



II-532 – RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM TANQUES DE PISCICULTURA: UTILIZAÇÃO DE FLOCO-DECANTADOR DE MANTA DE LODO E VARIAÇÕES DE COAGULANTES

Thassya Geórgia Lucas de Souza⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade de Lins – UNILINS. Mestranda em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho – FEIS/UNESP.

Tsunao Matsumoto

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia de São José dos Campos. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Alameda Bahia, 550 - Ilha Solteira, SP - CEP: 15.385-000 - Brasil - Tel: (18) 37431125 - e-mail: thassyageorgia@yahoo.com.br

RESUMO

A Aqüicultura é uma atividade econômica em expansão atualmente, que requer em seus processos produtivos, grandes volumes de água. A utilização deste recurso coloca em risco sua qualidade e quantidade, aumentando, desta forma, a competição e conflito pelo seu uso. As práticas aquícolas em especial a piscicultura, com sua crescente instalação de projetos em tanques-rede e tanques escavados, acabam inevitavelmente produzindo resíduos orgânicos metabólicos – em ambos os tanques. Prejudiciais ao meio ambiente na maioria das vezes, os efluentes compostos pelos resíduos orgânicos metabólicos destes tanques não recebem nenhum tipo de tratamento antes de serem descartados, deteriorando a qualidade dos recursos hídricos dos corpos receptores e infringindo as legislações e normas ambientais vigentes. O efeito dessa poluição é reportado por diversos pesquisadores e merece estudo mais detalhado na tentativa de desenvolvimento de alternativas de tratamento deste efluente, visando o reuso da água tratada ou simplesmente o seu descarte. Deste modo, propõe-se a utilização de um sistema Floco-Decantador de Manta de Lodo (FDML) no tratamento do efluente gerado em piscicultura em tanque escavado, objetivando promover a remoção de resíduos orgânicos particulados com o intuito de reduzir o impacto ambiental da sua descarga e na tentativa de adequação da qualidade desses efluentes para uma possível reutilização.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulantes, Efluentes de Piscicultura, Floco-decantador de Manta de Lodo, Impactos Ambientais, Recuperação da Qualidade.

INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente possui um significativo potencial no desenvolvimento de atividades aquícolas em águas interiores, especialmente a piscicultura, que na última década tem-se intensificado.

Os efluentes provindos da produção intensiva de peixes, que contêm alimento não consumido e resíduos fecais, contribuem para a poluição ambiental nos corpos hídricos, pois incrementam a sedimentação de materiais degradáveis e não degradáveis. Também, a descarga de grandes quantidades de resíduos nitrogenados, tais como amônia e nitrito, pode superar a capacidade de assimilação dos corpos receptores, levando a uma deterioração da qualidade de água. Desta forma, o despejo das águas destes sistemas com elevada concentração de nutrientes (fósforo e nitrogênio), promovem as florações de microrganismos, principalmente de cianobactérias e a conseqüente eutrofização dos corpos d'água adjacentes.

Dentro do contexto da produção de pescado, sem prejuízos à qualidade das águas, são necessárias medidas de tratamento dos seus subprodutos. Deste modo, o uso de um sistema de tratamento constituído por floculador de manta de lodo em consórcio com decantador de alta taxa, seguido por um filtro de areia de fluxo descendente (FDML), pode representar uma tecnologia promissora às técnicas de remoção de materiais particulados e microrganismos, como algas e protozoários, da água de descarte dos tanques de pisciculturas.

Vale salientar que até o momento o sistema de tratamento em questão vem sendo utilizado para tratamento de água para consumo humano. A presente pesquisa apresenta a iniciativa de utilização deste sistema para

tratamento de águas residuárias, mais especificamente efluentes de piscicultura, demonstrando assim a constante busca de condições sustentáveis para desenvolvimento de projetos baseados em mecanismos de desenvolvimento limpo e na tentativa de atingir maior eficiência deste sistema na remoção de resíduos orgânicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estação experimental de tratamento para efluentes de piscicultura foi montada num pesqueiro tipo pesque-pague no Bairro Ipê, no município de Ilha Solteira-SP. O empreendimento de piscicultura pode ser visto na figura 1. Na Figura 2 observa-se a estação experimental montada no local de estudo.



Figura 1: Pesque-pague de Ilha Solteira.



Figura 2: Vista geral da instalação experimental (FDML).

