

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

APLICAÇÃO DA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

*Natalia Cristina Borges Benatto*¹; *Hélio Rodrigues dos Santos*².

RESUMO – Este trabalho consiste em avaliar a eficiência da flotação por ar dissolvido na remoção de fósforo, DQO e partículas do efluente da lagoa de polimento da ETE de Irati-PR. A ETE é composta por um sistema de tratamento preliminar, um reator UASB e um reator RALF, operando em paralelo, seguidos pela lagoa de polimento, com disposição final no Rio das Antas. Os ensaios foram realizados em um equipamento de flotação por ar dissolvido, escala de bancada. Foram testados, coagulantes Policloreto de Alumínio e Cloreto Férrico, variando-se doses aplicadas, razão de recirculação, gradiente de mistura na floculação, tempo de floculação, velocidade de flotação, tempo e gradiente de mistura rápida. A pressão de saturação foi mantida em 5 bar. Os melhores resultados foram obtidos com 80mg/L de Cloreto Férrico, razão de recirculação de 20%; gradiente de velocidade na floculação 80 s⁻¹; tempo de floculação 10 min.; velocidade de flotação 10cm/min.; tempo de mistura rápida 10s ; e gradiente de mistura rápida 300 s⁻¹, que resultou em efluente com concentração de fósforo total < 0,1mg/L, DQO < 20mg/L, Cor = 18uC e Turbidez = 1,41uT. A flotação por ar dissolvido é adequada para pós-tratamento do efluente, com grande potencial para reúso.

ABSTRACT– This study evaluated the efficiency of dissolved air flotation in removing phosphorus, COD and particulate matter of the effluent from polishing pond ETE of Irati-PR. The WWTP consists of a pretreatment system, followed by a UASB reactor and a reactor RALF, operating in parallel, followed by polishing pond, with final disposal in the Antas river. Assays were performed in a dissolved air flotation bench scale. Were tested as coagulants polyaluminum chloride, ferric chloride, varying doses applied, recirculation ratio, gradient in the flocculation mixing, flocculation time, speed flotation gradient and time of rapid mixing . The saturation pressure was maintained at 5 bar. The best results were obtained by dosing was 80 mg / L Ferric Chloride, recirculation ratio of 20%; velocity gradient in the flocculation 80 s⁻¹; flocculation time 10 min.; Flotation velocity of 10cm/min.; Mixing time fast 10s, and gradient of rapid mixing 300 s⁻¹, which resulted in effluent with total phosphorus <0.1 mg / L, COD <20mg / L, color = 18uC and turbidity = 1.41 NTU. The dissolved air flotation is proper post-treatment of effluent with high potential for reuse.

Palavras-Chave – coagulação, flotação por ar dissolvido, lagoas de estabilização.

1) Universidade de São Paulo; Av. Trabalhador São-carlense, 400; Telefone: (16) 3373 9571, nbenatto@sc.usp.br¹

2) Universidade Federal do Rio Grande; Avenida Senador Salgado Filho, 3000 - Lagoa Nova Natal - RN, 59078-970 Telefone:(84) 32153775, heliors@ct.ufrn.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, os sistemas de esgotamento sanitário e tratamento de esgoto estão entre as ações de saneamento básico que apresentam maior déficit, sendo que a minoria da população é atendida por sistemas de coleta e tratamento de esgoto.

Na tentativa de resolver esse problema, tem-se buscado adotar sistemas de tratamento com características mais vantajosas a fim de reduzir custos totais de implantação e melhores qualidades no efluente final. Um sistema com essas características é o *Upflow anaerobic sludge blanket* (UASB) seguido de lagoa de estabilização (nesse caso, denominada de polimento), que são sistemas de tratamento de esgoto amplamente empregados por apresentar simplicidade construtiva e operacional (se houver disponibilidade de área adequada a baixo custo para a construção da lagoa) e elevada eficiência de remoção de diversos constituintes do esgoto (material orgânico, nutrientes, sólidos, patogênicos etc.). Contudo, esse sistema pode apresentar certas limitações quanto à qualidade de seus efluentes, de modo que muitas vezes demandam sistemas de tratamento avançado. (Von Sperling, 2006a).

As lagoas de polimento empregadas no pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios removem DBO, nutrientes (principalmente amônia e fosfato) e patogênicos, geram pouco lodo, não apresentam maus odores e não sofrem risco de sobrecarga de DBO no início da lagoa. Essa combinação de reator anaeróbio seguido de lagoa é uma ótima alternativa para ser aplicada em países em desenvolvimento e com clima quente (Von Sperling, 2006b).

Contudo, uma das desvantagens das lagoas consiste na liberação de grande quantidade de algas no efluente final, o que pode implicar em uma carga considerável de material orgânico (DBO) lançada nos corpos hídricos receptores. A remoção destas algas de efluentes de lagoas não é facilmente obtida nas unidades mais convencionais de tratamento de esgoto. Por exemplo, as algas não podem ser removidas por sedimentação, uma vez que as mesmas têm a tendência de se apresentarem distribuídas ao longo da coluna de água, principalmente em regiões próximas à superfície, onde encontram mais luz para realização da fotossíntese.

Uma das alternativas para a melhoria da qualidade do efluente e redução desses problemas é a implantação de tecnologias de tratamento que sejam eficientes na remoção de algas, possibilitando a obtenção de efluentes com potencial de reúso não-potável ou com melhores características físico-químicas para disposição em cursos d'água restritivos. Dentre as possíveis alternativas, a flotação por ar dissolvido pode ser utilizada no tratamento de esgoto ou mesmo de água para abastecimento, e é muito eficiente na remoção de diversos tipos de impurezas das águas, como sólidos em suspensão e, quando associada a coagulantes metálicos, pode remover nutrientes, principalmente fósforo, e uma parcela complementar dos sólidos. (Chernicharo, 2001).

