

## **I-324 - TRATABILIDADE DE LODO OXIDADO E NÃO OXIDADO DE ETA POR FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E HIDROBIOLÓGICOS**

**Karina Oliveira Chaves<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Processos Químicos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Mestranda em Saneamento Ambiental no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental na Universidade Federal do Ceará.

**José Capelo Neto**

Engenheiro Químico, Mestre e Doutor em engenharia civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC.

**Manoel do Vale Sales**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Saneamento pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Recursos Hídricos pela UFC. Pesquisador da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - Cagece.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Seção Laboratorial de Qualidade de Água (SELAQUA), Bloco 720, Universidade Federal do Ceará, Av. Humberto Monte, s/n, 60451-970, Fortaleza – CE, Brasil. e-mail: capelo@ufc.br

### **RESUMO**

Durante o processo de tratamento de água para consumo humano, ao ser atingida a capacidade de saturação do meio filtrante, faz-se necessário a lavagem do mesmo a fim de manter a qualidade da água filtrada conforme são requeridos os dispositivos legais quanto aos seus aspectos físico-químicos e microbiológicos. Contudo, esta operação de lavagem gera significativo volume de efluente – lodo. Esse volume corresponde a uma faixa de 2 a 5% da vazão da Eta. Desta forma, neste trabalho foi estudada a capacidade de tratabilidade deste efluente quanto a presença e ausência da pré-oxidação com dióxido de cloro como etapa precedente a filtração. Os resultados obtidos demonstraram que a presença desta etapa de oxidação favorece a tratabilidade deste efluente, haja vista que há redução significativa da densidade dos organismos em Jar test, bem como requerem dosagem inferior de polímero comparado ao lodo não oxidado com eficiências equivalentes em termos de turbidez. Testes de flotação por ar dissolvido foram realizados em amostras de lodo oxidado variando vazão de entrada, taxa de recirculação e dosagem de polímero. Observa-se eficiência em remoção de turbidez superior a 98%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratabilidade de Lodo de Eta, dosagem de polímero, flotação por ar dissolvido.

### **INTRODUÇÃO**

O objetivo fundamental das estações de tratamento de água para abastecimento público tem sido produzir água de acordo com os padrões de potabilidade. Para isso, utiliza-se de vários processos e operações que, mediante a introdução de produtos químicos, transformam a água in natura em água potável. Todo este processo gera como subprodutos uma elevada quantidade de resíduos.

Esses resíduos, conhecidos por lodos de ETAs, são derivados dos sólidos suspensos presentes na água bruta e dos produtos químicos adicionados no processo de tratamento como coagulantes, polímeros, acidulantes e alcalinizantes e apresentam, dessa maneira, características variadas. A maior quantidade de lodo seco produzido é gerada nas descargas de decantadores e na remoção dos lodos da unidade de flotação. Entretanto, quando se fala em volume, a maior quantidade de resíduos é proveniente da lavagem dos filtros. Enquanto a água de lavagem tem uma concentração de sólidos entre 50 a 400 mg/L com um volume processado estando entre 2 a 5% da vazão da ETA, a descarga em decantadores e flotadores gera um resíduo bem mais concentrado, entre 500 e 30.000 mg/L, descartando apenas entre 0,1 a 0,3 % do volume produzido na ETA (USEPA, 2002). Segundo Richter et al (2001) uma das tarefas mais difíceis para o serviço de tratamento de água é o destino final do lodo, pois envolve custos de manuseio de transporte e restrições ambientais.

Um dos fatores principais no gerenciamento dos processos de estação de tratamento de resíduos gerados (ETRG) em ETAs é a quantidade de água presente no lodo. Quanto mais adensado o lodo, mais fácil e barato será sua correta disposição. Uma etapa de desidratação ou desaguamento permite aumentar a concentração de sólidos. Entretanto, os principais processos utilizados tais como sistemas mecânicos, centrifugação e filtração forçada, ou os sistemas naturais como lagoas ou leitos de secagem importariam em grandes quantidades de recurso tanto para a implantação quanto operação.

Com isso, as ETRG necessitam de uma etapa anterior à desidratação, o adensamento. As alternativas para o adensamento são tipicamente as mesmas aplicadas para o tratamento de água, a decantação e a flotação, por exemplo. Entretanto, as taxas de aplicação superficial utilizadas para estes processos são as mesmas usadas para o processo de tratamento o que torna a construção destes equipamentos muitas vezes economicamente inviável.

O desenvolvimento de novas tecnologias compactas, eficientes e de baixo custo para o tratamento do lodo torna-se necessário haja vista que o crescimento da demanda por água potável e o processo de eutrofização dos mananciais tem implicado em um aumento da quantidade de resíduos nas ETAs. Desta forma, diferentes autores propõem a flotação como tratamento de lodo, por apresentar vantagens técnicas e econômicas (RUBIO 2002).

O uso da flotação por ar dissolvido (FAD) mostrou vantagem sobre o processo convencional de sedimentação principalmente no que diz respeito à melhor taxa de agregação de sólidos, baixas sensibilidades à variação da vazão afluente e principalmente a necessidade de menores áreas para instalação (Arnold et al., 1995). Eades et al.(2001) também verificaram a adequabilidade da FAD no adensamento do lodo de água de lavagem de ETA, obtendo bons resultados com a aplicação de baixas dosagens de polímeros. Devido às altas taxas de aplicação envolvidas, uma estação de tratamento por flotação ocupa uma área menor que a necessária para um processo de decantação convencional, principalmente quando se trata de lodo com baixa densidade, como lodos formados pelo tratamento de águas contendo microalgas, por exemplo, implicando diretamente em menores custos de implantação.

