



## II-096 DIAGRAMAS DE COAGULAÇÃO DE CLASSES DE TANINOS USADOS COMO COAGULANTES NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE UMA LAVANDERIA INDUSTRIAL

**Talita Ferreira de Rezende Costa<sup>(1)</sup>**

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

**Mariana Alves Pereira Zóia**

Graduanda em Biotecnologia/ 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<sup>(1)</sup>:** 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](mailto:talitafequi@gmail.com).

### RESUMO

A proposta deste trabalho foi encontrar compostos provenientes de fontes renováveis passivos de biodegradação, como os Taninos, para tratamento de um efluente proveniente de lavanderia industrial, em substituição ao sulfato de alumínio comumente utilizado. Logo é necessário conhecer a forma como este tipo de coagulante atua e suas faixas de concentração para aplicação sem desperdício. Assim, o presente trabalho teve por finalidade a construção de diagramas de coagulação para o efluente de uma lavanderia industrial utilizando coagulantes de fontes renováveis, mais especificamente Taninos. A estruturação destes diagramas possibilitou estudar de forma sistemática as melhores condições para o uso de Taninos no tratamento do efluente da lavanderia relacionando os diferentes mecanismos de coagulação e verificando a influência do pH e da concentração do tanino no percentual de remoção de sujidades do efluente. Os resultados apontam boa remoção de turbidez nos pHs mais ácidos, mesmo para baixas concentrações de tanino e com o aumento excessivo da concentração de tanino passam a ter um comportamento que permite boas remoções ao longo de toda faixa de pH observada. Os menores índices de turbidez foram apresentados pelo efluente tratado com a adição de tanino em pHs 3 e 4 e posteriormente nos pHs 9 e 10. Já com relação à concentração de tanino, foi possível obter menores índices de turbidez para as menores concentrações utilizadas neste trabalho, porém quando utilizado em altas concentrações foi observado formação de flocos com boa sedimentação com o efluente apresentando um aspecto mais límpido devido à remoção de coloração junto com remoção do índice de turbidez. Ademais, foi verificado que proporcionalmente ao aumento da concentração de Tanino os flocos adquiriam dimensões maiores levando menor tempo para sedimentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Efluente de lavanderia industrial, taninos, diagramas de coagulação.

### INTRODUÇÃO

O tamanho das partículas em suspensão pode variar de grosseiro ao colóide, sendo que a presença destas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, deixando a água com aparência nebulosa. Efluentes de lavanderia industrial geralmente são provenientes de um processo pautado na adição dos surfactantes que por sua vez dão princípio a um processo espontâneo de autoconstrução, mais especificamente chamados de micelas. Segundo EVANS e WENNERSTOM<sup>1</sup> neste procedimento as moléculas do surfactante se auto arranjam para construir uma micro fase onde as cadeias de hidrocarboneto se recolhem no interior do agregado dissolvendo nestas regiões as gorduras presentes e em contra partida as regiões polares se orientam para pra fase aquosa. Este tipo de comportamento observado nos surfactantes recebe o nome de anfifílico, pois possuem afinidade “água e óleo” a associação que ocorre neste processo auto-construtivo é de natureza física, no caso



da adição de surfactantes em água a parte de hidrocarbonetos é responsável pela auto construção, tal fenômeno ocorre devido à introdução de moléculas de interações fracas em um meio com alta energia coesiva. A parte insolúvel da molécula no meio observado desenvolve o processo físico-químico de autoconstrução.

Segundo ISRAELACHVILI<sup>2</sup> as micelas formadas com a adição dos surfactantes têm a capacidade de interação com as gorduras e se arranjam de forma repulsiva de uma micela em relação à outra evitando desta forma a sedimentação das gorduras e sujeiras dissolvidas formando um estado coloidal de alta estabilidade, pois as micelas se reorganizam de acordo com o meio.