A flotação pode ser usada, p.ex., para separar partículas suspensas ou material graxo de uma fase líquida. A separação das partículas presentes na água bruta ocorre pela introdução de microbolhas de ar no início da câmara de flotação, misturando-as com o afluente a tratar, de modo que as microbolhas aderem à superfície das partículas e, devido à densidade resultante no conjunto bolhas+partícula ser menor que a do líquido, são arrastadas à superfície da água, de onde podem ser removidas por uma operação de raspagem superficial (Metcalf & Eddy, 1991).

O efluente da flotação por ar dissolvido pode ser disposto diretamente em corpos d'água ou pode ainda ser reusado, desde que passe por um processo de desinfecção. A reutilização de águas de esgotos tratados para fins não potáveis pode ser um importante mecanismo no aproveitamento de recursos hídricos. Essas águas, que geralmente são devolvidas aos rios, podem ser utilizadas para várias finalidades, como: limpeza pública, irrigação de jardins, refrigeração de equipamentos industriais e lavagens de automóveis. O reúso é uma possibilidade muito importante de economia da água e eliminação do desperdício (Tundisi, 2005).

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a aplicabilidade da flotação por ar dissolvido na remoção de partículas, DQO e fósforo no efluente de uma lagoa de polimento empregada no pós-tratamento de reatores anaeróbios, tendo em vista o reúso destes efluentes para fins não potáveis ou seu lançamento em cursos d'água restritivos.

2. METODOLOGIA

As amostras de efluentes de lagoas de estabilização utilizadas nos ensaios de flotação foram obtidas na ETE Rio das Antas, administrada pela SANEPAR, situada no município de Irati, PR. Esta ETE é composta por sistema de tratamento preliminar (grade e caixa de areia), tratamento biológico (UASB e RALF em paralelo), pós-tratamento (lagoa de polimento) e leitos de secagens (tratamento do lodo).

Para realização dos ensaios, foram coletados cerca de 60 litros de efluente da lagoa de estabilização, em cada campanha de ensaios. Foram realizadas duas campanhas de coleta/ensaios, uma em agosto e outra em outubro de 2009, no período da manhã.

Os ensaios de flotação por ar dissolvido foram realizados em um equipamento em escala de bancada, denominado “flotateste”, conforme descrito em Di Bernardo *et al.* (2002). O “flotateste” é constituído por 3 jarros prismático-retangulares com volume útil de 2 litros cada, com sistema de agitação independente, acoplados a uma câmara de saturação com volume útil de 5 litros. A entrada de água saturada é feita pela parte inferior de cada jarro, controlada por um registro. Cada jarro possui dois orifícios de coleta ao longo da altura, que podem ser utilizadas de acordo com o tempo de coleta calculado, para diferentes velocidades de flotação.

Tão logo a amostra chegava ao laboratório, antes da realização dos ensaios, eram analisados os seguintes parâmetros no efluente da lagoa de polimento: pH, turbidez, cor aparente, DQO e fósforo. Todas as análises foram realizadas conforme as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Foram realizadas duas campanhas, sendo que na primeira foi utilizado o PAC (Policloreto de Alumínio) como coagulante e na segunda foi utilizado o cloreto férrico.

2.1 Ensaios com PAC

A coleta para ensaios com o PAC foi realizada no mesmo dia de coleta. Foram feitas 8 bateladas, com 3 ensaios em cada batelada, mais um último ensaio. Em todas as bateladas foram usadas tempo de mistura rápida de 1 min., gradiente de velocidade de mistura rápida de 500 s^{-1} , tempo de saturação na câmara de pressurização de 10 minutos à pressão de 5 bar, coletando efluentes nas velocidade de flotação de 20 cm/min e 10 cm/min. A tabela 1 apresenta as condições operacionais testadas em cada ensaio.

Tabela 1. Condições operacionais testadas nos ensaios de flotação por ar dissolvido utilizando PAC: Gf (gradiente de mistura na floculação); Tf (tempo de floculação); DC (dosagem se coagulante) e razão de recirculação.

| Ensaio | Gf (s^{-1}) | Tf (min.) | DC (mg/L) | Razão de recirculação (%) |
|--------|------------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| 1 | 40 (55 rpm) | 8 | 20 | 10 |
| 2 | 40 (55 rpm) | 8 | 40 | 10 |
| 3 | 40 (55 rpm) | 8 | 60 | 10 |
| 4 | 40 (55 rpm) | 15 | 20 | 10 |
| 5 | 40 (55 rpm) | 15 | 40 | 10 |
| 6 | 40 (55 rpm) | 15 | 60 | 10 |
| 7 | 100 (90 rpm) | 8 | 20 | 10 |
| 8 | 100 (90 rpm) | 8 | 40 | 10 |
| 9 | 100 (90 rpm) | 8 | 60 | 10 |
| 10 | 100 (90 rpm) | 15 | 20 | 10 |
| 11 | 100 (90 rpm) | 15 | 40 | 10 |
| 12 | 100 (90 rpm) | 15 | 60 | 10 |
| 13 | 40 (55 rpm) | 8 | 20 | 20 |
| 14 | 40 (55 rpm) | 8 | 40 | 20 |
| 15 | 40 (55 rpm) | 8 | 60 | 20 |
| 16 | 40 (55 rpm) | 15 | 20 | 20 |
| 17 | 40 (55 rpm) | 15 | 40 | 20 |
| 18 | 40 (55 rpm) | 15 | 60 | 20 |
| 19 | 100 (90 rpm) | 8 | 20 | 20 |
| 20 | 100 (90 rpm) | 8 | 40 | 20 |
| 21 | 100 (90 rpm) | 8 | 60 | 20 |
| 22 | 100 (90 rpm) | 15 | 20 | 20 |
| 23 | 100 (90 rpm) | 15 | 40 | 20 |

| | | | | |
|-----------|--------------|----|----|----|
| 24 | 100 (90 rpm) | 15 | 60 | 20 |
| 25 | 40 (55 rpm) | 8 | 80 | 20 |

No ensaio 25 foi variada a dosagem de coagulante (80 mg/L) usando os parâmetros com melhores resultados dos ensaios anteriores, a fim de obter resultados ainda melhores.