O pesqueiro constitui em um tanque escavado de aproximadamente 35 metros de comprimento, 25 de largura e 1,5 metros de profundidade, onde há predominância no cultivo de tilápias da espécie *Oreochromis Niloticus*, mais conhecidas como tilápia do nilo ou tilápia nilótica. As tilápias são espécies de peixes que melhor se adaptam a diferentes condições de qualidade de água.

A água de abastecimento do tanque de cultivo é proveniente de mina existente no local. A saída da água é realizada através de um monge que encaminha o efluente para o Lago do Ipê, a jusante do pesque-pague.

Características do Módulo Experimental. – O tratamento da água do tanque de piscicultura (remoção das partículas sólidas) é realizado por meio da passagem deste efluente pelo módulo experimental FDML. Este módulo, adotado por possuir uma tecnologia que permite altas taxas de decantação em área reduzida, é composto por um floculador hidráulico manta de lodo associado ao decantador de alta taxa seguido por um filtro de areia em fluxo descendente com uma taxa de aplicação de aproximadamente $180\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$. O processo de coagulação, floculação, sedimentação e concentração das partículas ocorrem no FDML, promovendo a remoção do material particulado. O esquema da instalação experimental pode ser visto na Figura 3.

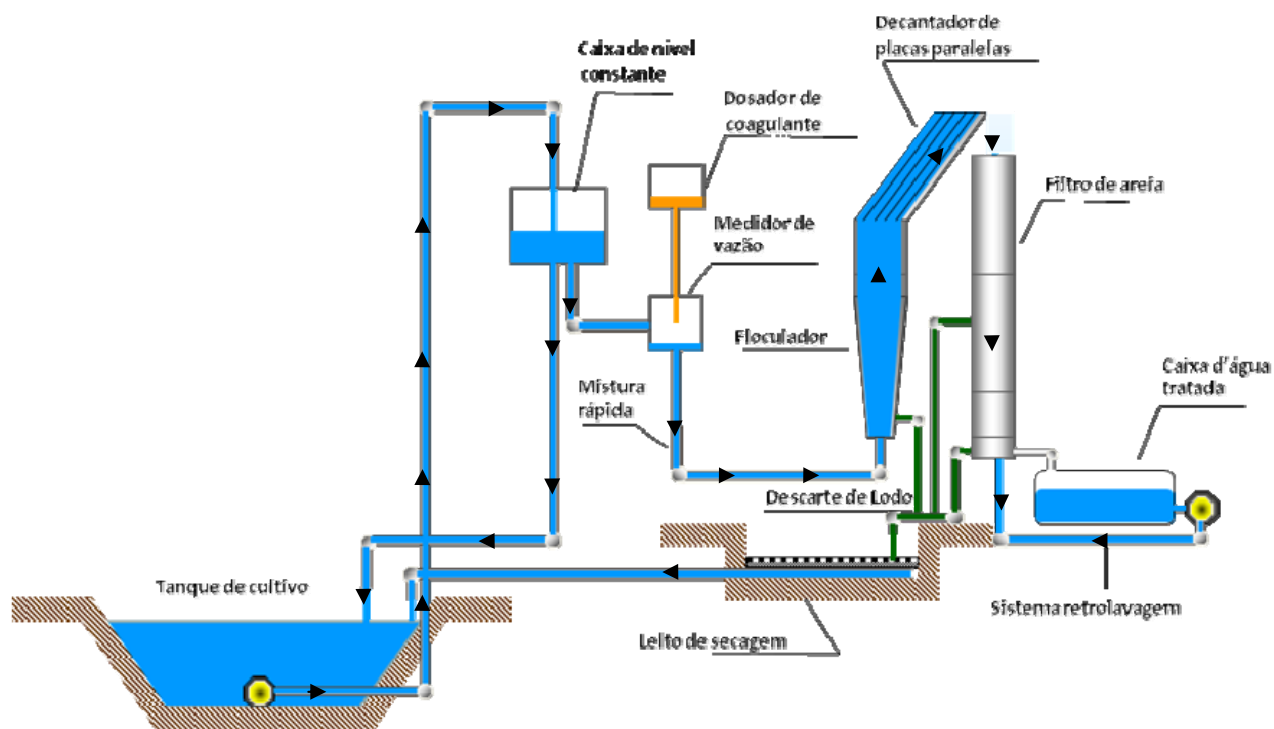


Figura 3: Esquema da instalação experimental.