Efluentes com características coloidais podem ser tratados pelo processo de coagulação cujo mecanismo constitui em permitir a aproximação das micelas permitindo a sedimentação e conseqüente remoção de turbidez da fase aquosa. Um importante mecanismo para analisar sistemicamente esta opção de tratamento é a construção de diagramas de coagulação.

De acordo com o trabalho de DI BERNARDO & PAVANELLI<sup>3</sup> por meio de diagramas de coagulação é possível definir regiões mais eficientes para coagulação. Por sua vez a coagulação é um fator determinado pela neutralização de cargas e geralmente quando o pH é modificado ele poderá influenciar nas reações que envolvam os íons que formam a dupla camada elétrica<sup>4</sup>.

Ainda de acordo com o trabalho de PAVANELLI<sup>5</sup> 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, onde os eletrólitos são atraídos para superfície do colóide fazendo a compressão da dupla camada elétrica e diminuindo a repulsão de cargas, o mecanismo de adsorção e neutralização de cargas está relacionado com a hidróxi-complexação onde ocorre a formação de hidróxidos insolúveis que são adsorvidos na superfície dos colóides e permite a coagulação, o mecanismo de varredura é característico 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 é típicos para sistemas orgânicos com cadeias longas (polieletrólitos) para alguns sistemas é a etapa chamada de floculação e sua efetividade está relacionada com o desempenho do polieletrólito.

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

A explicação de ZABEL<sup>6</sup> reforça este teoria, pois para este fenômeno, com a adição de cargas (alcalinizantes) ocorre uma desestabilização na camada difusa 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.

O uso em larga escala de coagulantes a base de alumínio se deve a sua ampla aplicabilidade e eficácia agregada ao baixo custo, porém seu uso extensivo tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido à contaminação e o acúmulo deste metal, que pode causar danos tóxicos<sup>7</sup>. Esse é um dos motivos pelos quais alternativas de reagentes para a etapa de coagulação são estudadas.

De acordo com MENESES<sup>8</sup> os despejos de lavanderias são geralmente alcalinos, com a forte presença de colorações, possui grandes quantidades de sabões e detergentes, além de óleos e graxas, além disso, a estagnação prolongada deste tipo de efluente acarreta odores característicos de decomposição, o método mais usual para o tratamento destes efluentes é característico pela presença de etapas de coagulação e floculação onde se destaca o uso do sulfato de alumínio como coagulante primário principalmente por representar um valor relativamente baixo para sua aplicação.



Por sua vez o trabalho de CRUZ<sup>9</sup> 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, desta forma surgiu o diferencial da biodegradabilidade onde após a utilização o produto faria parte do lodo gerado e seria degradado em etapas posteriores do processo em que seria aplicado.

Para os resultados expressos neste trabalho buscou-se encontrar conexões que possibilitassem relacionar os mecanismos de coagulação para o coagulante de fonte renovável tanino, identificando os diferentes estágios que compuseram as análises observadas.

## OBJETIVOS

O presente trabalho teve por finalidade sistematizar o tratamento do efluente de uma lavanderia industrial. Particularmente, a proposta foi a construção de diagramas de coagulação utilizando coagulantes de fontes renováveis em comparação aos habituais coagulantes inorgânicos utilizando como parâmetro de referência a redução no índice de turbidez do efluente de lavanderia industrial.

## METODOLOGIA

O coagulante utilizado foi o TANFLOC SL<sup>10</sup> que pode atuar como coagulante, floculante ou auxiliar de coagulação no tratamento de águas em geral, portanto já estando concluídas as otimizações para construção do diagrama de coagulação deste, sendo fixados os seguintes parâmetros:

- Volume de efluente por ensaio igual a 200 mL.
- Volume de coagulante adicionado igual a 10 mL.
- Tempo de agitação após a adição do coagulante igual a 1 minuto.
- 

Após a remoção de óleos e graxas o efluente não recebia nenhum tratamento específico para o início do processo de coagulação. Os primeiros ensaios realizados apontaram a necessidade de implantar uma etapa de filtração antes de iniciar a adição de coagulantes. Inicialmente o efluente bruto era filtrado e então, aplicado o coagulante tanino em distintas concentrações e pHs. Foram 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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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 no efluente tratado.