2.2 Ensaios com Cloreto Férrico

Para esta série de ensaios, a coleta foi realizada em outubro de 2009. Foram realizadas 7 bateladas, com 3 ensaios em cada batelada. Em todas as bateladas foram usadas razão de recirculação de 20%, gradiente de mistura na floculação de 80 s^{-1} e tempo de saturação na câmara de pressurização de 10 minutos. Coletou-se nas velocidades de flotação de 20 cm/min e 10 cm/min. A tabela 2 apresenta as condições operacionais testadas em cada ensaio.

Tabela 2. Condições operacionais testadas nos ensaios de flotação por ar dissolvido utilizando Cloreto Férrico: Gf (gradiente de mistura na floculação); Tf (tempo de floculação); Gmr (gradiente de mistura rápida); Tmr (tempo de mistura rápida) e DC (dosagem se coagulante).

| Ensaio | Gf (s^{-1}) | Tf (min.) | Gmr (s^{-1}) | Tmr (s) | DC (mg/L) |
|---------------|--|------------------|---|----------------|------------------|
| 1 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 60 | 20 |
| 2 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 60 | 40 |
| 3 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 60 | 60 |
| 4 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 60 | 65 |
| 5 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 60 | 70 |
| 6 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 60 | 80 |
| 7 | 80 (80rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 60 | 40 |
| 8 | 80 (80rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 60 | 60 |
| 9 | 80 (80rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 60 | 80 |
| 10 | 80 (80rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 10 | 40 |
| 11 | 80 (80rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |
| 12 | 80 (80rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 10 | 80 |
| 13 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 10 | 40 |
| 14 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 10 | 60 |
| 15 | 80 (80rpm) | 10 | 300 (180rpm) | 10 | 80 |
| 16 | 80 (80rpm) | 5 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |
| 17 | 80 (80rpm) | 15 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |
| 18 | 80 (80rpm) | 20 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |
| 19 | 60 (66rpm) | 5 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |
| 20 | 60 (66rpm) | 10 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |
| 21 | 60 (66rpm) | 15 | 800 (430rpm) | 10 | 60 |

Os ensaios 19, 20 e 21 foram realizados a partir das melhores condições operacionais obtidas nos ensaios anteriores, que foram: gradiente de mistura rápida de 800 s^{-1} ; tempo de coagulação de 10 s e dosagem de 60 mg/L, variando-se o tempo de floculação (5, 15 e 20 min.)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio com o PAC

Antes dos ensaios em “flotatestes” com o uso do PAC foram analisadas as características do efluente da lagoa de estabilização, as quais estão apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Caracterização do efluente da lagoa de estabilização da ETE Rio das Antas, em Irati-PR, antes dos ensaios com o PAC.

| Parâmetros | Resultados |
|---------------------|------------|
| Alcalinidade (mg/L) | 58 |
| Temperatura (°C) | 17,4 |
| pH | 7,36 |
| Turbidez (uT) | 14,7 |
| Cor aparente (uC) | 451 |
| Fósforo (mg/L) | 4,44 |
| DQO (mg/L) | 186 |

As figuras 1, 2, 3 e 4 referem-se aos resultados obtidos com as condições operacionais indicadas na tabela 1.