Dessa forma, este trabalho que ocorre no Centro de Pesquisa de Tratamento de Água localizado na Eta-Gavião tem por objetivo avaliar no âmbito físico-químico e hidrobiológico a tratabilidade do lodo oriundo da Estação de Tratamento de Água Eta-Gavião pertencente a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).através do processo de floco-flotação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **COLETAS DA AMOSTRA**

A Eta-Gavião, localizada no município da Pacatuba-CE, utiliza como tecnologia de tratamento de água o processo de filtração direta descendente antecedida por pré-oxidação utilizando o dióxido de cloro e coagulação com cloreto de polialumínio e polímero catiônico.

A estação foi projetada inicialmente tendo como mananciais os açude Gavião, Riachão e Pacoti. Em outubro 2004 esse sistema foi ampliado, com a construção do açude Pacajus e com a transposição do rio Jaguaribe, através do canal do trabalhador. A água destes mananciais apresentam turbidez relativamente baixa, com valores inferiores a 10 uT e alta densidade de algas, com concentrações normalmente superior a 200.000 células de cianobactérias/mL. A vazão de água produzida sofreu contínuo aumento: de 3,5m<sup>3</sup>/s em 1987 para 6,2m<sup>3</sup>/s no final de 2004. Neste período a área filtrante da estação foi ampliada em 75%, devido à construção de mais seis filtros. Em julho de 2007, com a construção de mais 4 filtros, a ETA passou a ter a capacidade de tratamento nominal de 10,0 m<sup>3</sup>/s, considerando a taxa de filtração de 395 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia, embora essa vazão somente vá ser necessária nos próximos anos.

A vazão média de produção tem demonstrado contínuo aumento, decorrente do crescimento da população abastecida. No período de julho de 2007 a março de 2008, a vazão média foi de 6,33 m<sup>3</sup>/s. A água consumida nas lavagens dos filtros correspondeu, neste período, de 3,22% do volume captado nos mananciais. Praticamente todos os lodos gerados são provenientes das águas de lavagens dos filtros. As águas resultantes das lavagens (lodos) são descartadas em um terreno de propriedade da CAGECE, a jusante da estação, conforme a técnica de tratamento de lodo conhecida como Wetland.

O lodo era coletado no filtro de número 16 durante o momento de sua lavagem a cada carreira de filtração. O procedimento de lavagem foi alterado para que a qualidade do lodo fosse constante e representasse uma média em termos de densidade de sólidos, haja vista que este parâmetro varia ao longo do tempo de lavagem. Iniciava-se a lavagem do filtro mantendo-se fechada a válvula de drenagem, a fim de acarretar acúmulo de lodo no topo do filtro. O lodo era então transportado através de uma bomba submersa inserida dentro da parte superior do filtro. A bomba submersa recalava o lodo para contêineres posicionados em altitude superior ao equipamento de floco-flotação permitindo que o fluxo do lodo fosse gravitacional. O lodo era mantido em constante agitação durante as corridas de flotação para que suas características permanecessem homogêneas dentro do contêiner. O tempo de armazenamento era no máximo de 24 horas de forma a minimizar alterações da qualidade do lodo. O líquido era transportado em tubulação de PVC e a vazão regulada através de válvula de gaveta.

## ENSAIOS DE TRATABILIDADE

Em um estudo preliminar fez-se ensaios de tratabilidade para definição de parâmetros e posterior aplicação no processo de flotação. Os ensaios de “jar test” foram realizados em equipamento de agitação mecânica fabricado pela Nova Ética Equipamentos Científicos S.A, modelo 218/LDB.

Estes ensaios de tratabilidade consistiram em variações nas dosagens de produtos químicos, nos tempos de floculação e sedimentação a fim de estimar a dosagem dos produtos químicos, tempo de detenção e gradiente hidráulico adequados. Neste processo, a coagulação do lodo torna-se dispensável, haja vista que a água de lavagem já se encontra coagulada. Vale ressaltar que, os 60 segundos iniciais do tempo de floculação foram utilizados para promover uma dispersão do polímero na massa do lodo com gradiente de velocidade igual a  $180s^{-1}$ . Utilizou-se o polímero catiônico como auxiliar de floculação através de solução a 0,1% em m/v. Foram realizadas as seguintes variações:

- (a) Concentração das dosagens de polímero em ppm: 0, 0,5, 1, 2, 3 e 4
- (b) Tempo de floculação em segundos: 170 / 360 / 660;
- (c) Tempo de sedimentação em segundos: 120 / 480;
- (d) Gradientes de floculação:  $10s^{-1}$  e  $50s^{-1}$

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS ENSAIOS DE TRATABILIDADE

Para avaliar a eficiência dos ensaios de tratabilidade utilizou-se, a princípio, a determinação da turbidez como sendo o principal parâmetro físico para indicar a remoção de sólidos suspensos na amostra.

## ANÁLISE HIDROBIOLÓGICA

Para a caracterização das espécies fitoplancônicas contidas no efluente estudado foram realizadas análises por meio de lâmina em microscópico óptico LabStudar® com lentes de aumento de 40x e 100x. Três alíquotas de 1 mL foram utilizadas para cada amostra, totalizando 12 alíquotas por coleta. Para identificação dos táxons foram utilizados os sistemas de classificação de Bicudo e Menezes (2006).

