas Figuras 1 (a) e (b) estão representados os diagramas de coagulação de referência obtido pela coagulação do efluente obtida somente com o coagulante tanino na faixa de pH de 3 a 10 e as concentrações de tanino variando de 0,1% até o valor máximo de 15%. De forma sucinta, as áreas de coloração azul representam as melhores remoções no índice de turbidez que em relação ao pH correspondem a uma ampla faixa em todas as concentrações e ao se analisar a influência da quantidade de tanino, a faixa azul está localizada nas regiões de altas concentrações de taninos, onde os índices de remoção de turbidez foram maiores que 80%, para todas as faixas de pHs investigadas. Portanto, os diagramas de coagulação de referência mostram que o tanino tem uma boa atuação como coagulante em pHs ácidos devido às prováveis ligações entre as bases e os ácidos de Lewis, sendo portanto, uma boa alternativa para o tratamento do efluente de lavanderia industrial, pois o meio ácido favorece a quebra das emulsões de óleos e graxas que são os resíduos típicos e majoritários em efluentes de lavanderia industrial.

Os resultados da determinação dos diagramas de coagulação da ação conjunta de tanino e aluminato de sódio estão representados de acordo com as proporções que foram analisadas, 1:1, 1:3 e 3:1 (v/v), respectivamente.

PROPORÇÃO 1:1 (v/v) entre tanino e aluminato de sódio

Os primeiros resultados a serem discutidos são os de proporção 1:1 (v/v) entre tanino e aluminato. Na Tabela 1 estão mostrados os resultados de percentual de remoção de turbidez em amostras contendo a mesma faixa de concentração de tanino utilizando diagrama de coagulação de referência, onde a proporção 1:1 refere-se a 10 mL de tanino SL com variação de concentrações de 0,5% a 10% e 10 mL de aluminato de sódio com a concentração fixa em 10% em uma faixa de pH de 3 a 10. Observa-se pelos dados da Tabela 1 que mantendo-se a quantidade de aluminato de sódio em torno de 10% que a percentagem de remoção de turbidez aumenta com o aumento da quantidade de tanino utilizado e principalmente para os pHs 3 e 4.

Tabela 1: Percentual de remoção de turbidez para proporção 1:1 (v/v) entre tanino e aluminato de sódio.

Concentração de Tanino SL / % para concentração fixa de aluminato de sódio 10%				
	1:1 - 0,5% de tanino	1:1 - 2% de tanino	1:1 - 5% de tanino	1:1 - 10% de tanino
pH	Percentual de remoção de turbidez / %			
3	83,95	70,10	93,95	89,32
4	93,87	78,60	91,12	82,84
5	40,59	77,00	82,99	83,36
6	23,43	80,33	79,01	56,51
7	41,63	79,10	11,23	60,42
8	52,02	90,80	44,11	38,54
9	53,97	74,16	47,40	47,14
10	53,97	93,30	56,44	75,78

A partir dos dados da Tabela 1 montou-se o gráfico de superfície tridimensional relacionando pH, dosagens do coagulante e percentual de remoção, pelo uso de tanino em concentrações variadas e aluminato de sódio 10% proporção 1:1 (v/v) onde as regiões de coloração preta correspondem aos percentuais de remoção de turbidez, que ficaram acima de 80% nas áreas ente os pHs 3 e 5 para as concentrações de 0,5% de taninos e posteriormente nas concentrações de 5% e 10% de tanino, há também a ocorrência de pequenas regiões em pH 7 e 10 na concentração 2% de tanino, conforme mostrado na Figura 2.

Em comparação com o gráfico de referência há uma redução muito grande das áreas com boas remoções de turbidez pois, ao se observar as Figuras 1 (a) e 1 (b) (gráficos de referência) a coloração azul (indicativa de boas remoções de turbidez) aparece ao longo de todo o eixo dos pHs 3 e 4 e nas altas concentrações que são os valores de 8% 10% e 15%, já quando observamos o gráfico da Figura 2 a ocorrência da coloração preta ficou restrita a pequenos espaços, indicando que foram em poucos ensaios em que as remoções de turbidez ficaram maiores que 80%.