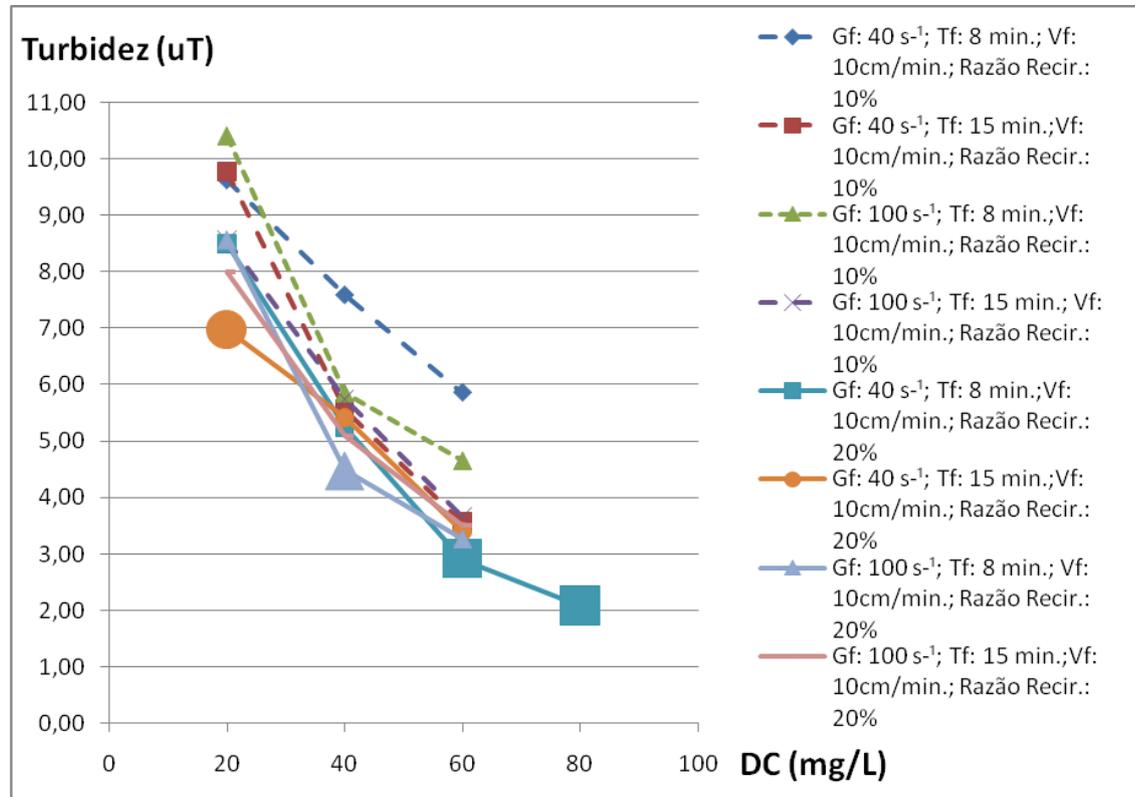


Figura 1 - Turbidez remanescente de acordo com: dosagens do coagulante (DC) PAC; gradiente de mistura na floculação (s⁻¹); tempo de floculação (min); velocidade de flotação (Vf): 10cm/min; razão de recirculação (%); tempo de mistura rápida (Tm): 1 min; gradiente de mistura rápida (Gm): 500 s⁻¹; Turbidez média no efluente da lagoa: 14,9 uT.

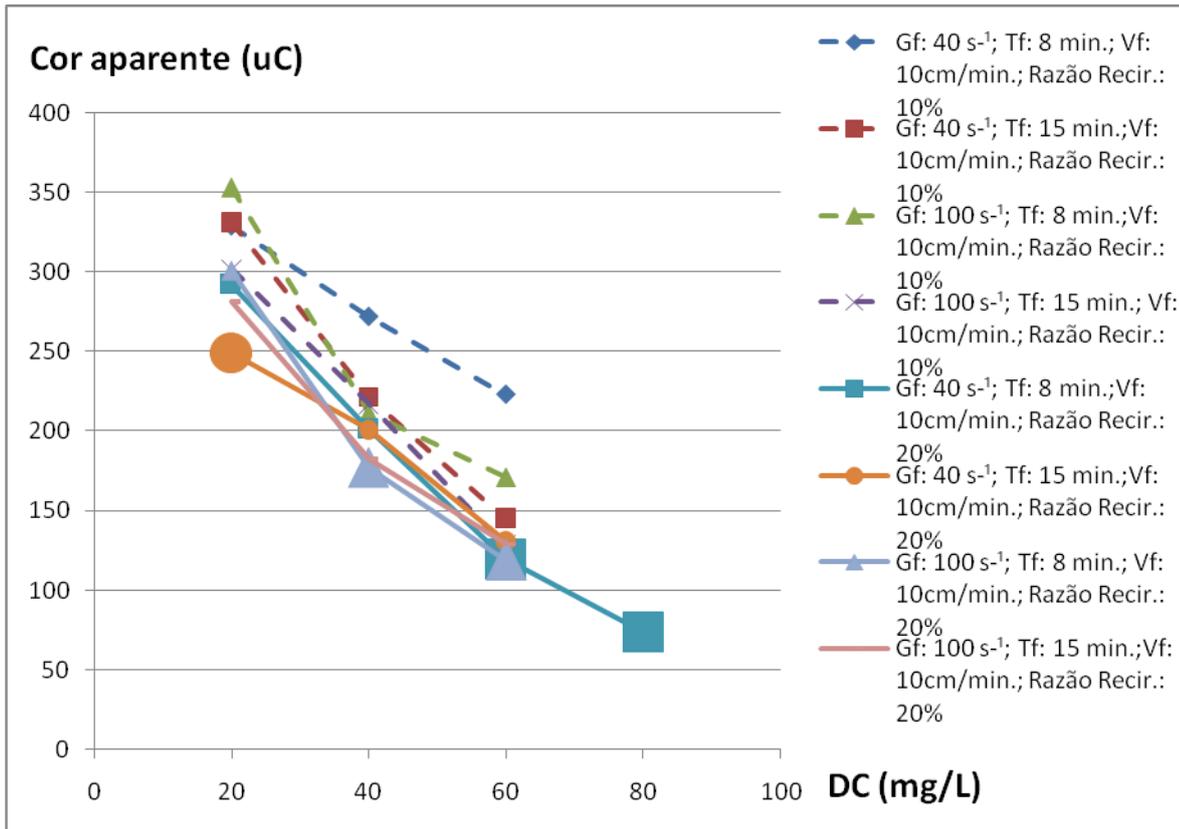


Figura 2 – Cor aparente remanescente de acordo com: dose do coagulante (DC) PAC; gradiente de mistura na floculação (s⁻¹); tempo de floculação (min); velocidade de flotação (Vf): 10cm/min; razão de recirculação (%); tempo de mistura rápida (Tm): 1 min; gradiente de mistura rápida (Gm): 500 s⁻¹. Cor aparente média na lagoa: 449 uC.