## PROCESSO DE FLOTAÇÃO

A unidade piloto de floco-flotação por ar dissolvido (FFAD) utilizado neste trabalho, instalada no Centro de Pesquisa de Tratamento de água localizado na Eta-Gavião, foi construída em acrílico transparente com dimensões 0,25 x 0,52m de área superficial para cada câmara de flotação e 0,75m de altura útil. O equipamento FFDA incorpora em uma única unidade a união das câmaras de flotação de lodo e do floculador hidráulico de cortina vertical, composto de placas verticais perfuradas, também em acrílico. As placas do floculador de cortina foram dimensionadas para proporcionar gradientes hidráulicos gradualmente decrescentes ao longo do percurso horizontal da água de modo que o processo de floculação ocorra em concomitância com a agregação de microbolhas de ar, proporcionando uma diminuição significativa da necessidade de área em comparação com o tratamento convencional de flotação o qual se utiliza destas duas etapas aplicadas separadamente. Como equipamentos acessórios foram utilizados: bombas dosadoras para aplicação do polímero, uma câmara de saturação de alta pressão, um sistema de ar comprimido e uma bomba centrífuga multistágio de alta pressão.

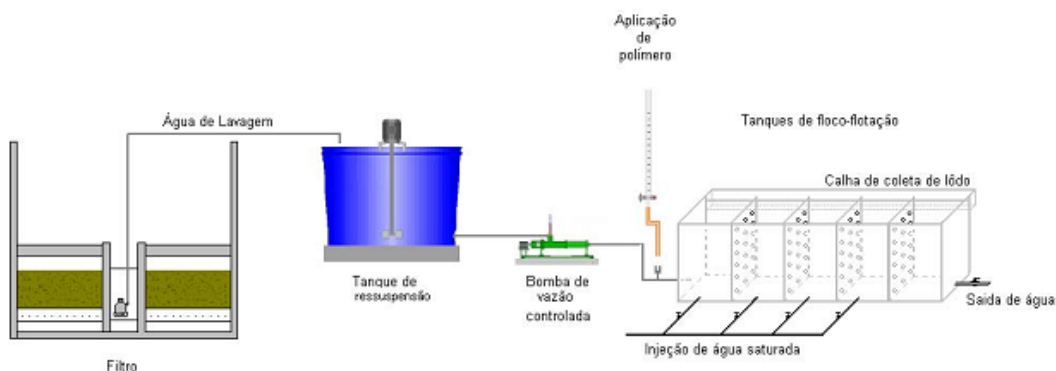


Figura 01: Esquema simplificado do sistema para adensamento do lodo da Eta-Gavião

Conforme observado na figura 01, o equipamento FFDA é dividido em cinco câmaras. A primeira, denominada câmara de mistura, é utilizada para a introdução do lodo afluente juntamente ao polímero floculante. Aproveita-se o gradiente hidráulico da saída tubulação de lodo para promover uma mistura homogênea do polímero. A injeção de ar dissolvido ocorre na parte inferior das 3 câmaras seguintes, chamadas câmaras de flotação, tendo como objetivo promover o contato e a agregação das micro bolhas de ar ao flocos em formação. A última placa, uma divisória em acrílico não perfurada, delimita a última câmara, câmara de captação, a qual é utilizada para a coleta de água flotada. O sistema de recirculação e dissolução de ar é constituído basicamente por um vaso de PVC, reforçado com fibra de vidro, que recebe água e ar sob pressão de um conjunto motor-bomba e de um compressor, respectivamente. Três válvulas em aço inox do tipo agulha são responsáveis pela depressurização e injeção da água saturada com ar atmosférico nas câmaras de flotação do equipamento. A pressão na câmara de pressurização foi mantida entre 4 e 5Kgf/cm<sup>2</sup>. Foram realizadas corridas de flotação variando-se tanto as taxas de recirculação (10,15, 20 e 30% da vazão de lodo afluente) como a taxas de aplicação superficial no FFAD (185 e 277m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). As vazões da água saturada quanto à vazão do lodo foram medidas em rotâmetros calibrados.

## RESULTADOS DOS ENSAIOS DE TRATABILIDADE

O primeiro estudo de tratabilidade, utilizando-se o Jar test, baseou-se na variação da dosagem do polímero (0, 0,5, 1, 2, 3 e 4 mgL<sup>-1</sup>) mantendo os gradientes de mistura e gradiente de floculação constantes. A Figura 02 mostra os resultados deste teste em termos de turbidez remanescente e sua eficiência