Com base nas análises de ocorrência das regiões de boas remoções de turbidez ficou evidente que a associação destes coagulantes na proporção 1:1 não oferece ações efetivas na remoção de turbidez sendo que o percentual de remoção predominante está representado pela cor roxa que apareceu em maior quantidade e que por sua vez está relacionada com a faixa de remoção entre 60% e 80% de turbidez em relação aos valores de turbidez iniciais.

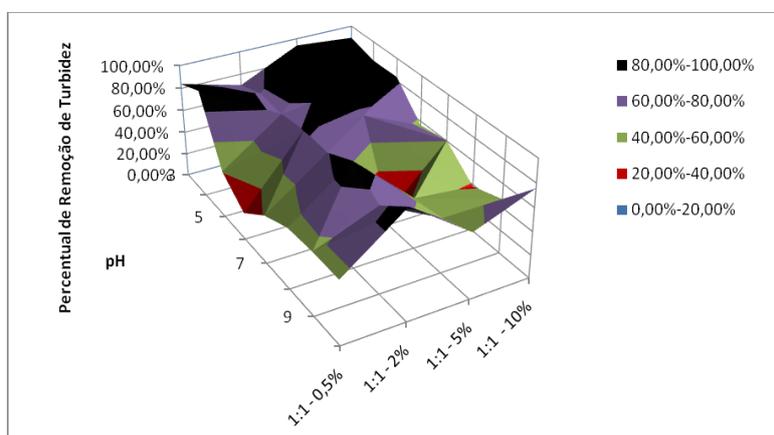


Figura 2: Gráfico de superfície tridimensional relacionando pH, dosagens do coagulante e percentual de remoção, pelo uso de tanino em concentrações variadas e aluminato de sódio 10% proporção 1:1 (v/v).

PROPORÇÃO 3:1 (v/v) de tanino e aluminato de sódio

Na Tabela 2 estão mostrados os percentuais de remoção de turbidez obtidos do uso dos coagulantes tanino e aluminato de sódio na proporção 3:1 (v/v), ou seja, onde foram adicionados 15 mL de tanino SL em várias concentrações idênticas às do diagrama de referência e 5 mL de aluminato de sódio, mantendo-se a concentração em 10%. Observa-se pelos dados da Tabela 2 que mantendo-se a quantidade de aluminato de sódio em torno de 10% que a percentagem de remoção de turbidez aumenta com o aumento da quantidade de tanino para 10% na proporção 3:1 utilizada e principalmente para os pHs 4 e 5.

Tabela 2: Percentual de remoção de turbidez para proporção 3:1 (v/v) de tanino e aluminato de sódio.

Concentração de Tanino SL / % para concentração fixa de aluminato de sódio 10%				
	3:1 - 2% de tanino	3:1 - 5% de tanino	3:1 - 8% de tanino	3:1 - 10% de tanino
pH	Percentual de remoção de turbidez / %			
3	99,49	83,85	79,34	94,70
4	99,47	91,96	76,37	97,61
5	99,60	92,39	44,80	97,86
6	99,49	90,95	95,65	90,41
7	99,30	29,98	77,60	61,54
8	99,40	51,80	70,20	62,13
9	80,12	67,74	50,00	66,27
10	80,65	90,11	67,55	81,92

A partir dos dados da Tabela 2 foi construído a Figura 3.