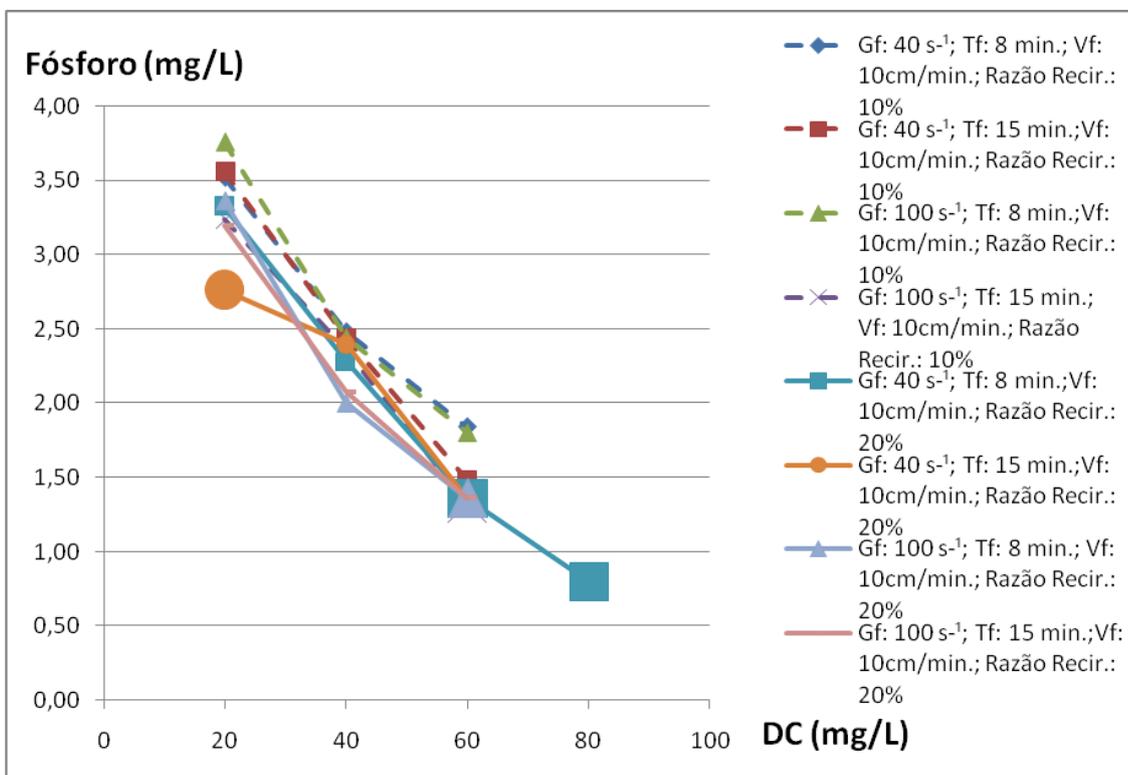


Figura 3 – Fósforo de acordo com: dosagens do coagulante (DC) PAC; gradiente de mistura na floculação (s⁻¹); tempo de floculação (min); velocidade de flotação (Vf): 10cm/min; razão de recirculação (%); tempo de mistura rápida (Tm): 1 min; gradiente de mistura rápida (Gm): 500 s⁻¹; Concentração média de fósforo na lagoa: 4,48 mg/L.