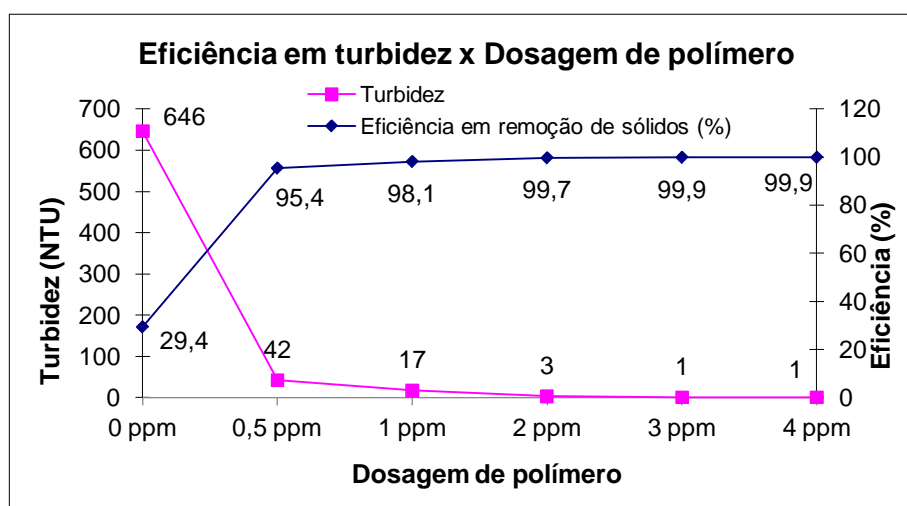


Figura 02: Interpretação gráfica de Jar test com diferentes dosagens de polímeros em amostra de lodo oxidado

Pode-se observar com estes resultados que a partir da dosagem de  $0,5 \text{ mgL}^{-1}$  a eficiência da remoção de turbidez mostrou-se superior a 95%. Contudo, somente numa dosagem de  $2 \text{ mgL}^{-1}$  conseguiu-se obter turbidez da água sedimentada inferior a 5 uT. Ressalta-se também que a partir desta dosagem, os resultados da qualidade da água decantada se aproximaram de uma constante, não sofrendo alteração significativa com a elevação da dosagem.

Desta forma, o intervalo de dosagem do polímero entre 1 e  $2 \text{ mgL}^{-1}$  foi utilizado como referência em virtude dos resultados satisfatório encontrados no experimento inicial. Variações dos parâmetros de tempo e velocidade de agitação também foram realizadas, visando encontrar os parâmetros ótimos de processo em escala laboratorial, conforme evidenciados nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 01: Resultados da eficiência da tratabilidade em *jar test* com variação dos parâmetros tempos e gradiente para lodos oxidados e não oxidados.**

<i>Lodo Oxidado</i>					<i>Lodo Não Oxidado</i>				
Concentração do polímero 1 mg L <sup>-1</sup>					Concentração do polímero 1 mg L <sup>-1</sup>				
Gradiente de Floculação	Tempo de Floculação	Tempo de Sedimentação	Turbidez remanescente	Eficiência	Gradiente de Floculação	Tempo de Floculação	Tempo de Sedimentação	Turbidez remanescente	Eficiência
10 s <sup>-1</sup>	170s	120s	51,7uT	94,8%	10 s <sup>-1</sup>	170s	120s	149uT	75,9%
10 s <sup>-1</sup>	360s	120s	34,7 uT	96,5%	10 s <sup>-1</sup>	360s	120s	48,3uT	92,2%
35 s <sup>-1</sup>	210s	120s	32 uT	96,8%	35 s <sup>-1</sup>	210s	120s	89,1uT	85,6%
10 s <sup>-1</sup>	660s	120s	29,8 uT	97,0%	10 s <sup>-1</sup>	660s	120s	54,7uT	91,2%
10 s <sup>-1</sup>	210s	480s	27,4 uT	97,3%	10 s <sup>-1</sup>	210s	480s	106uT	82,9%
10 s <sup>-1</sup>	210s	120s	24,8 uT	97,5%	10 s <sup>-1</sup>	210s	120s	97,8uT	84,2%
Concentração do polímero 1,5 mg L <sup>-1</sup>					Concentração do polímero 1,5 mg L <sup>-1</sup>				
Gradiente de Floculação	Tempo de Floculação	Tempo de Sedimentação	Turbidez remanescente	Eficiência	Gradiente de Floculação	Tempo de Floculação	Tempo de Sedimentação	Turbidez remanescente	Eficiência
10 s <sup>-1</sup>	360s	120s	36,4uT	96,4%	10 s <sup>-1</sup>	170s	120s	82,4uT	86,7%
10 s <sup>-1</sup>	170s	120s	31,3 uT	96,9%	10 s <sup>-1</sup>	210s	480s	64 uT	89,7%
10 s <sup>-1</sup>	210s	480s	18,9 uT	98,1%	10 s <sup>-1</sup>	210s	120s	56 uT	91,0%
10 s <sup>-1</sup>	660s	120s	19,3 uT	98,1%	35 s <sup>-1</sup>	210s	120s	43,3 uT	93,0%
10 s <sup>-1</sup>	210s	120s	12,9 uT	98,7%	10 s <sup>-1</sup>	360s	120s	40,6 uT	93,4%
35 s <sup>-1</sup>	210s	120s	11,9uT	98,8%	10 s <sup>-1</sup>	660s	120s	23,5 uT	96,2%

**Tabela 02: Resultados da eficiência da tratabilidade em jar test com variação dos parâmetros tempos e gradiente para lodos oxidados e não oxidados.**