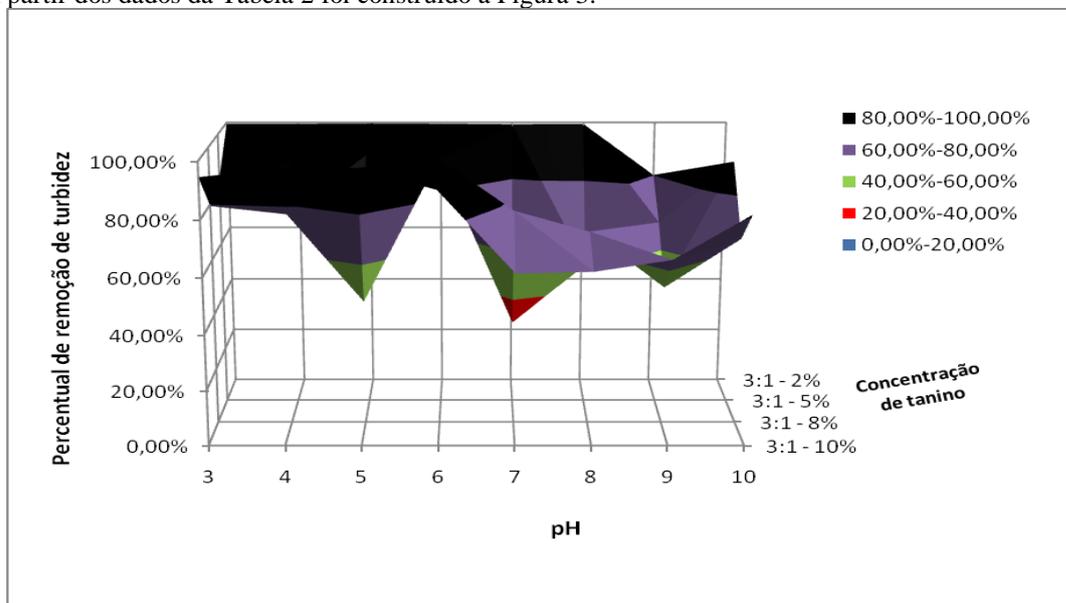


Figura 3: Gráfico de superfície tridimensional relacionando pH, dosagens do coagulante e percentual de remoção, pelo uso de tanino em concentrações variadas e aluminato de sódio 10% proporção 3:1 (v/v).

Observa-se na Figura 3 que quando as proporções foram 3 volumes de tanino para 1 de aluminato de sódio, o gráfico de superfície adquiriu um aspecto bem diferente em relação à proporção 1:1. Seguindo a mesma linha

de raciocínio, as regiões com cor preta representam as melhores remoções no índice de turbidez, e, portanto é possível observar maiores regiões com boas remoções na faixa dos pHs 3, 4 e 5 que são os mais ácidos.

As fotos ilustrativas da Figura 4 a) e 4 b) demonstram algum dos ensaios praticados para a construção dos diagramas de referência e do tanino associado ao aluminato de sódio respectivamente. A Figura 4 a) trata-se do ensaio realizado para o diagrama de coagulação de referência obtido pelo uso de tanino SL em concentração de 8%, observa-se que o sobrenadante, independente do pH do efluente tratado, apresentou uma coloração marrom. Em contrapartida, a Figura 4 b) apresenta o ensaio realizado pela associação de tanino SL 5% e aluminato de sódio 10%, utilizados na proporção 3:1 (v/v).



Figura 4: Fotos ilustrativas de: a) ensaio do diagrama de coagulação de referência obtido pela coagulação com tanino SL 8% e b) ensaio de diagrama de coagulação obtido pelo uso de tanino conjunto com aluminato de sódio na concentração 5% de tanino e aluminato de sódio 10% na proporção 3:1 (v/v).

Observa-se que o sobrenadante para a faixa de pH entre 3 e 5 apresentou um aspecto límpido. Já em pHs básico verifica-se a coloração marrom. Tal observação traz um resultado positivo para esta investigação, pois a obtenção de remoção de coloração conjuntamente à de turbidez só foi possível para o diagrama de coagulação de referência quando foi utilizada uma elevada concentração de tanino.