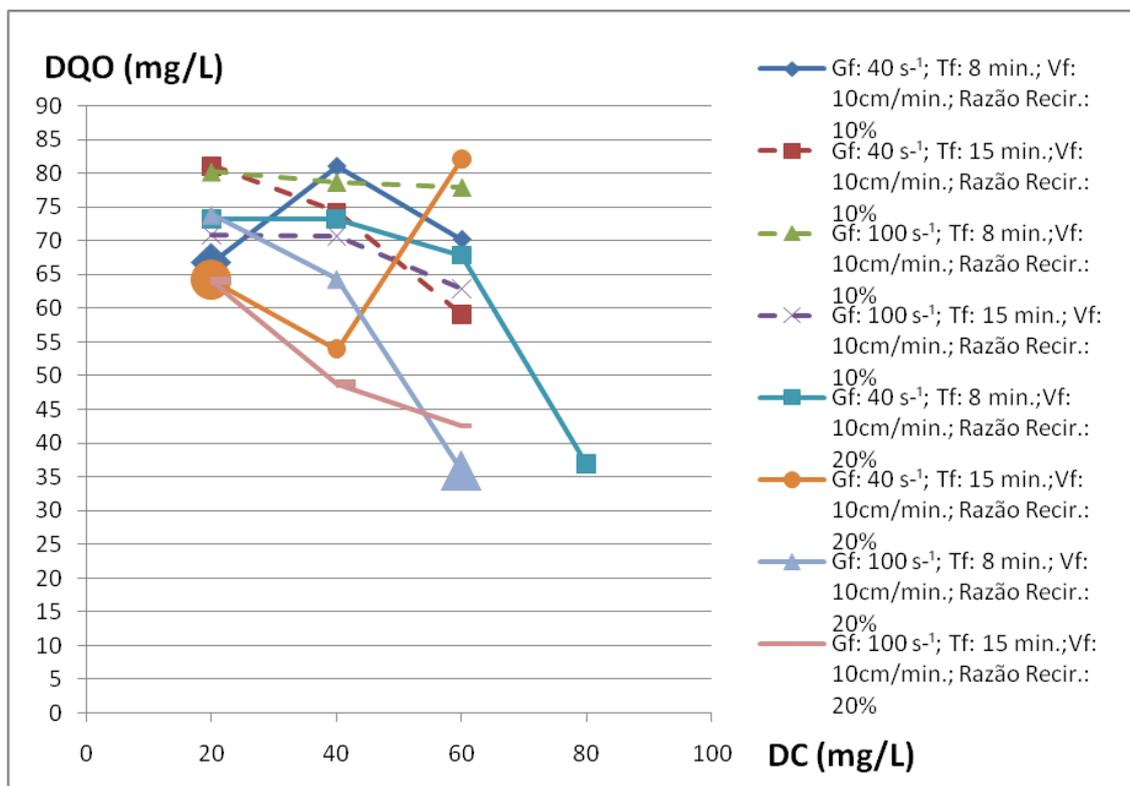


Figura 4 – DQO de acordo com: dosagens do coagulante (DC) PAC; gradiente de mistura na floculação (s^{-1}); tempo de floculação (min); velocidade de flotação (Vf): 10cm/min; razão de recirculação (%); tempo de mistura rápida (Tm): 1 min; gradiente de mistura rápida (Gm): $500 s^{-1}$; DQO médio na lagoa: 128 mg/L.

De modo geral, observa-se que as melhores condições operacionais para flotar o efluente da lagoa de estabilização da ETE com o uso do PAC foram: dosagem de 80 mg/L de PAC, gradiente de mistura na floculação de $40 s^{-1}$, tempo de floculação de 8 min. e razão de recirculação de 20%.

Em todos os ensaios em que foi usada a razão recirculação de 10%, independente dos outros parâmetros, observaram-se menores remoções de turbidez, cor aparente, fósforo e DQO, em relação aos ensaios em que se usou 20 % de recirculação. Os menores valores remanescentes de turbidez (2,08 uT), cor aparente (74 uC), fósforo (0,80 mg/L) e DQO (37 mg/L) com o uso do PAC foram obtidos com gradiente de mistura na floculação de $40 s^{-1}$, dosagem de coagulante de 80 mg/L, tempo de floculação de 8 min, e razão de recirculação de 20%, observando-se, portanto, eficiências de remoção de 85,85% para turbidez, 83,59% para a cor aparente, 80,18 % para DQO e 81,98% para o fósforo.

De acordo com a viabilidade do sistema, os melhores parâmetros operacionais são dosagens intermediárias e recirculação menor (menos gasto de energia) devido a custos. Observa-se que os melhores resultados ocorrem no uso de maior dosagem de coagulante e maior recirculação, porém os ensaios com menores dosagens de coagulante e recirculação também obtiveram bons resultados.

3.2 Ensaios com cloreto férrico

Antes dos ensaios em “flotatestes” com o uso de cloreto férrico foram analisadas as características do efluente da lagoa de estabilização, as quais estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 5. Caracterização do efluente da lagoa de estabilização da ETE Rio das Antas, em Irati-PR, antes dos ensaios com o cloreto férrico.

| Parâmetros | Resultados |
|---------------------|------------|
| Alcalinidade (mg/L) | 48 |
| DQO (mg/L) | 65 |
| Cor aparente (uC) | 242 |
| Temperatura (°C) | 20,8 |
| Turbidez (uT) | 13,9 |
| pH | 7,16 |
| Fósforo (mg/L) | 2,10 |

A figura 5, 6, 7 e 8 referem-se aos resultados obtidos com nos ensaios com uso do cloreto férrico, conforme delineado na tabela 2.