<i>Lodo Oxidado</i>					<i>Lodo Não Oxidado</i>				
Concentração do polímero 2 mg L <sup>-1</sup>					Concentração do polímero 2 mg L <sup>-1</sup>				
Gradiente de Floculação	Tempo de Floculação	Tempo de Sedimentação	Turbidez remanescente	Eficiência	Gradiente de Floculação	Tempo de Floculação	Tempo de Sedimentação	Turbidez remanescente	Eficiência
10s <sup>-1</sup>	210s	120s	5,8uT	99,4%	10s <sup>-1</sup>	210s	120s	18,5uT	97,0%
10s <sup>-1</sup>	360s	120s	5,64uT	99,4%	10s <sup>-1</sup>	360s	120s	13,6uT	97,8%
10s <sup>-1</sup>	660s	120s	7,55uT	99,2%	10s <sup>-1</sup>	660s	120s	11uT	98,2%
10s <sup>-1</sup>	210s	480s	7,59uT	99,2%	10s <sup>-1</sup>	210s	480s	24,6uT	96,0%
10s <sup>-1</sup>	170s	120s	7,58uT	99,2%	10s <sup>-1</sup>	170s	120	37,7uT	93,9%
35s <sup>-1</sup>	210s	120s	4,04	99,6%	35s <sup>-1</sup>	210s	120s	23,2	96,3%

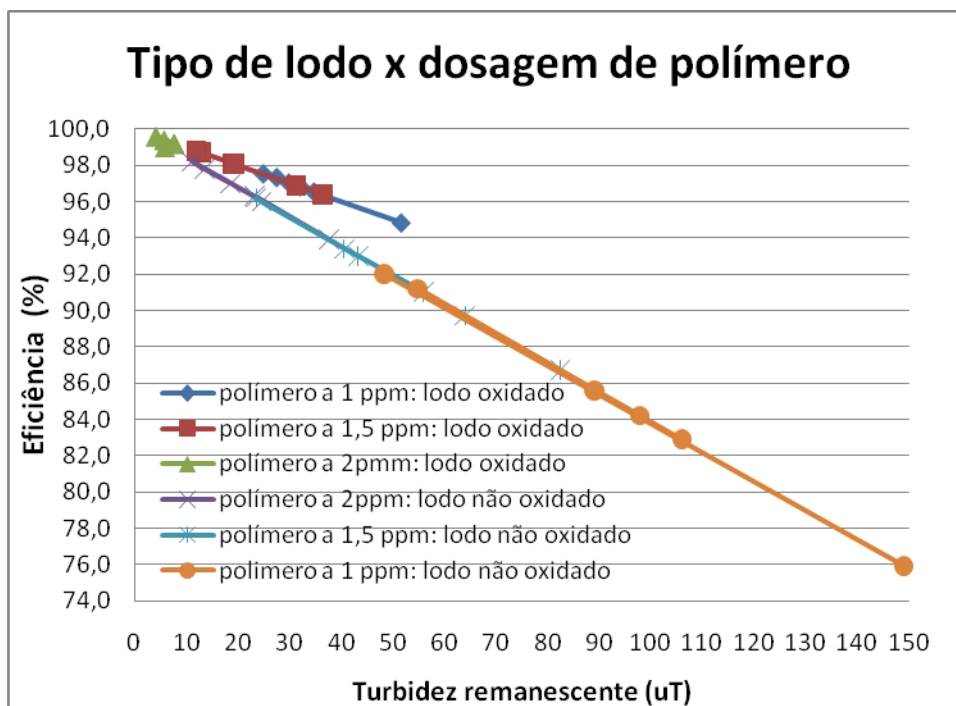
Em virtude da dispersão do agente oxidante na água bruta não ocorrer de forma homogênea dentro do canal de aplicação da Eta-Gavião, observou-se que os lodos de lavagem dos filtros diferiam quanto a intensidade de pré-oxidação da matéria orgânica. Desta forma, as amostras das águas de lavagens dos filtros em estudo foram coletadas observando-se suas características de pré-oxidação e ausência de pré-oxidação para posterior tratamento químico e avaliação de sua tratabilidade.

Após resultados experimentais em Jar test, na qual os primeiros 60 segundos do ensaio estão vinculados a dispersão do polímero a 130rpm, observou-se que no ensaio de tratabilidade para o lodo não oxidado, o tempo de floculação é fator importante para a eficiência do processo, porém para ensaio de tratabilidade para o lodo oxidado com concentração de polímero a partir de 1,5 mg L<sup>-1</sup> não há evidência desta importância. Desta forma, foi obtida remoção máxima de turbidez igual a 98,2% para amostras de lodo não oxidado, tendo gradiente de velocidade igual a 10s<sup>-1</sup>, tempo de floculação de 660 segundos utilizando 2,0 mg L<sup>-1</sup> de polímero. Em contrapartida, foi obtida remoção máxima de turbidez igual a 99,6% para amostras de lodo oxidado, tendo gradiente de velocidade igual a 35s<sup>-1</sup>, tempo de floculação de 210 segundos utilizando 2,0 mg L<sup>-1</sup> de polímero.

Desta forma, observa-se que o tempo de floculação e gradiente de velocidade em estudo foram suficientes para promover a dispersão do polímero e aglutinação dos flocos formados e sua conseqüente sedimentação.



**Figura 03: Resultados de remoção de turbidez encontrados em diferentes Jar test.**



Comparando os resultados obtidos entre os lodos, conclui-se que o tratamento com lodo pré-oxidado é capaz de atingir eficiência de remoção de turbidez superior ao lodo não oxidado, necessitando, portanto de menores dosagens de polímero comparado ao lodo não oxidado.