### Construção do Diagrama de coagulação:

- Estabelecimento da quantidade de efluente a ser analisado e fixação do tempo de agitação após adição do coagulante;
- Definição da faixa de pH investigada;
- Uso dos coagulantes a base de taninos em diferentes concentrações.

### Caracterização Final:

- Determinação de volume de lodo formado;
- 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 flotação a proposta para este trabalho em específico foi utilizar como método de separação física a filtração, pois neste método havia a garantia de separação dos flocos menores e também dos flocos mais grosseiros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

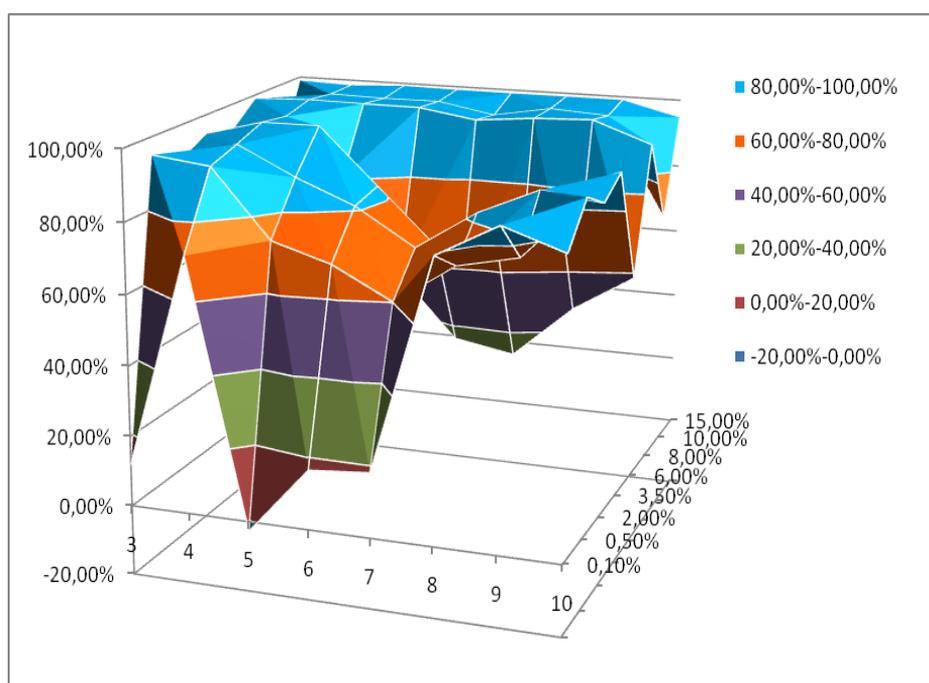
O índice de turbidez apresentado pelo efluente **bruto não filtrado** foi em torno de 1010 NTU e para o efluente **bruto filtrado**, este valor reduziu para 258 NTU, portanto para todos os ensaios seguintes efetuou-se a filtração após a remoção de óleos e graxas para iniciar a coagulação. Além disso, devido à grande variação das características do efluente todos os resultados foram expressos em percentual de remoção de turbidez.

O diagrama final constitui um mapeamento de efetividade de remoção considerando a faixa de pH entre 3 e 10 as concentrações de tanino utilizadas foram propostas conforme o avanço do trabalho onde se encontrou as regiões com máximo de remoção que foram extrapoladas até regiões de baixa eficiência.

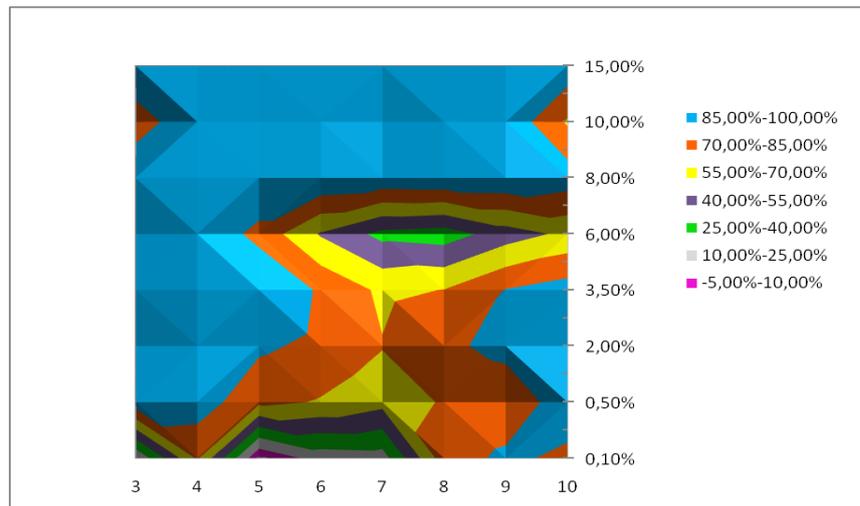
**Tabela 1:** Percentual de remoção de turbidez relacionado com a concentração de tanino e com pH de aplicação do coagulante.

pH	Concentração de Tanino SL / %							
	0,10	0,50	2,00	3,50	6,00	8,00	10,00	15,00
<b>3</b>	11,97	95,00	90,04	94,46	92,12	98,94	76,21%	98,91
<b>4</b>	72,40	93,07	95,84	98,90	97,58	99,56	98,41%	98,40
<b>5</b>	-2,77	73,90	87,77	99,03	80,54	99,42	98,10%	99,24
<b>6</b>	16,78	68,88	81,05	82,99	53,49	99,40	98,23%	99,04
<b>7</b>	18,24	60,12	70,79	66,97	35,56	96,83	95,18%	98,98
<b>8</b>	78,54	71,63	81,89	70,36	32,52	98,44	98,20%	99,05
<b>9</b>	87,77	75,36	89,49	85,56	47,72	99,12	97,19%	99,03
<b>10</b>	82,04	92,65	87,39	92,11	58,35	93,08	68,29%	94,80

As Figuras 1 e 2 mostram as representações gráficas de superfície dos resultados expressos da Tabela 1.



**Figura 1:** Gráfico de superfície 3D relacionando pH de coagulação dosagem de coagulante e percentual de remoção.



**Figura 2: Gráfico de superfície 2D relacionando pH de coagulação dosagem de coagulante e percentual de remoção.**

Para compreender os resultados obtidos com a construção destes diagramas é necessário analisar as duas variáveis presentes no processo que são o pH e a concentração de taninos.

### INFLUÊNCIA DO pH NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ

O efluente recebido possuía um pH em torno de 9, devido a alta concentração de surfactantes. Após uma primeira etapa de acidificação para remoção de óleos e graxas este efluente passou a ter uma característica fortemente ácida variando entre pH 1 e 3.

Para este estudo, a faixa de pH analisada foi escolhida com base nas características do efluente após esta etapa de acidificação, ou seja, com pH próximo de 2. Portanto a escolha de iniciar no pH 3 deve-se a proximidade com a característica do efluente após a acidificação, conseguinte a opção de não ultrapassar os pHs acima de 10 deve-se ao fato que em regiões muito alcalinas ocorre uma coagulação parcial branda que influencia na real efetividade do uso de taninos conforme observado nos resultados experimentais.