A Figura 5 ilustra a similaridade entre os resultados obtidos com o uso do tanino em proporção 3:1 com 15 mL de tanino 5% e 5 mL de aluminato de sódio 10%.



Figura 5: Foto ilustrativa do ensaio realizado para o diagrama de referência utilizando tanino SL como único coagulante em concentração 15%.

É possível observar que o aspecto do efluente nos pHs ácidos adquiriu uma aparência similar àquela obtida para o ensaio onde foi utilizado tanino em concentração 15%, a qual expressa a quantidade máxima utilizada para construção do diagrama de referência.

PROPORÇÃO 1:3 (v/v) de tanino e aluminato de sódio

Na Tabela 3 estão mostrados os resultados de percentual de remoção de turbidez das amostras contendo uma proporção 1:3 (v/v) de tanino e aluminato de sódio e está relacionada com a adição de 15 mL de aluminato de sódio com concentração fixa de 10% e 5 mL de tanino com concentrações variadas. Observa-se pelos dados da Tabela 3 que mantendo-se a quantidade de aluminato de sódio em torno de 10% que a percentagem de remoção de turbidez aumenta com o aumento da quantidade de tanino para 5% na proporção 3:1 utilizada e principalmente para os pHs 3 e 4.

Tabela 3: Percentual de remoção de turbidez para proporção 1:3 (v/v) de tanino e aluminato de sódio.

pH	Concentração de Tanino SL / % para concentração fixa de aluminato de sódio 10%			
	3:1 - 2% de tanino	3:1 - 5% de tanino	3:1 - 8% de tanino	3:1 - 10% de tanino
3	38,00	86,88	43,87	75,40
4	62,40	85,55	42,60	75,00
5	27,00	79,88	7,65	67,60
6	-5,00	75,22	49,48	65,63
7	0,00	66,88	54,84	69,70
8	32,10	85,88	68,11	70,68
9	75,64	89,22	67,34	85,41
10	70,55	82,11	63,01	73,77

Observa-se que o gráfico de superfície tridimensional relacionando pH, dosagens do coagulante e percentual de remoção, pelo uso de tanino em concentrações variadas e aluminato de sódio 10% proporção 1:3 (v/v) está em concordância com os dados apresentados nas Figuras 2 e 3, onde as regiões de cor preta representam os melhores percentuais de remoção de turbidez. Do mesmo modo, os resultados obtidos para as proporções 1:3 também apresentaram pequenas regiões em que aparece a cor preta, indicando baixa efetividade para remoção de turbidez, mais especificamente estas regiões estão entre os pHs 8, 9 e 10 e uma pequena faixa nos pHs 3, 4 e 5. Neste gráfico da Fig. 6 foi constatado um deslocamento dos maiores valores de remoções do índice de turbidez para os pHs básicos: 8, 9 e 10, surgindo nova vertente dentro das análises para este efluente. Quando a proporção de aluminato de sódio é muito maior que a de tanino como neste caso que foram utilizados 3 volumes de tanino para 1 de aluminato de sódio, os resultados com as piores remoções de turbidez estão na faixa de pHs ácidos o que representa um dado contrário, pois em todos os resultados que foram os gráficos de proporção 1:1 e 3:1, inclusive o gráfico de coagulação referência, apresentam uma queda no percentual de remoção de turbidez justamente em pHs alcalinos.