### RESULTADOS DA UNIDADE PILOTO DE FLOCO-FLOTAÇÃO

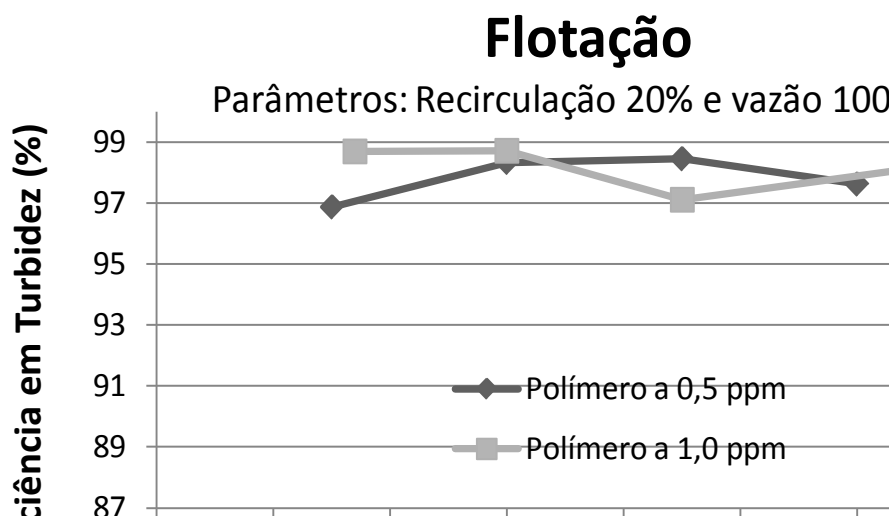
Para a primeira avaliação do tratamento de lodo não oxidado na unidade piloto utilizou-se polímero numa dosagem de  $1 \text{ mgL}^{-1}$ , vazão de  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ , taxa de recirculação da água saturada de 20% e gradientes de velocidade em  $48,74 \text{ s}^{-1}$ ,  $21,88 \text{ s}^{-1}$  e  $5,73 \text{ s}^{-1}$  para as câmaras de flotação.

Neste experimento, observou-se que os flocos formados encontravam-se densos o suficiente para promover a ocorrência da sedimentação na primeira câmara. Para evitar este fenômeno, a dosagem de polímero foi alterada para  $0,5 \text{ mgL}^{-1}$ , haja vista que esta dosagem em Jar test demonstrou eficiência em remoção de turbidez superior a 95%. Apesar desta alteração, verificou-se ainda a ocorrência de pequena sedimentação na primeira câmara do floco-flotador.

A eficiência em termos de remoção de turbidez do lodo não oxidado utilizando dosagem de polímero a  $0,5 \text{ mgL}^{-1}$  apresentou resultados promissores, sendo mantida média de turbidez igual  $7,34 \text{ uT}$ , contudo com dosagem de polímero igual a  $1 \text{ mgL}^{-1}$  verificou-se turbidez média igual a  $3,86 \text{ uT}$ , elevando em mais de 50% a eficiência em remoção de turbidez. A figura 3 evidencia esta eficiência variando-se as dosagens de polímero.



□

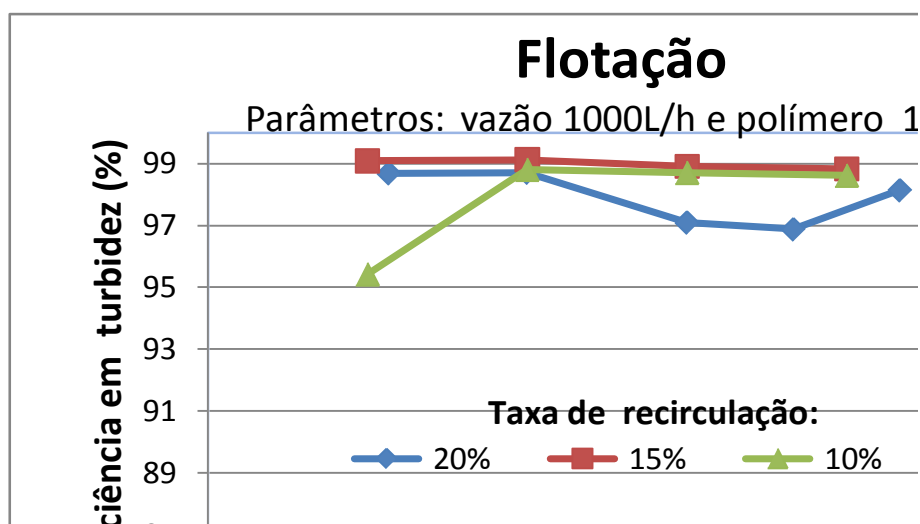


**Figura 03:** Eficiência na remoção de turbidez com vazão de 1000 L/h, taxa de recirculação de 20% e dosagens de polímero de 0,5 e 1,0 ppm

A partir do gráfico observa-se decréscimo na eficiência da remoção de turbidez em tempo superior a 30 minutos de flotação ao dosar 1  $\text{mgL}^{-1}$  de polímero, enquanto que para a dosagem de polímero a 0,5  $\text{mgL}^{-1}$  temos que esse mesmo decréscimo é verificado ao transcorrer 45 minutos de flotação. Tais verificações podem estar atreladas a erros pontuais nesta análise de turbidez e/ou a amostra contendo resquício de material flotado, haja vista que este fato foi verificado durante o experimento.

Porém, foi observado que as maiores eficiências inicial e final em remoção de turbidez estão atreladas a dosagem de polímero a 1  $\text{mgL}^{-1}$ , sendo esta a concentração utilizada como parâmetro fixo para os demais ensaios de flotação.