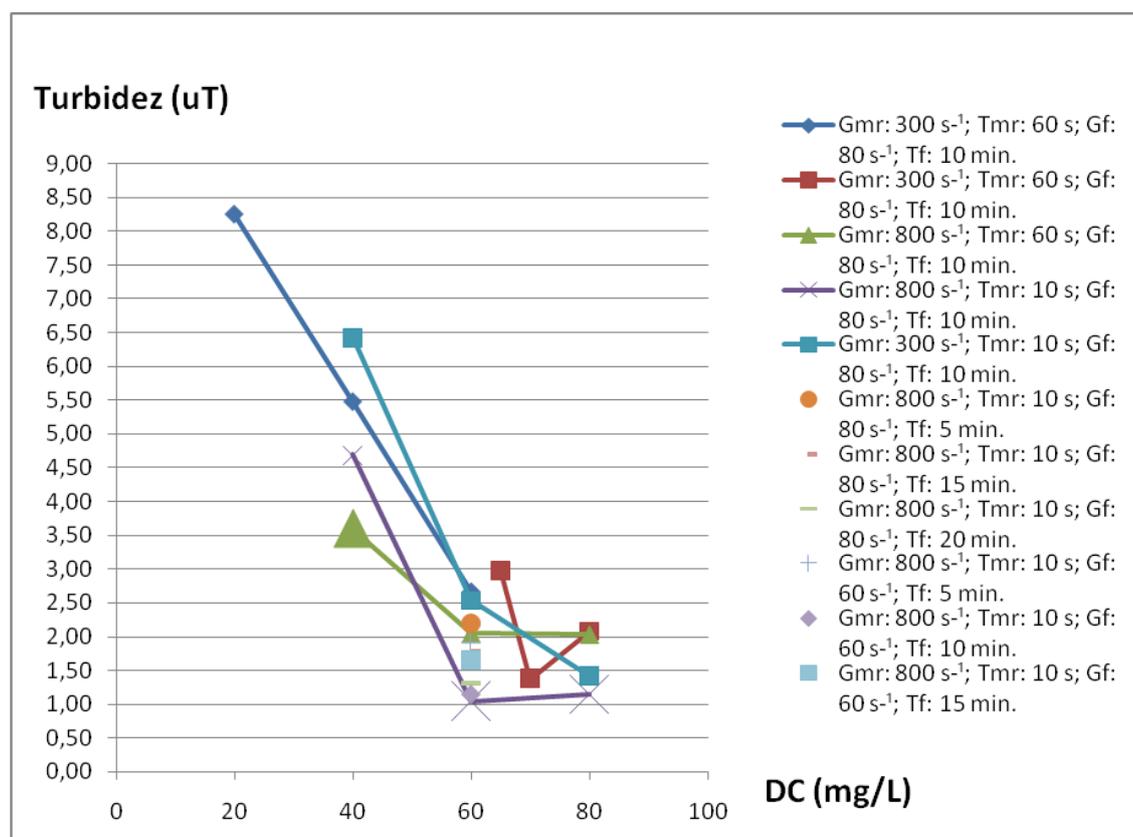


Figura 5 – Turbidez remanescente de acordo com: dosagens do coagulante (DC) Cloreto férrico; gradiente de mistura rápida (Gmr); tempo de mistura rápida (s); gradiente de mistura na floculação (s⁻¹); tempo de floculação (TF); velocidade de flotação: 10cm/min.; razão de recirculação 20 %; Turbidez média da água bruta: 14,1 uT.

Nestes ensaios, os fatores que mais influenciaram a remoção de turbidez foram o tempo de mistura rápida e a dosagem de coagulante. A menor turbidez remanescente foi obtida com gradiente de mistura rápida de 800 s⁻¹, tempo de mistura rápida de 10 s, gradiente de mistura na floculação de 80 s⁻¹, dosagem de coagulante de 60 mg/L e tempo de floculação de 10 min., obteve-se turbidez em torno de 1 uT. Sendo, o uso de 60mg/L, suficiente para fornecer as melhores eficiências de remoção, não sendo vantajoso usar doses maiores.

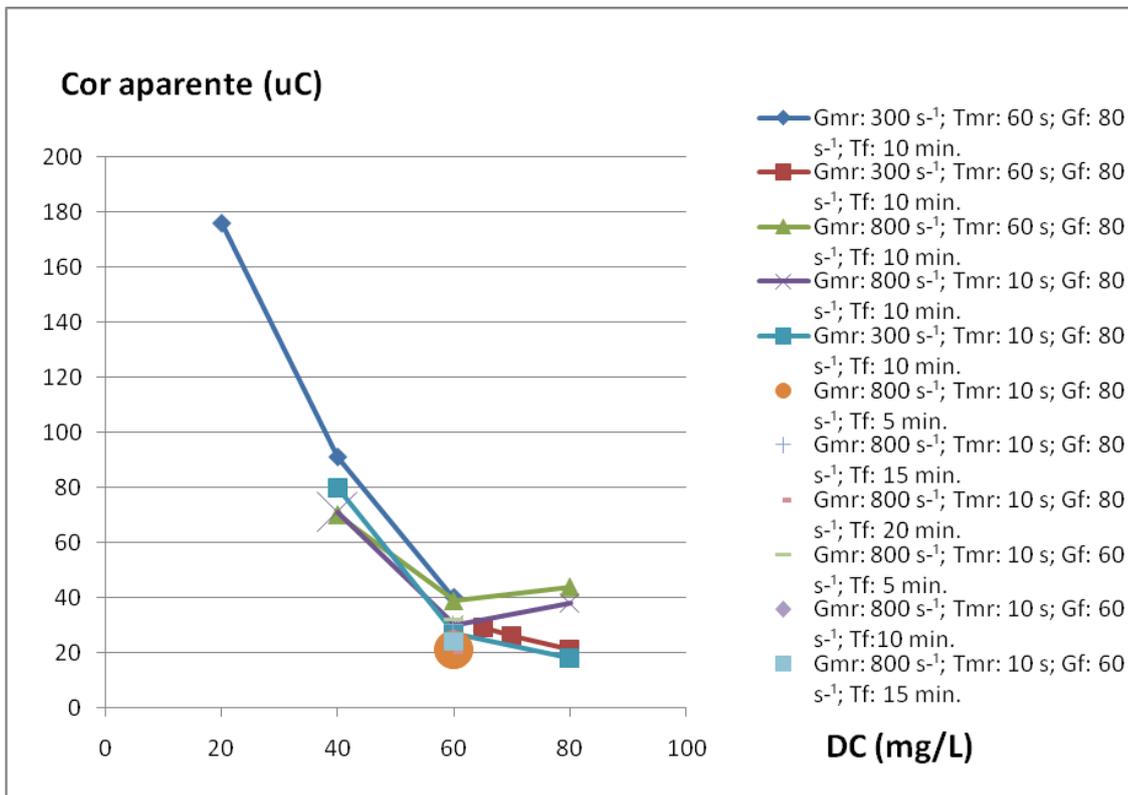


Figura 6 – Cor aparente de acordo com: dosagens do coagulante (DC) Cloreto férrico; gradiente de mistura rápida (Gmr); tempo de mistura rápida (s); gradiente de mistura na floculação (s⁻¹); tempo de floculação (Tf); velocidade de flotação: 10cm/min.; razão de recirculação 20 %; Cor média da água bruta: 238 uC.