A unidade experimental (FDML) está montada num local acima do terreno do tanque de cultivo de peixes. Deste modo, a água a ser tratada é recalçada até a unidade experimental, por meio de uma bomba diafragma instalada no fundo do tanque – onde encontra-se grande parte dos sólidos e restos de alimentos. O efluente, encaminhado por meio de tubulações é enviado à caixa de nível constante, e em seguida, há a aplicação de coagulante, com o auxílio de uma bomba dosadora, no vórtice de entrada da tubulação de alimentação do módulo.

Descrição do sistema de remoção no Módulo FDML. – O sistema em fluxo ascendente do módulo proporciona a aglutinação da água coagulada e formação de flocos mais densos que água. Os flocos desprendidos da manta são capturados pelas placas do decantador de alta taxa e arrastados de volta à área de floculação. A retirada do lodo é feita por um sistema hidráulico mediante tubulação por gravidade. O lodo é retirado por meio de descargas e direcionado ao leito de secagem. Este material é acondicionado em local adequado e o líquido drenado é encaminhado de volta ao tanque de cultivo.

A água decantada passa por um filtro de areia em fluxo descendente, removendo as partículas suspensas e coloidais e microrganismos. Lavagens do filtro são realizadas sempre no início da rotina de trabalho, e durante a operação no momento em que a água desta unidade atingir uma turbidez limite (2uT) ou ocorrer a perda de carga hidráulica limite (atingir altura de 2,30m).

As lavagens são realizadas por meio de um sistema de bomba centrífuga, bombeando água em sentido inverso do escoamento numa taxa suficiente para promover a expansão de aproximadamente 30% da camada filtrante no período de 10 minutos. A água utilizada para lavagem é aquela tratada pela instalação experimental e estará armazenada em uma caixa d'água (1000L).

O desempenho das unidades descritas acima é dependente de um arranjo adequado à água e à taxa de filtração, bem como de uma coagulação ideal. O processo de coagulação depende de uma interação entre fatores como temperatura, pH, e tipo e concentração de coagulante a ser utilizado. Sendo assim, a adequação das dosagens de coagulantes é importante para a manutenção da melhor eficiência de remoção dos sólidos suspensos.

Avaliação da eficiência do tratamento da água de estudo no Módulo FDML. – As coletas de amostras da água do tanque de piscicultura durante o processo de tratamento são realizadas em três pontos escolhidos estrategicamente, conforme apresentado na Figura 4. A amostragem dos pontos constitui uma rede de

monitoramento dos parâmetros indicativos da qualidade de água, proporcionando o acompanhamento do desempenho do sistema na remoção dos poluentes.

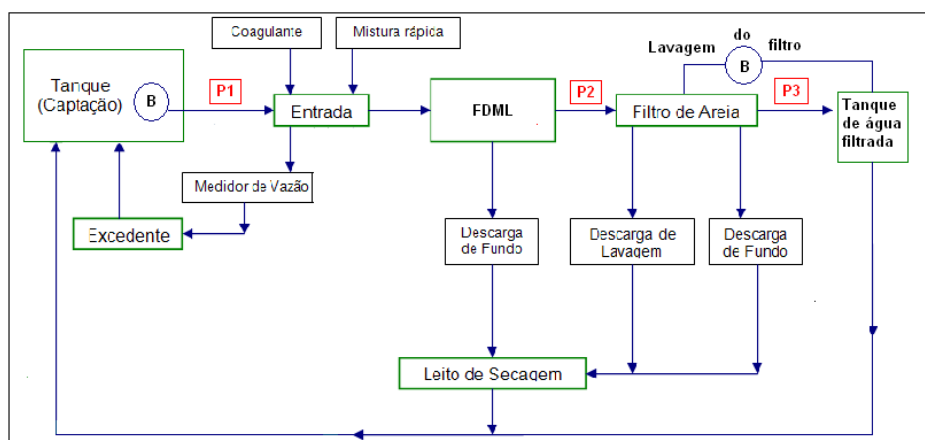


Figura 4: Fluxograma do sistema de tratamento (FDML)

Os parâmetros de controle físico-químicos analisados no monitoramento são: pH, Temperatura, Turbidez, Cor verdadeira, Cor aparente DBO, DQO, Coliformes fecais, Coliformes Totais, Condutividade, Sólidos Sedimentáveis, ST, SST, NTK_{Total}, N-NH₄, N-NO₃, P_{Total} e Clorofila “a”.