Analisando-se a Figura 1, verifica-se que na região de pH 3 e 4 há a predominância da coloração azul para todas as concentrações de tanino investigadas, conforme as legendas das Figuras 2 e 3. Isto demonstra um percentual de remoção entre 80 e 100 por cento, sendo possível afirmar que nestes pHs há uma excelente efetividade na remoção do índice de turbidez do efluente tratado, mesmo para baixas concentrações de taninos. 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.

É possível obter bons resultados de remoção de turbidez para baixas concentrações embora os percentuais de remoção de turbidez estejam em sua maioria acima de 80% é importante ressaltar que a efetividade de separação física dos flocos se torna dificultada para propor uma sedimentação quando são adicionadas baixas concentrações de Tanino.

Constata-se que na região de pH 5 há regiões de quedas e melhoras na remoção de turbidez caracterizada com a presença de várias cores (colocar as cores entre parênteses aqui) onde é possível observar uma região azul indicando percentuais acima de 80% além de regiões laranja com remoções entre 60% e 80% apenas para as regiões com as duas concentrações mais baixas é que foram observados remoções inferiores a 50% e chegando a valores negativos de remoção que estão indicados pelas demais colorações.

Pode-se concluir que o pH 5 por sua vez representa um estado intermediário em que a efetividade está relacionada com a concentração representando regiões de queda e regiões com boas remoções então é mais oportuno que seja melhor comentado nas discussões da influência da concentração.

Desta forma examina-se que os pHs 6, 7 e 8 são as regiões onde a ocorrência as variações nos percentuais de remoção são bem caracterizadas pela presença de várias cores (amarelo, roxo e verde, figura 2) que em sua maioria representam índices de remoções abaixo de 80%. Esta faixa de pH pode ser descrita como a região onde se observou a menor efetividade na remoção de turbidez onde só foi possível observar melhoras quando as concentrações de Tanino estão em valores elevados.

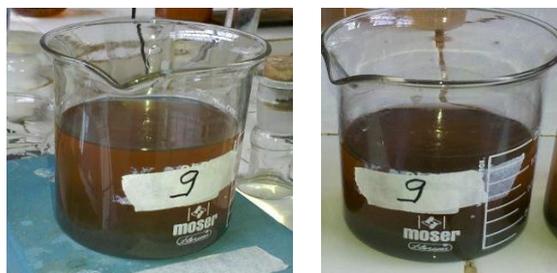
Finalmente os pHs 9 e 10 são as regiões que apresentam a predominância do azul e laranja que representam remoções entre 80% e 100% e entre 60% e 80% respectivamente, estes pHs em relação aos faixa anterior podem ser considerados como uma região de melhora freqüente, pois sempre que os pHs 6, 7 e 8 apresentavam resultados com baixa remoção para os pHs 9 e 10 sempre se observou valores melhores que estes.

### INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE TANINO NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ

As observações a cerca da influência da concentração do tanino no percentual remoção do índice de turbidez seguem questões que permitem aprofundar melhor sobre os fundamentos dos diferentes mecanismos de coagulação. De acordo com a teoria apresentada no trabalho de PAVANELLI já descrita neste trabalho deve-se considerar que as possibilidades de mecanismos observáveis para Taninos são três Varredura, Compressão da Dupla Camada, e Adsorção e formação de Pontes, neste caso exclui-se o mecanismo de Adsorção e neutralização de cargas justamente pela natureza orgânica do coagulante, pois o mesmo apresenta fortes características de polieletrólito e, portanto não há a formação de hidróxidos insolúveis como no caso do sulfato de alumínio e cloreto de ferro e conseqüentemente o efeito de complexação característico deste mecanismo.

Considerando como regiões de baixas concentrações as faixas de 0,1% e 0,5% de tanino são regiões que apresentam uma grande variação na eficiência para remoção de turbidez onde foi possível observar todas as faixas em que se reduzem os percentuais de remoção que são representados pela presença de todas as cores conforme as Figuras 1 e 2.