No intuito de serem encontrados os parâmetros ótimos de flotação, foram realizados ensaios tendo como variáveis a taxa de recirculação e taxa de aplicação. As figuras 4 e 5 mostram os gráficos referente as vazões de 1  $\text{m}^3/\text{h}$  e 1,5  $\text{m}^3/\text{h}$ , respectivamente, em diferentes taxas de recirculação.



**Figura 04 –** Eficiência na remoção de turbidez com vazão de 1500 L/h, dosagem de polímero 1 ppm e taxas de recirculação de 10, 20 e 30 %.

Adotando-se taxa de aplicação  $185\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$  temos que o melhor desempenho em remoção de turbidez foi obtido ao utilizar taxa de recirculação igual a 15%, alcançando ao final de 60 minutos de carreira de flotação valores de turbidez da água flotada igual a 2,45 uT com média de eficiência em turbidez igual a 99%.

Contudo, observa-se que ao aplicar taxa de recirculação igual a 10%, nos 30 minutos iniciais tem-se eficiência máxima de turbidez igual a 98,61% correspondente ao valor de 2,29 uT. Porém, a aplicação desta taxa demonstrou resultados promissores. Em contrapartida, ao aplicar taxa de recirculação igual a 20%, foi observado pequeno arraste dos flocos e intensa suspensão dos mesmos desfavorecendo a flotação.

Ao ser aplicado taxa de aplicação superficial de  $277 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  ao se adotar vazão igual a  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$  tendo as taxas de recirculação como variável, observou-se que ao utilizar vazão de recirculação igual a  $450 \text{ L/h}$  (30%), houve significativo arraste e fragmentação dos flocos formados, ocasionando a formação de flocos pequenos que foram carregados para serem retidos na última câmara de flotação, na qual se pode dizer que a contribuição das câmaras de flotação anteriores foi mínima.

Em contrapartida, os valores de turbidez encontrados com a aplicação de taxa de recirculação de 10% e 20% após 60 minutos de carreira de flotação foram respectivamente, 4,0 uT e 2,65 uT. As eficiências em termos de remoção estão representadas na figura abaixo.

□

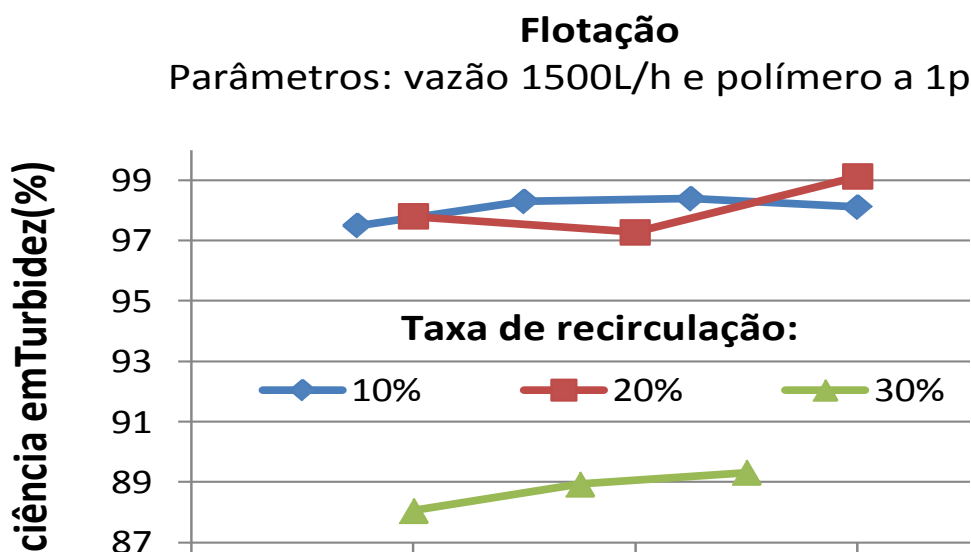


Figura 05 – Eficiência na remoção de turbidez com vazão de 1500 L/h, dosagem de polímero 1 ppm e taxas de recirculação de 10, 20 e 30 %.

Comparando as mesmas taxas de aplicações superficiais com a mesma dosagem de polímero,  $1 \text{ mgL}^{-1}$ , nas diferentes taxas de recirculação, podemos observar conforme a Figura 6 que ambas vazões apresentaram comportamentos diferentes quanto a eficiência de turbidez. Entretanto, observa-se que em vazão de 1 e  $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$  se obtém eficiência final superior a 98%.

Desta forma, os resultados comprovam a robustez que o equipamento em estudo - floco-flotador – possui, pois mesmo ao utilizar vazão de alimentação superior ao qual foi dimensionado para  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  e vazão de recirculação igual a 20% temos que a eficiência do equipamento alcança 99% em remoção de turbidez.

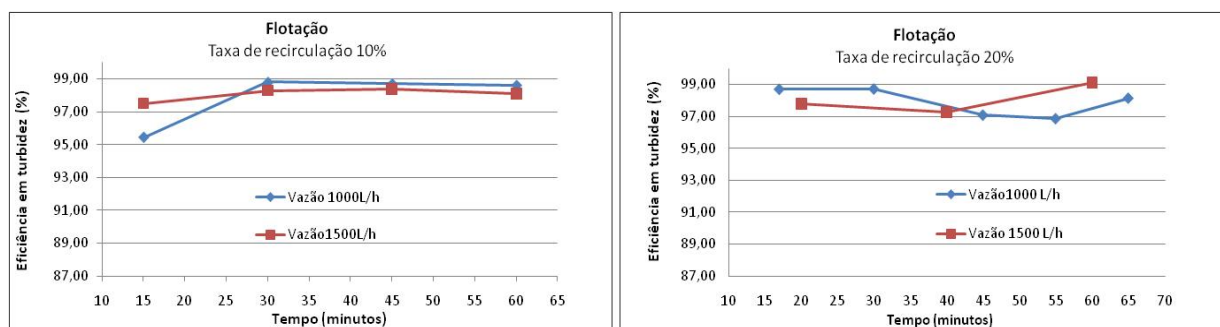


Figura 06 – Remoção de turbidez no ensaio de Floco-flotação com mesma taxa de aplicação superficial e taxas de recirculação igual a 10% e 20%.