Ao final do processo, diante do tratamento escolhido, a eficiência de remoção de poluentes definirá a qualidade do efluente obtida. Esta eficiência será determinada por meio de análises físico-químicas do sistema e direcionará a utilização do efluente final (reuso, recirculação ou disposição direta em corpos hídricos).

ENSAIOS E RESULTADOS PRELIMINARES

Preliminarmente foram realizados ensaios de caracterização da água do pesqueiro, ensaios de dosagem em laboratório (*Jar Test*) e ensaio no FDML.

Caracterização da Água em Estudo

A Tabela 1 apresenta dados de algumas análises da água do pesqueiro em estudo no ano de 2008, possibilitando assim uma prévia caracterização do efluente a ser tratado.

Tabela 1: Caracterização o efluente do tanque de piscicultura em estudo.

PARÂMETRO	VALORES		
	20 Jun	20 Set	20 Out
pH	6,6	7,94	6,79
Turbidez (uT)	25	35	32
Cor aparente (uH)	331	431	428
Cor verdadeira (uH)	5	ND*	ND*
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	400	200	100
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	0	0	0
NTK Total (mg/L)	2	ND*	2,6
N-NH ₄ (mg/L)	0,03	0,02	0,03
N-NO ₃ (mg/L)	5,8	1,1	1,1
P-PO ₄ Total (µg/L)	120	116	99
ST (mg/L)	87	151	162
SST (mg/L)	22,3	24	42
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	65	127	130
DQO (mg/L)	30	42	62
OD (mg/L)	9,7	9,9	5,6
DBO (mg/L)	ND	7	ND*

*ND: Resultados não determinados



As concentrações de oxigênio obtidas no tanque de piscicultura demonstraram boas condições. As medidas foram feitas no período diurno (entre as 7h30 e às 8h30). Provavelmente durante a noite os valores de oxigênio dissolvido podem ter sofrido uma pequena queda, mas sem muitos prejuízos aos peixes.

Os valores de pH não apresentaram pouca variação, mas estão dentro dos valores recomendados.

Em relação a nitrogênio total, foram encontrados baixos valores deste parâmetro no tanque de estudo, assim como para valores de nitrogênio amoniacal.

O teor de nitrato recomendado para um viveiro de piscicultura pode ser de até 10mg/L, portanto, os resultados apresentados neste estudo estão abaixo do valor máximo recomendado pela literatura.

O parâmetro da cor provavelmente apresentou valores altos devido, provavelmente, à presença de algas na água do tanque.

Em relação às concentrações de fósforo total estão acima do padrão recomendado pelo CONAMA 357/05.

As baixas concentrações de nutrientes verificadas no tanque podem estar relacionadas ao manejo, pois quanto mais intenso, maiores serão as concentrações de nutrientes no interior dos viveiros, e conseqüentemente dos efluentes. Um fato importante que também pode estar influenciando nos resultados é que no pesque-pague em estudo, não há critério técnico ou orientação quanto à quantidade de ração, à frequência de alimentação e ao melhor tipo de ração a ser empregada no tanque. Por muitas vezes, os peixes não recebem alimento regularmente.

No geral, os resultados mostraram uma água de boa qualidade com a maior parte dos parâmetros dentro dos limites para a piscicultura segundo alguns autores.

Estudos em Laboratório – Jar-Test

Durante a fase de montagem da estação experimental, ensaios preliminares foram realizados em laboratório, com o auxílio do aparelho de Jar-test para determinação do coagulante e sua melhor dosagem para aplicação no sistema de tratamento. Para tanto, foram testados os coagulantes: sulfato de alumínio, hidróxi-cloreto de alumínio (PAC) e cloreto férrico. A água utilizada nos ensaios foi coletada no pesqueiro e mantida em pH e turbidez natural.

Para realização dos ensaios de bancadas fez-se necessário o conhecimento dos parâmetros hidráulicos do FDML tais como gradientes de velocidade e tempos de detenção no FDML. Para tanto o módulo foi dividido em três partes:

- Início: constituído da parte inferior do floculador ao ponto de encontro dos jatos sucessivos;
- Meio: constituído do ponto de encontro dos jatos sucessivos ao início do prolongamento;
- Fim: constituído do início do prolongamento ao final do decantador de placas paralelas.

Levando em consideração a taxa de operação do sistema de 180 m³/m²/d, as estimativas dos tempos de detenção no FDML para realização dos Jar-Test podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2: Estimativa dos tempos de detenção no SFML (mistura rápida, floculação e decantação).

Taxa de filtração	Gradiente (s ⁻¹)	Rotação (rpm)	Tempo de mistura rápida (T _{mr})
Mistura rápida	600	300	20s
Início	219,7	175	7,26s
Meio	16	30	97,8s
Fim (prolongadores)	5	25	4,3 min
	3	22	6 min
Decantação	-	-	5, 10 e 15 min

Por meio dos dados obtidos nos ensaios de bancada, pôde-se verificar distinções entre os coagulantes testados. O comportamento de cada coagulante testado pode ser visto na Figura 5 (sulfato de alumínio), Figura 6 (cloreto férrico) e Figura 7 (PAC).

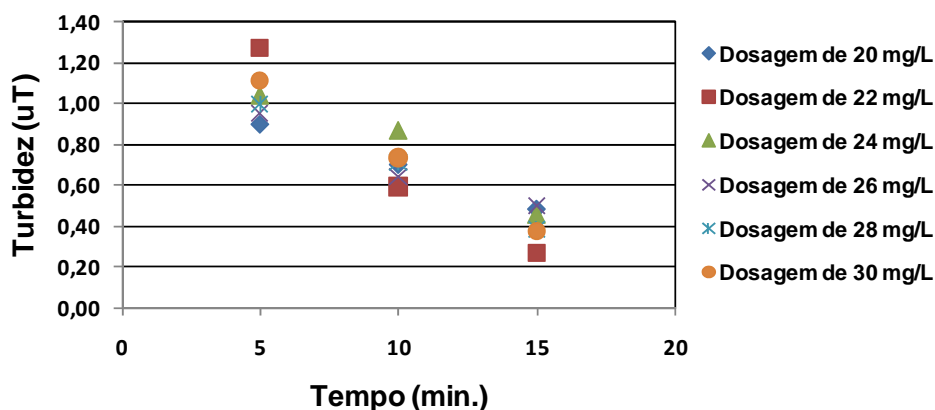


Figura 5: Jar-Test com dosagem de Sulfato de Alumínio (mg/L) - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$, pH: 6,29 e turbidez natural de 12 uT.

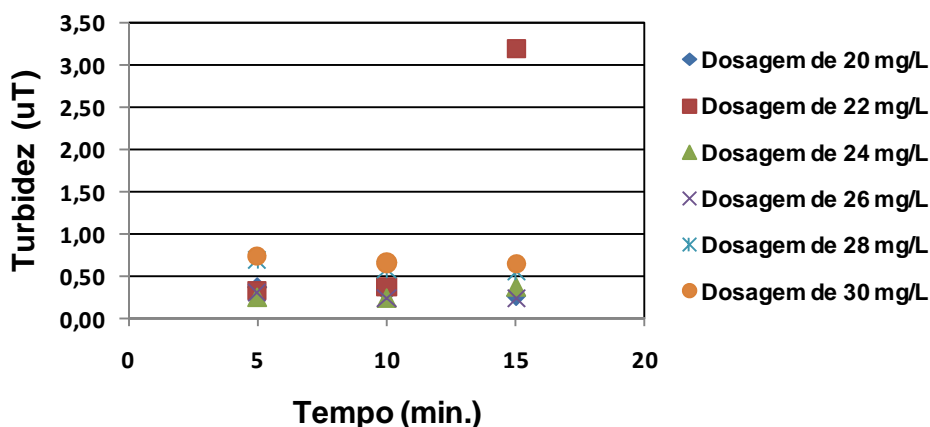


Figura 6: Jar-Test com dosagem de Cloreto Férrico (mg/L) - $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, pH: 6,53 e turbidez natural de 21 uT.