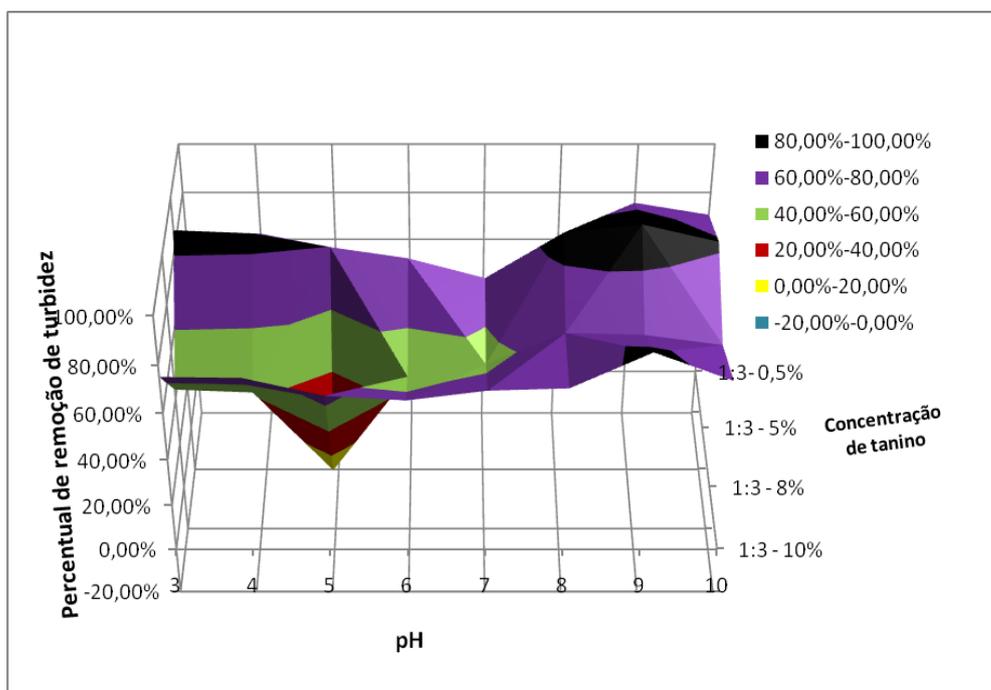


Figura 6: Gráfico de superfície tridimensional relacionando pH, dosagens do coagulante e percentual de remoção, pelo uso de tanino em concentrações variadas e aluminato de sódio 10% proporção 1:3 (v/v).



As discussões a cerca deste deslocamento em que os melhores resultados estão nos pHs alcalinos provavelmente esteja relacionado ao fato de que o aluminato de sódio quando em maiores quantidades passaria ter maior uma participação mais efetiva no processo de coagulação, inibindo assim a ação do tanino como coagulante principal e resultando na inversão das melhores faixas de remoção em relação aos demais gráficos. Cabe ressaltar que ainda não existem registros para afirmar precisamente o comportamento do efluente ao ser utilizado apenas o aluminato de sódio no processo de coagulação. Em linhas gerais é possível afirmar que as proporções 1:1 e 1:3 (v/v) apresentam baixa efetividade para remoção de turbidez, pois a ocorrência da coloração preta é restrita à pequenas regiões de pHs que são 3,4 e 5 e 8, 9 e 10 que foram observados em concentração 0,5% de tanino, sendo desta forma a maior parte dos resultados obtidos para estes diagramas menor que 80% de remoção de turbidez. Por outro lado, os experimentos em que as proporções foram 3:1 (v/v), ou seja, quando o volume de tanino foi maior que o de aluminato de sódio verificou-se a ocorrência da coloração preta em todas as faixas de pH com uma pequena queda na região dos pH 9 e 10, que em relação as outras duas proporções (1:1 e 3:1). Além disso, na proporção 3:1, foi único ensaio em que foi possível fazer análises sobre a remoção de cor, portanto dentre as relações observadas à proporção 3:1 se sobressai em relação às outras duas devido às maiores áreas em que as remoções foram superiores a 80% além da aparência límpida obtida para o efluente no final do processo.

CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos nesta investigação conclui-se que a possibilidade de encontrar novas alternativas para potencializar a eficiência do uso de taninos é fatível, constituindo uma fonte nova para ser explorada em benefício das novas propostas de sustentabilidade. Além disso, o uso dos primeiros diagramas de coagulação em que o tanino foi utilizado como único coagulante trouxe mais segurança para as afirmações sobre a efetividade na proposta de uso associado de tanino/aluminato de sódio. Portanto, com base nos índices de remoção de turbidez, o uso das proporções 1:1, e 1:3 delinearam ineficiência em comparação aos dados do diagrama de coagulação de referência, já que as regiões com altas remoções de turbidez foram pequenas.