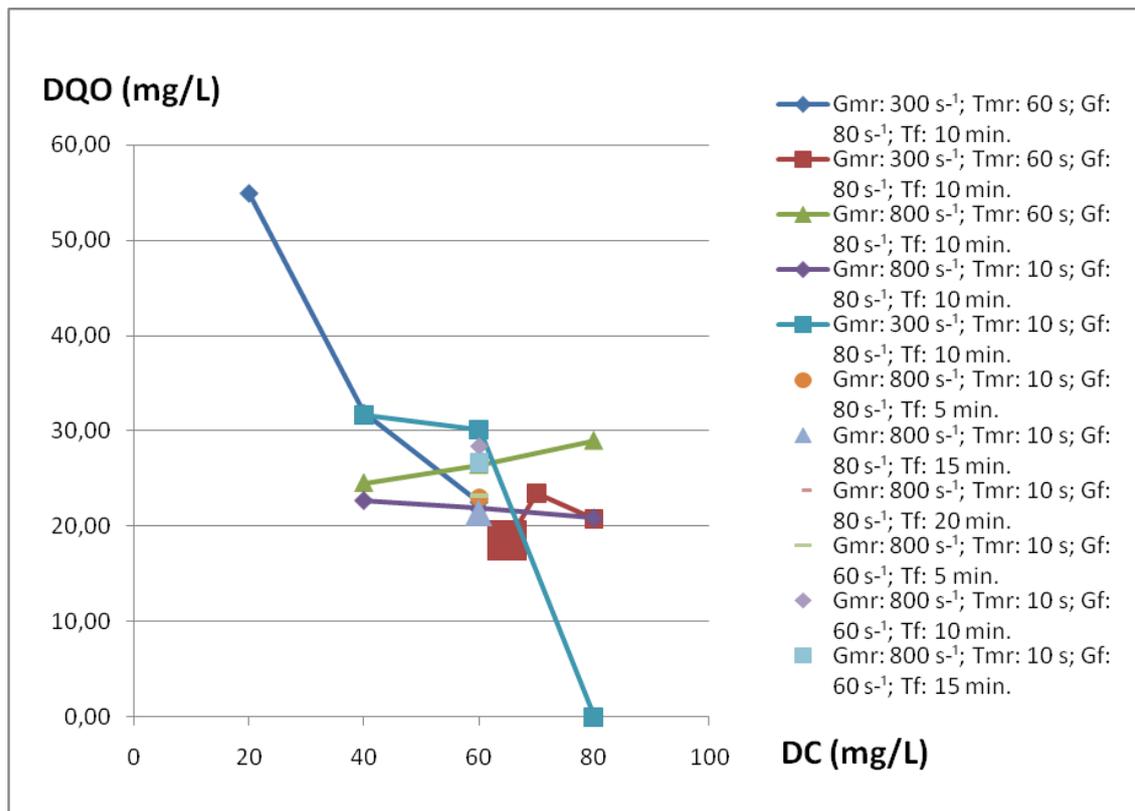


Figura 8 – DQO de acordo com: dosagens do coagulante (DC) Cloreto férrico; gradiente de mistura rápida (Gmr); tempo de mistura rápida (s); gradiente de mistura na floculação (s⁻¹); tempo de floculação (Tf); velocidade de flotação: 10cm/min.; razão de recirculação 20 %; DQO na lagoa: 64 mg/L.

Com o uso de 80mg/L de Cloreto Férrico, razão de recirculação 20%; gradiente de velocidade na floculação 80 s⁻¹; tempo de floculação 10 min.; velocidade de flotação 10cm/min.; tempo de mistura rápida 10s ; e gradiente de mistura rápida 300 s⁻¹ , houve remoção de 90% de turbidez, 88,71% de cor aparente, mais que 95,21% de remoção de fósforo e 68,65% de DQO.

A variação do gradiente de mistura rápida não influenciou nos resultados, o que mais influenciou foi o tempo de mistura rápida e a dosagem do coagulante. As remoções dos parâmetros foram próximos com o uso de 60mg/L e 80mg/L de cloreto férrico. Portanto, é melhor usar menos coagulante, pois diminui os custos do sistema.

4. CONCLUSÕES

Tanto o PAC (Policloreto de Alumínio) quanto o cloreto férrico, são coagulantes bastante eficientes na remoção de partículas (turbidez e cor aparente), fósforo e DQO, na Flotação Por Ar Dissolvido do efluente de lagoas de polimento. Porém com o uso de cloreto férrico houve maior remoção de turbidez e fósforo remanescentes.

A flotação associada ao uso de coagulantes metálicos (PAC e cloreto férrico) se mostrou eficiente na remoção de partículas, fósforos (que se constituem principalmente de algas) e DQO do efluente da lagoa de polimento.

Com o PAC, as eficiências aumentaram com o aumento da dose, até 80mg/L. A eficiência de remoção aumentou também com o aumento da razão de recirculação, sendo que a razão de 20% foi mais adequada.

Com cloreto férrico, maiores doses forneceram melhor remoção de turbidez, DQO e fósforo até dose de 60mg/L, não havendo ganho de eficiência com doses maiores.

O cloreto férrico se mostrou mais adequado que o PAC para remoção de turbidez, cor e fósforo, com maiores eficiências de remoção dos constituintes de esgoto e menores valores remanescentes de turbidez, cor, DQO e fósforo.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PUBLIC HEATH ASSOCIATION (1998) *Standart methods for the examination of water and wastewater*. 19.ed. Washington: American Public Health Association

DI BERNARDO, L; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. (2002) *Ensaio de tratabilidade de água dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: Rima.

CHERNICHARO, C.A.L. (2001) *Pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. Belo Horizonte: Projeto PROSAB.

METCALF & EDDY (1991) *Wastewater Engineering - Traetment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill Inc., 3. ed. New York.

NUVOLARI, A. (Coordenador) (2003) *Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola*. São Paulo: Edgard Blücher

TUNDISI, J. G. (Coordenador) (2005) *Água no Século XXI - Enfrentando a Escassez.*, 2.ed. São Carlos: Rima

VON SPERLING, M. (2006 a) *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.*, Vol. 1. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.

VON SPERLING, M. (2006 b) *Princípio do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lagoas de Estabilização*, Vol. 3. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG