



I-358 - ESTUDO DA LISE DE *Microcystis aeruginosa* E LIBERAÇÃO DE MICROCISTINAS COM O TEMPO DE ARMAZENAMENTO DE LODO EM DECANTADORES: AVALIAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA USANDO CLORETO FÉRRICO COMO COAGULANTE

Cristina Celia Silveira Brandão⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Doutora em Engenharia Ambiental pelo Imperial College of Science, Technology and Medicine. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB) – E-mail: cbrandao@unb.br.

Eliane Lopes Borges

Bióloga pela Universidade Católica de Brasília. Bolsista DTI no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (UnB).

João Victor da Cruz Pereira Araújo

Estudante do Curso de Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: SQN 303, Bloco J, Apto 601. 70735-100, Brasília – DF. Telefone: (61) 3326-9789. e-mail: cbrandao@unb.br.

RESUMO

As florações tóxicas de cianobactérias são de grande preocupação sanitária, pois a presença de toxinas na água coloca em risco a saúde da população. De um modo geral, os estudos indicam que o tratamento convencional é capaz de remover eficientemente as células de cianobactérias, mas são pouco eficientes na remoção das cianotoxinas, necessitando de técnicas complementares para remoção dessa fração dissolvida. Nesse contexto, atenção especial deve ser dada ao lodo do decantador, onde as células removidas após a coagulação/floculação ficam depositadas, e, por processos naturais, sofrem lise. Dessa forma, o presente trabalho avaliou, em escala de bancada, a lise de células *Microcystis aeruginosa* ao longo do tempo de armazenamento do lodo sedimentado. Foram avaliadas também a liberação e degradação de microcistinas, quando utilizados diferentes valores de pH de coagulação, e diferentes dosagens de cloreto férrico. Os diagramas de coagulação mostraram que as maiores eficiências de remoção de turbidez e células na sedimentação ocorreram com valores de pH de coagulação inferiores a 6. Durante o armazenamento do lodo, um decaimento acentuado de clorofila -a ocorreu até o 11º dia, para os dois valores de pH de coagulação estudados, 5 e 6,5, indicando a ocorrência da lise celular. Os dados de microcistinas extracelulares da água clarificada, obtidos no pH de coagulação de 5, confirmam a ocorrência da lise e mostram que a concentração máxima de microcistinas dissolvidas ocorre em torno do 5º dia de armazenamento do lodo e a degradação praticamente total ocorre entre o 8º e 11º dia, dependendo da dose de coagulante utilizada. Observou-se que nos frascos controle (sem coagulante) tanto a lise como a degradação de microcistinas ocorreram de forma mais lenta do que nos ensaios com adição de cloreto férrico. Os resultados enfatizam a importância que deve ser dada ao manejo do lodo do decantador, e indicam que, quando se trata água eutrofizada com predominância de *Microcystis aeruginosa*, a frequência de descarte do lodo deve ocorrer aproximadamente a cada de três dias, visando de minimizar a concentração de microcistinas na água clarificada.

PALAVRAS-CHAVE: Remoção de *Microcystis aeruginosa*; Lise celular; Liberação de microcistinas em lodos de decantadores

INTRODUÇÃO

A qualidade da água para consumo humano é fator de preocupação constante das autoridades de saúde. Como a poluição dos mananciais tem sido crescente ao longo dos anos - devido ao inchamento das cidades, desenvolvimento industrial, deficiência dos sistemas de esgotamento sanitário e de resíduos sólidos, ausência de políticas públicas para preservação de mananciais, entre outros - o tratamento da água para consumo humano torna-se fator fundamental na garantia da qualidade da água consumida e para a minimização de riscos para a saúde da população.



A eutrofização de lagos e reservatórios é um dos reflexos dessa poluição crescente. Do ponto de vista de saúde humana, a eutrofização dos mananciais de abastecimento assume particular importância quando a comunidade fitoplanctônica é dominada por cianobactérias tóxicas, em função da capacidade desses organismos produzirem toxinas (cianotoxinas).

O tratamento convencional, ou de ciclo completo, que inclui as etapas de coagulação, floculação, sedimentação e filtração rápida, pode ser bastante efetivo na remoção das cianobactérias, mas é pouco efetivo na remoção de cianotoxinas e, além do mais, trabalhos já realizados (Drikas *et al.*, 2001; Oliveira, 2005 entre outros) indicam a ocorrência da lise celular no lodo acumulado nos decantadores e liberação das toxinas para a água clarificada, se constituindo em risco para a saúde humana.

Para minimizar esses riscos, no caso do tratamento de águas com florações de cianobactérias, faz-se necessário alterar a prática de descarte de lodo dos decantadores, e para isso é fundamental compreender como a lise ocorre no lodo e as condições que favorecem ou retardam esse processo.

Nesse sentido, o presente trabalho avalia, em escala de bancada, a eficiência da sedimentação de *Microcystis aeruginosa* com uso do cloreto férrico como coagulante em valores de pH que variam de 4,5 a 7 e o efeito das condições de coagulação (pH e dosagem) na ocorrência da lise celular e liberação de toxinas do lodo sedimentado.

METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados em escala de bancada e englobaram duas etapas. Na primeira etapa foi construído o diagrama de coagulação utilizando o cloreto férrico como coagulante. A partir dos resultados do diagrama de coagulação, dois valores de pH e 3 dosagens de coagulante (zero, ótima, maior que a ótima) foram selecionados para realização da segunda etapa. Nessas condições específicas, ensaios de coagulação-floculação e sedimentação foram repetidos e o lodo produzido armazenado por até 30 dias (0, 1, 3, 5, 8, 11, 15, 20, 25 e 30 dias). Passado cada período de armazenamento, o lodo e a água clarificada (sobrenadante) foram analisados quanto: a concentração de biomassa algácea por meio da determinação de clorofila-a; contagem de células de *Microcystis aeruginosa*; microcistinas extracelulares, além do valor do pH.

Para realização dos ensaios foi utilizada água do Lago Paranoá, Brasília-DF, inoculada com células de *Microcystis aeruginosa* cultivadas em laboratório, para se obter uma água de estudo com concentração conhecida, com cerca de 10^6 células/mL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os diagramas de coagulação relativos à remoção de turbidez e à remoção de clorofila construídos utilizando como coagulante cloreto férrico para água contendo 10^6 células/mL de *Microcystis aeruginosa*. Claramente observa-se que as maiores eficiências de remoção de turbidez ocorrem com maiores concentrações de coagulante sob menores valores de pH de coagulação.

Comparando a Figura 1(b) com a Figura 1(a) verifica-se que faixa de valores de pH em que a remoção de clorofila-a, e, portanto, de células de *Microcystis aeruginosa*, é maior que 80%, é um pouco mais abrangente do que quando se considera a remoção de turbidez. Apesar disso, para água de estudo, em que a turbidez é majoritariamente devida às células de *Microcystis aeruginosa*, a remoção de turbidez representa razoavelmente bem o comportamento da remoção de células. Comparando as eficiências obtidas no presente trabalho com as relatadas por Ermel e Brandão (2009), observa-se que uso do cloreto férrico como coagulante se mostra mais efetivo na remoção de células de *Microcystis aeruginosa* do que o uso do sulfato de alumínio.

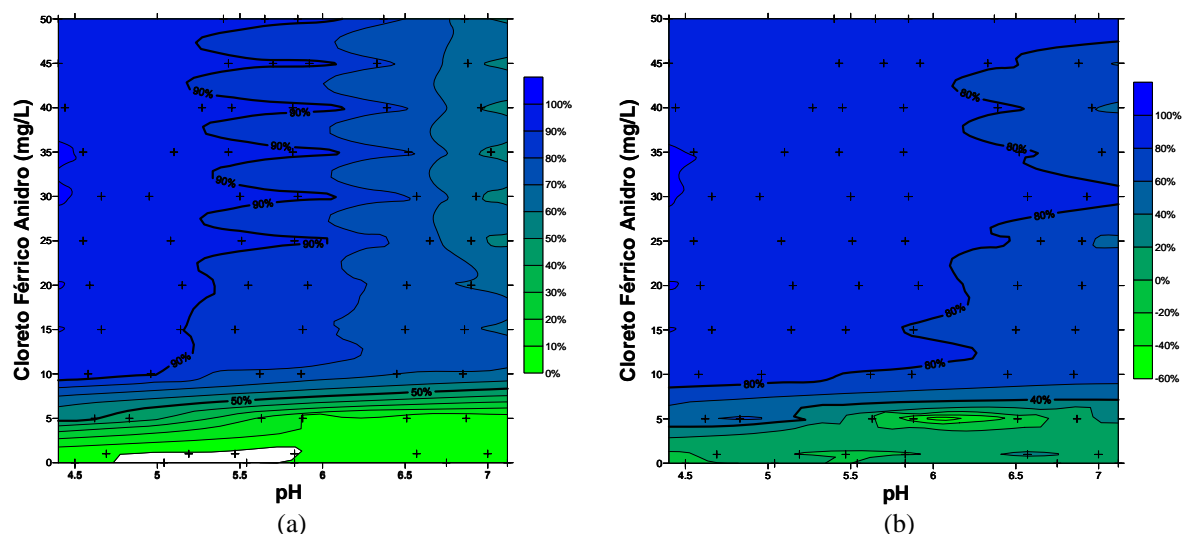


Figura 1 - Diagrama de coagulação utilizando Cloreto férrico como coagulante (a) Remoção de turbidez após decantação; (b) Remoção de clorofila-a após decantação.

A Figura 2 apresenta os resultados referentes ao decaimento da biomassa algácea (expressa por meio da clorofila-a) com o tempo de armazenamento do lodo produzido a partir dos ensaios realizados com valores de pH de coagulação 5,0 e 6,5 e 2 dosagens de cloreto férrico, além do decaimento natural (dose = 0 mg/L de cloreto férrico- frascos controle).

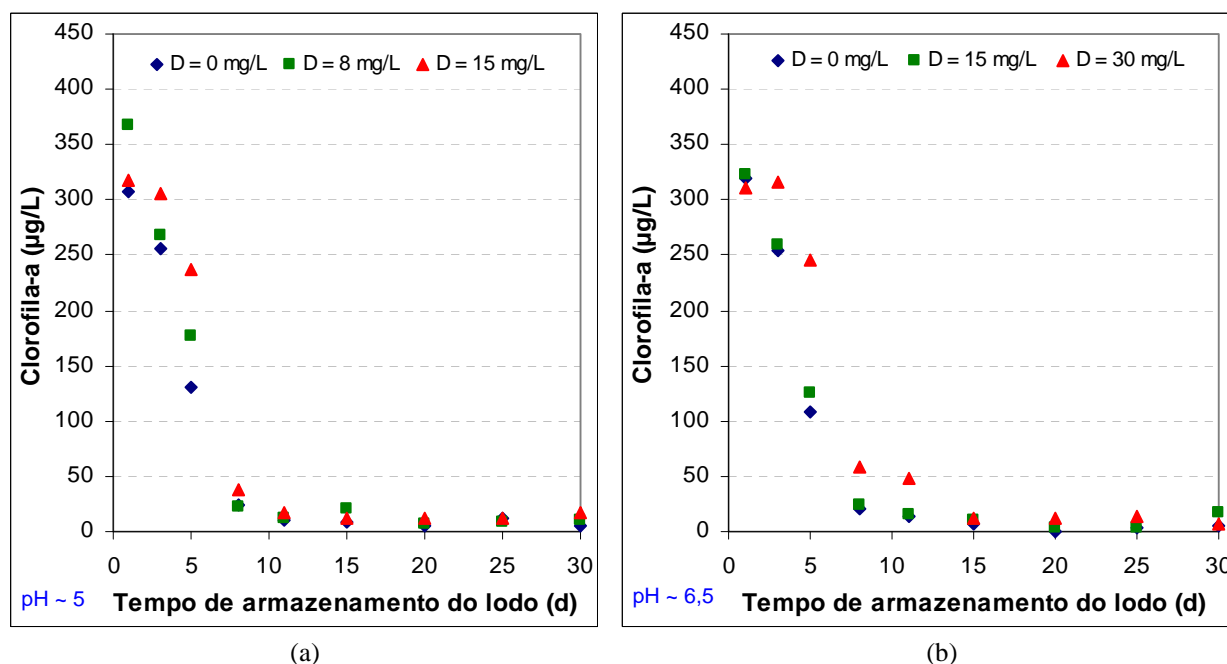


Figura 2 - Concentração de clorofila-a ao longo do período de armazenamento do lodo para valores de pH 5,0 e 6,5 utilizando coagulante cloreto férrico.

Verifica-se que, de um modo geral, até o 11º dia de armazenamento do lodo há um acentuado decréscimo no valor da concentração de clorofila-a no lodo. Observa-se ainda que quando foi adotado um maior valor de pH de coagulação (6,5) e uma dosagem mais elevada, o decaimento da clorofila-a, e por suposto a ocorrência da lise celular, foi um pouco retardada em relação à dosagem inferior de cloreto férrico (15 mg/L) e ao decaimento natural (0 mg/L, frasco controle) nesse valor de pH. Analisando-se o decaimento de clorofila no valor de pH de coagulação 5, nota-se que o comportamento das curvas de decaimento das células é similar, sugerindo que a dosagem não influenciou nesse comportamento.

Além do decaimento da biomassa algácea avaliada por meio do valor da clorofila-a, procedeu-se também a contagem de células presentes no lodo ao longo do tempo de armazenamento (resultados não apresentados). Observou-se que entre o 8º e 11º dia de armazenamento ocorria o desaparecimento de células de *Microcystis aeruginosa* e o “aparecimento” de organismos de outras espécies de algas, o que explica um pequeno aumento de concentração de clorofila-a no final do período de armazenamento.

A Figura 3 apresenta os valores de microcistinas extracelulares (dissolvidas) na água clarificada, ao longo do período de armazenamento do lodo, quando o valor do pH de coagulação adotado foi próximo de 5.

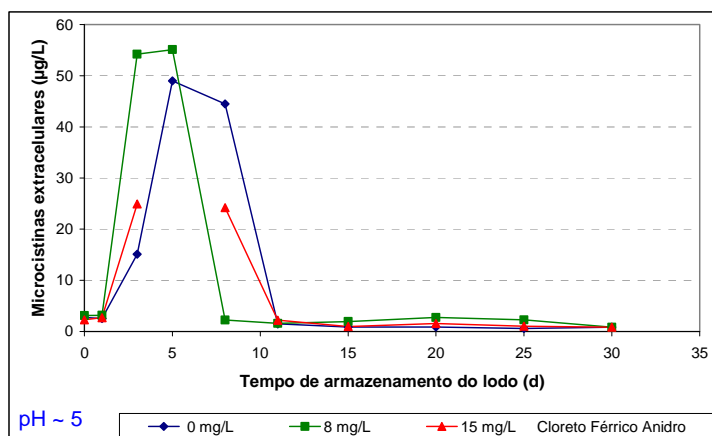


Figura 3 - Liberação de microcistinas para sobrenadante ao longo do período de armazenamento do lodo produzido com pH de coagulação próximo de 5 utilizando coagulante cloreto férrico

Comparando-se as curvas de liberação de toxinas com e sem coagulante, observa-se que a liberação das toxinas parece ser antecipada quando o cloreto férrico é adicionado à água. Esse comportamento, contudo, deve ser investigado com mais detalhe.

Drikas *et al.* (2001), em experimentos realizados também com o objetivo de verificar a liberação de toxinas a partir do lodo sedimentado, porém usando sulfato de alumínio como coagulante, relatam que as maiores concentrações de microcistinas extracelulares na água clarificada, resultado da lise das células, ocorriam em períodos de armazenamento de lodo entre 2 e 8 dias, portanto similar ao observado no presente trabalho. Também de forma similar ao relatado por Drikas e colaboradores, no presente trabalho se observa que há a degradação das microcistinas liberadas para o clarificado, e a partir do 15º dia de armazenamento do lodo a concentração residual de microcistinas dissolvida é comparativamente muito baixa.

Melhor comparação entre resultados obtidos com uso de sulfato de alumínio e cloreto férrico como coagulante pode ser obtido analisando os dados apresentados no presente trabalho com os obtidos por Ermel e Brandão (2009) para de estudo com características similares. Essa comparação revela que a lise das células, liberação e degradação das microcistinas apresentam comportamentos próximos, indicando que a lise da cepa de *Microcystis aeruginosa* avaliada nesses trabalhos, assim como a degradação das microcistinas, é pouco influenciada pelo valor do pH de coagulação e pelo tipo de coagulante utilizado.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Considerando as características da água de estudo e as limitações inerentes a um trabalho desenvolvido em escala de bancada, as seguintes conclusões e recomendações podem ser elencadas.

Os diagramas de coagulação obtidos mostram que com a coagulação com cloreto férrico na região ótima é possível se obter valores elevados de remoção de células de *Microcystis aeruginosa* mesmo utilizando-se o processo de sedimentação.

Os resultados obtidos em relação à lise celular revelam que ocorre a liberação em um período que varia entre 3 e 8 dias, podendo o pico de presença da toxina variar com a dose de coagulante usada e o valor do pH de coagulação, porém após essa liberação ocorre a degradação da toxina.



Em que pese que nos ensaios em questão se observa que a degradação da microcistinas ocorre majoritariamente entre de 8 a 11 dias de armazenamento do lodo, no caso de decantadores em escala real as microcistinas liberadas para o clarificado serão carregadas para o filtro, porém, como se encontram dissolvidas, não serão removidas nessa unidade. Dessa forma, esse trabalho, confirmando o já observado por outros autores, mostra que há de fato um risco para a população se nos períodos de floração de cianobactérias tóxicas a periodicidade de descargas de lodo não for alterada.

Dessa forma, no caso de florações de *Microcystis aeruginosa* na água bruta, independentemente do coagulante adotado, sugere-se que seja monitorada de forma regular (pelo menos uma vez por dia) a concentração de microcistinas dissolvidas na água clarificada efluente dos decantadores e que a descarga de lodo seja efetuada tão logo se perceba o aumento da toxina. Caso esse monitoramento não seja possível, recomenda-se que em períodos de floração de cianobactérias a descarga de lodos dos decantadores seja realizada a cada três dias.

A intensificação das descargas gerará um novo problema, pois esses lodos não devem ser desidratados ou descartados antes da completa lise das células residuais e degradação das microcistinas. O manejo do lodo nessas circunstâncias delinea-se, portanto, como um novo desafio tecnológico para os pesquisadores e responsáveis pela operação de estações de tratamento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DRIKAS, M., CHOW, C.W.K., HOUSE, J., BURCH, M.D. Using coagulation, flocculation and settling to remove toxic cyanobacteria. Journal AWWA, v. 93(2), p. 100-111, 2001.
2. ERMEL, A.V.B. e BRANDÃO, C.C.S. Estudo da lise de *Microcystis aeruginosa*, liberação e degradação de microcistinas em lodos de sedimentadores: Avaliação em escala de bancada utilizando sulfato de alumínio como coagulante. Anais do 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife – Pernambuco, 2005.
3. OLIVEIRA, J.M.B. Remoção de *Cylindrospermopsis raciborskii* por meio de sedimentação e de flotação: avaliação em escala de bancada. Brasília, 2005. Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos-Departamento de Engenharia Civil e Ambiental-Universidade de Brasília, 2005.