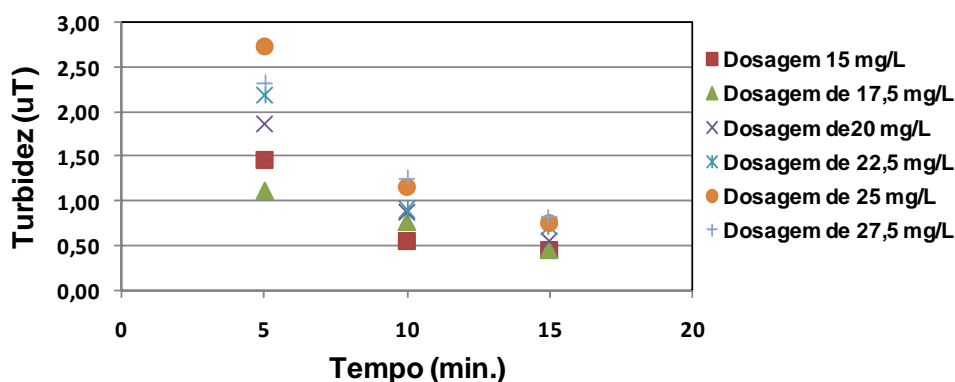


Figura 7: Jar-Test com dosagem de PAC (mg/L), pH: 5,93 e turbidez de 28,5 uT.

O sulfato de alumínio, para uma turbidez de 12uT e pH de 6,29, apresentou uma maior eficiência para dosagem de 22mg/L. No caso do cloreto férrico, observa-se que a melhor condição de coagulação e floculação foi em uma dosagem entorno 26mg/L, com turbidez de 21uT e pH de 6,53. Com relação ao PAC, constatou-se que na turbidez de 28,5uT e pH de 5,93, o valor de turbidez remanescente mais baixo apresentou uma melhores resultados na dosagem de 17,5mg/L, resultando na turbidez remanescente de 0,5uT.



Os resultados de *Jar-test* obtidos demonstraram a determinação das condições ótimas de coagulação e floculação de cada agente coagulante, apresentando uma eficiência de remoção segundo as características da água e dosagens específicas.

Deste modo, diante dos ensaios realizados permitiu-se a comparação da eficiência de remoção dos coagulantes e adotou-se o PAC como coagulante a ser empregado durante a etapa de coagulação do módulo FDML.

Ensaio no Floco-Decantador de Manta de Lodo

Ensaio preliminares foram realizados em dias distintos para reconhecimento do comportamento da unidade experimental, analisando os parâmetros de turbidez e pH da água bruta, decantada e filtrada.

O primeiro ensaio foi realizado com aplicação de PAC como coagulante em uma concentração de aproximadamente 18mg/L, observando sua influência na formação de flocos e verificação das melhores dosagens. A melhor dosagem obtida nos ensaios de *Jar-Test* foi utilizada diretamente no sistema de tratamento floco-decantador de manta de lodo, pois estava submetida às mesmas condições operacionais. A lavagem do filtro foi realizada antes do início das rotinas.

Operando com taxa de $180\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$, o primeiro ensaio no módulo ocorreu no período diurno do dia 09 de janeiro de 2009, com duração de aproximadamente 2 horas. A água do pesqueiro apresentou turbidez inicial de 15 uT, o que possibilita a formação da manta.

Nos primeiros 12 minutos de operação houve o início da formação de flocos, mas somente após 40 minutos flocos grandes puderam ser observados, como demonstram as Figuras 8 e 9.



Figura 8: Formação dos flocos.



Figura 9: Detalhe dos flocos.

Em alguns momentos os flocos formados foram quebrados devido à entrada de ar no módulo. Este pequeno problema, sanado por meio de modificações na tubulação de entrada, não mais interrompeu a formação da manta que pode ser vista nas Figuras 10 e 11.



Figura 10: Formação da manta.



Figura 11: Detalhe da manta.

Não ocorreram oscilações representativas na turbidez da água bruta. O pH inicial da água bruta foi de 8,7 chegando ao final da rotina com valores aproximados a 6,7 – ocorrendo o mesmo comportamento com o pH da água que passava pelo tratamento proposto. O comportamento do parâmetro turbidez na saída do decantador e do filtro, quando a manta encontrava-se formada, pode ser visto na Figura 12.

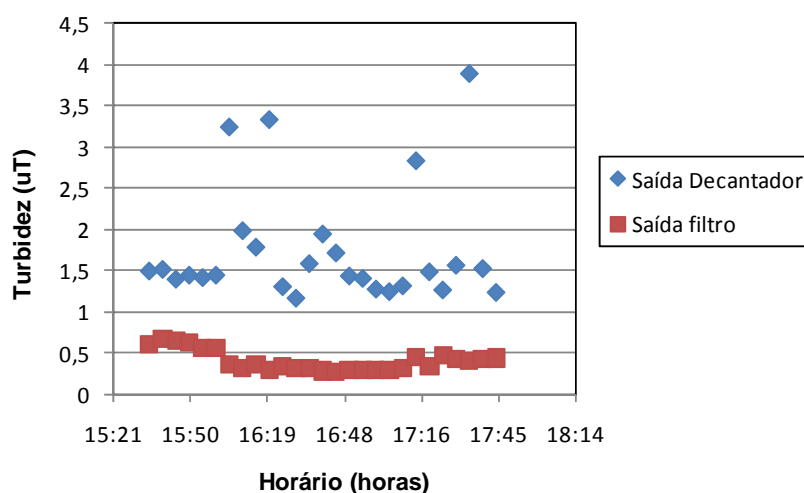


Figura 12: Turbidez nos pontos de coleta.

Como observado na Figura 12, o módulo floculador de manta de lodo associado ao decantador de alta taxa apresentou bom resultado em relação à turbidez, o que permitiu a entrada no filtro de uma água decantada de baixa turbidez, melhorando a qualidade da água filtrada.

Provavelmente devido à entrada de bolhas de ar no FDML, parte da manta de lodo formada subiu até o início do decantador, como pode ser visto nas Figuras 13 e 14, e acabou sendo carregada para o filtro provocando instabilidade no sistema. Descargas da manta de lodo foram realizadas para que houvesse a formação de novos flocos. Porém, neste momento, a operação fora interrompida dando seqüência à lavagem do filtro.



Figura 13: Manta sendo desfeita e carregada para o decantador



Figura 14: Pedacos da manta na saída do decantador

As demais tentativas não foram exitosas, não ocorrendo a formação da manta de lodo. A turbidez da água bruta nestes dias de ensaio não apresentou variação em relação aquela apresentada no primeiro dia. O fato da não formação de flocos, e conseqüente da manta, pode estar relacionado com a turbidez da água bruta, que mesmo elevada, pode estar sendo ocasionada devido à presença de algas.

Investigações e procedimentos estão sendo realizados para que não ocorra nenhuma interferência e problemas externos que prejudiquem o funcionamento do FDML.

Novas rotinas de ensaios preliminares serão realizadas com o intuito de conhecer o real comportamento do módulo e assim determinar as rotinas de operação do sistema

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A água do pesqueiro não sofre variação sazonal significativa.

A melhor coagulante testado foi o PAC na dosagem de 17,5mg/L, resultando numa turbidez final de 0,5uT.

Os ensaios realizados no FDML preliminarmente, como mostrado na Figura 12, demonstram que o sistema em questão pode funcionar adequadamente, pois houve a formação da manta, que é responsável pela remoção dos nutrientes e materiais particulados presentes na água em estudo.

Diante dessa constatação e frente aos problemas operacionais encontrados, na sequência da realização do projeto será analisar a eficiência da remoção das substâncias presentes no efluente de piscicultura.

Também, serão testados outros coagulantes, entre eles os polímeros naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOYD, C. E. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station. Alabama: Craftmaster Printers, 1979. 359 p.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução N^o - 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências: Diário Oficial, 2005.
3. CAVAZZANA, T. L. Ampliação de Escala de um Floco Decantador de Manta de Lodo no Tratamento de Água de Abastecimento. Ilha Solteira, 2006. 122p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.



4. DI BERNARDO, L. et al. Filtração direta aplicada a pequenas comunidades. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003. 97p.
5. ELER, M.N.; ESPÍNDOLA, E.L. G. Avaliação dos impactos de pesque-pague: uma análise da atividade na bacia hidrográfica do rio Mogi- Guaçu. São Carlos: RiMa, 2006a. 294 p.
6. GUILHERME, C. M. Comportamento do Decanto-Floculador de Manta de Lodo e Decantador de Alta Taxa no Tratamento de Água de Abastecimento Utilizando Sulfato de Alumínio e Diferentes Polieletrólitos. 2001. 73f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
7. KUBITZA, F. *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. 1 ed. Jundiaí, 2000, 289 p.
8. LOWSON, T.B. *Fundamentals of aquacultural engineering*. Chapman & Hall, 1995. 355 p.