Para baixas concentrações de tanino os melhores resultados de remoção estão nos pHs 3 e 4 ou nos pHs 9 e 10, a possível explicação para estes dados estão relacionados com o mecanismo de compressão da dupla camada, quando consideramos os pHs ácidos a presença do tanino é responsável pela presença de novas cargas no sistema que provocam a modificação na dupla camada, no entanto para os pHs 9 e 10 grande parte destas cargas já forma adicionadas no momento da alcalinização desta forma para menor concentração 0,1% os maiores valores de remoção foram observados nos pHs mais alcalinos e os aspectos do efluentes após a alcalinização e após a adição do coagulante apresentam características muito semelhantes.



**Figura 3: Foto ilustrativa efluente apenas com alcalinizante pré-coagulação (esquerda) e efluente após adição de tanino concentração 0,1% (direita).**

Com base na imagem da Figura 3 é possível observar que o efluente possui um aspecto escuro que se deve ao tamanho dos coágulos formados que não possuem peso suficiente decantar e ainda ficam em suspensão, mas que podem ser facilmente removidos com a filtração.

Por outro lado conforme a concentração de taninos aumenta os mecanismos passam a ter uma ação conjunta. Observa-se que as concentrações 2% e 3,5% já apresentam regiões mais definidas onde os níveis de remoção

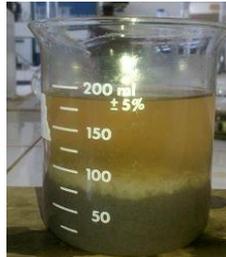
estão melhores delimitados com a presença das colorações azul e laranja que indicam altos índices de remoção além de uma pequena região de queda nos pHs próximos ao neutro. Nos pHs mais ácidos as remoções são maiores que 80% e o mesmo é observado nas regiões de pH 9 e 10.

Uma explicação para esta observação deve-se ao aumento de cargas que são adicionadas no efluente com o aumento da concentração do tanino, para a região ácida a quantidade de coagulante é suficiente para compressão da dupla camada e inicia o processo de formação de pontes gerando flocos maiores, as regiões nas vizinhanças do pH neutro são um estágio intermediário, pois a quantidade de cargas (íons) lançadas não é o suficiente para permitir um bom desempenho do mecanismo de compressão da dupla camada o que atrapalha o desempenho do Tanino, agora já em pHs mais alcalinos neste caso 9 e 10 a quantidade de alcalinizante aplicada é suficiente para dar início ao processo de coagulação.

Observa-se que a região correspondente a concentração 6% de tanino para os pHs acima de 5 representa uma grande queda na remoção de turbidez conforme pode ser observado mais claramente na Figura 2 com a presença das cores amarelas, roxa e verde que podem representar resultados que estão na faixa de 25% e 40% de efetividade de remoção de turbidez.

Já na Figura 1 esta concentração representa segunda área de queda visto que a primeira está associada a baixas concentrações, a justificativa para esta segunda região de queda é o que chamamos falso positivo que está relacionada com a segunda região de aumento na efetividade de remoção de turbidez.

Desta forma para estas concentrações os melhores resultados estão condicionados aos pHs ácidos onde a atuação tem início principalmente por iniciativa do Tanino. Essa região de queda representa uma área de transição em relação ao mecanismo logo o comportamento observado nessa fase é muito peculiar, pois é possível observar interações diferenciadas nos flocos.



**Figura 4 : Foto ilustrativa do efluente após a adição de alcalinizante e de tanino com a presença de flocos com duas colorações distintas.**

A Figura 4 demonstra parte dos flocos que são formados durante o processo de alcalinização não são englobados nos flocos gerados com a adição de taninos formando duas fases diferentes, como o processo de alcalinização é capaz de gerar uma alteração branda os flocos tendem a ser mais leves em contra partida os flocos originários das interações com o tanino possuem uma coloração mais escura e a quantidade de tanino aplicada é suficiente para formação de pontes o que garante melhor aglutinação e conseqüente peso.