Nestes experimentos de flotação não foram observadas variações no pH, o qual permaneceu em média próximo a pH = 7,2. Tal verificação deste parâmetro encontra-se conforme a legislação local – Portaria SEMACE nº 154/02, na qual dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Contudo, análises de: materiais sedimentáveis, demanda química de oxigênio (DQO) e coliformes fecais serão realizadas para verificação da completa conformidade com a referida legislação.

## ANÁLISES HIDROBIOLÓGICAS

A técnica lâmina/lamínula foi utilizada no exame qualitativo, com aumentos de 40 e 100x. A análise quantitativa seria realizada apenas em caso de floração por meio de contagem por transectos em câmara de Neubauer, num aumento de 40x, tornando-se, portanto desnecessária por não ocorrência da floração.

Análises feitas por Sales (2006), a partir de dados obtidos em observações rotineiras realizadas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), mostraram que 99,4% do fitoplâncton encontrado na água do açude Gavião, em 2003, correspondiam a cianobactérias. Fato este confirmado em análise hidrobiológica nas amostras da água de lavagem e em amostras após o tratamento por floco-flotação, na qual predominava o gênero *Planktothrix* (figura 03-B), contudo verificou-se também o gênero *Geitlerinema* (figura 03-C). Após ensaio de tratabilidade em Jar test, observou-se diminuição na densidade de organismos conforme evidenciado na figura 07-A.



**Figura 07: Fotografias de cianobactérias retirada em microscópio óptico. (A) Densidade de organismos, (B) Gênero *Planktothrix*, (C) Gênero *Geitlerinema*.**

Quanto à remoção de células, foi verificada capacidade de remoção entre 50 e 70% para lodo não oxidado e oxidado respectivamente. Embora os percentuais de remoção de células de cianobactérias sejam considerados satisfatórios para ensaio em Jar test, a concentração superior a 440.000 células/mL na água de lavagem (lodo) demonstrou uma concentração ainda elevada nas amostras tratadas.

Entretanto, observou-se que as cianobactérias presentes nas amostras de lodo não oxidado apresentaram células íntegras enquanto que nas cianobactérias presente na amostra de lodo oxidado verificou-se a ocorrência de rupturas em sua membrana. Esta observação pode demonstrar a pré-oxidação sendo capaz de alterar a morfologia celular, pode auxiliar o processo de agregação dos flocos e conseqüente melhoria da flotação.

## CONCLUSÕES

Os ensaios de tratabilidade em Jar test evidenciaram que o tratamento do lodo pré-oxidado alcançou eficiência superior comparado ao lodo não oxidado, após otimização dos parâmetros de dosagem, floculação e sedimentação.

Através de análises hidrobiológicas pode-se verificar que a pré-oxidação foi capaz de causar ruptura na membrana celular de cianobactérias, fato este que favorece sua tratabilidade mas que apresenta um potencial de liberação de toxinas caso estas estejam presentes.

Ao se comparar as eficiências na remoção de turbidez entre os ensaios de tratabilidade em “jar test” e os realizados no FFAD, respectivamente 96% e 99%, confirma-se a possibilidade de se utilizar o ensaio de “jar test” como referencia para o ajuste de parâmetros de tratabilidade tais como dosagem e gradientes de velocidade do FFAD

A técnica da Floco-flotação por ar dissolvido mostrou-se eficiente na remoção de turbidez do lodo oxidado e não oxidado da estação de tratamento de água em estudo, em virtude de requerer pequena área para tratamento e possuir eficiência superior a 98%.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARNOLD, S.R., GRUBB, T.P., HARVEY, P.J. (1995), "Recent application of dissolved air flotation pilot studies and full scale design". *Water Science and Technology*, 31 (3-4) 327-340.
2. BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave de identificação e descrições. São Paulo: Rima, 2006.
3. EADES, A., BATES, B.J. e MACPHEE, M.J. (2001). "Treatment of spent filter backwash using dissolved air flotation" *Water Science and Technology*, 43(8), 59-60.
4. RICHTER, C. A. Tratamento de lodo de estação de tratamento de água, Editora Edgard Blücher Ltda., S. Paulo (2001), 102p.
5. RUBIO, J.; SOUZA, M. L.; SMITH, R. W., 2002. Overview of flotation as a wastewater treatment technique. *Minerals Engineering* 15(3), 139 – 155.
6. SALES, M. V. et al. Remoção de Cianobactérias no Tratamento de Água Eutrofizada utilizando dupla Filtração e Oxidação. In: 30 CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 2006: Punta del Este. Anais Eletrônicos.
7. USEPA – United States Environmental Protection Agency (2002), Filter Backwash Recycling Rule – Technical Guidance Manual. USEPA, E.U.A., 166p.