Em proporção 1:3 o padrão dos melhores percentuais de remoção de turbidez é deslocado para as regiões dos pHs alcalinos portando as menores remoções de turbidez estão em pHs ácidos, estes resultados em específicos correspondem a uma alteração no padrão dos percentuais de remoções pois, em todos os outros ensaios a região de pH ácido apresenta melhores resultados que as regiões de pH alcalino.

Além disso, cabe ressaltar que os ensaios de proporções 3:1 onde foram adicionados 3 volumes de tanino para 1 volume de aluminato de sódio apresentaram os melhores resultados na remoção de turbidez com concentrações menores em relação as que foram utilizadas no diagrama de referência, atingindo assim os objetivos propostos neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desse trabalho contou com apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG processo APQ 2279), ao Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia (FECIV/UFU), à TANAC e à empresa Alsco Toalheiros do Brasil (fornecedora do efluente de sua planta instalada em Arujá, SP).



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ GIOSA, L. A. **Terceirização uma abordagem estratégica**. Pioneira Thomson Learning LTDA, 5ª Edição.1999.
- ² http://www.sebrae-sc.com.br/novos_destaque/opportunidade/default.asp?materia=20072 acesso em 25/04/2012
- ³ MENEZES, J.C.S.S & SCHNEIDER I.A.H **Estudo de processos de tratamento de efluentes de lavanderias industriais**. Química Textil. Ed 80. Set. 2005
- ⁴ MENZSES, J. C. S. S. **Tratamento e reciclagem do efluente de uma lavanderia industrial**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.
- ⁵ EVANS, D. F. WENNERSTROM, H. **The Colloidal DOMAIN Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet**. WILEY-VCH. Second Edition.1999.
- ⁶ ISRAELACHVILI, J. N. **Short-range and long-range forces between hydrophilic surfaces and biopolymers in aqueous solutions**. HYDROCOLLOIDS - PART 1. Elsevier Science B.V.2000
- ⁷ DI BERNARDO, L.; PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com turbidez elevada e cor verdadeira baixa** – Rio de Janeiro VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 2002.
- ⁸ BHATTACHARJEE & MASLIYAH (BHATTACHARJEE, S.; MASLIYAH, J. H. **Electrokinetic and colloid transport phenomena**. Hoboken, Nova Jersey JohnWiley & Sons, Inc. 2006.
- ⁹ PAVANELLI, G. **Eficiência de Diferentes Tipos de Coagulantes na Coagulação, Floculação e Sedimentação de Água com Cor e Turbidez Elevada**. Dissertação de Mestrado EESC-USP, São Carlos, Brasil, 2001.
- ¹⁰ ZABEL 1984, *apud* AISSE *et al.* **Aplicabilidade da flotação por ar dissolvido no pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios** 2001.
- ¹¹ CRUZ, J. G. H. **Alternativas para aplicação de coagulante vegetal à base de tanino no tratamento de efluente de uma lavanderia industrial**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.
- ¹² COSTA, T.F.R ; ZOIA, M.A.P ; THOMPSON, J.P; AMARAL, F. A ; CANOBRE, S.C. **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.
- ¹³ CONSTANTINO, V.R.L.; ARAKI,K; SILVA, D.O. **Preparação de compostos de alumínio a partir da bauxita: considerações sobre alguns aspectos envolvidos em um experimento didático**. - Química Nova, 2002.
- ¹⁴ Ficha Fabricante Tanino SL http://www.tanac.com.br/PT/upload/produtos/CT_TANFLOC_SL_PT.pdf acesso em 22/02/2012.