Observa-se que para as concentrações de 8%, 10% e 15% os resultados são expressos por grandes regiões praticamente contínuas na coloração azul indicando o máximo de remoção, para as concentrações acima de 6% desta forma pode-se dizer que o mecanismo já começa a ser predominante de varredura, pois está intimamente relacionado com grandes quantidades de coagulante formando flocos grandes inicialmente por permitirem uma boa compressão da dupla camada que já é seguida de adsorção e formação de pontes, o mecanismo de adsorção e formação de pontes é usualmente chamado de floculação pois é um processo reversível, principalmente sob agitação vigorosa.

Neste trabalho, este mecanismo representa um novo olhar sobre a proposta de construir um diagrama, embora que mesmo em concentrações menores foi possível observar remoções de turbidez acima de 90%, quando a coagulação é realizada dentro do mecanismo de varredura o desempenho do processo de coagulação passa a ter efetividade na remoção de coloração do efluente apresentando resultados esteticamente melhores.



a)



b)

**Figura 5: Foto ilustrativa do efluente de lavanderia industrial em todas as faixas de pH após a adição de coagulante tanino a) em concentração 15% e b) em concentração 0,1%.**

A Figura 5 representa a diferença visual relacionada com o aumento da concentração de tanino utilizada, embora em alguns casos apesar da fase aquosa parecer mais transparente e melhor tratada, era comum encontrar resultados em amostras que apresentavam uma coloração mais intensa, no entanto o percentual de remoção foi maior que a amostra com baixa presença de coloração.

## CONCLUSÕES

As observações a cerca dos diagramas de coagulação apontam que em relação às faixas de pH os melhores desempenhos foram observados entre os pHs 3 e 4 e posteriormente nos pHs 9 e 10, por sua vez em relação a concentração é possível ter bons resultados em concentrações mais baixas no entanto em altas concentrações além da formação de flocos com boa sedimentação o efluente adquire um aspecto mais límpido devido a remoção de coloração.

Com o presente trabalho foi possível observar e comprovar as regiões de pH e concentração que maximizam o uso de taninos como coagulante para o efluente estudado, sendo possível propor melhorias em escala industrial inserindo opções sustentáveis e conseqüentemente, gerando uma carga com menor grau de poluição e mais susceptibilidade a biodegradação.

Além disso, os estudos apontam que a possibilidade de substituição do ponto de vista prático é simples pois a aplicação do tanino não exige um preparo diferenciado como por exemplo a adição de grandes quantidades de alcalinizante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> EVANS, D. F. WENNERSTROM, H. **The Colloidal DOMAIN Where Physics, Chemistry, Biology, and Technology Meet.** WILEY-VCH. Second Edition.1999.
- <sup>2</sup> 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
- <sup>3</sup> 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.**
- <sup>4</sup> BHATTACHARJEE & MASLIYAH (BHATTACHARJEE, S.; MASLIYAH, J. H. **Electrokinetic and colloid transport phenomena.** Hoboken, Nova Jersey JohnWiley & Sons, Inc. 2006.
- <sup>5</sup> 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.



<sup>6</sup> ZABEL 1984, *apud* AISSE *et al.* **Aplicabilidade da flotação por ar dissolvido no pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios** 2001.

<sup>7</sup> FONTOURA, D. A. **Avaliação da eficiência: Tanino x Sulfato de Alumínio, como coagulantes no tratamento de água para consumo humano**. Centro Universitário Feevale Novo Hamburgo, 2009.

<sup>8</sup> MENESES, 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.

<sup>9</sup> 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.

<sup>10</sup> Ficha Fabricante Tanino SL [http://www.tanac.com.br/PT/upload/produtos/CT\\_TANFLOC\\_SL\\_PT.pdf](http://www.tanac.com.br/PT/upload/produtos/CT_TANFLOC_SL_PT.pdf) acesso em 22/02/2012