

I-075 - REMOÇÃO DE CIANOBACTERIAS DA AGUA BRUTA DA LAGOA DO PERI ATRAVÉS DO PROCESSO DE FLOTAÇÃO

Kelly Cristinha da Rocha Matos ⁽¹⁾

Engenheira pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Ricardo Kazuo Furuya

Biólogo pela Universidade Estadual de Londrina - UEL. Biólogo da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Leda Freitas Ribeiro

Bióloga pela Universidade Regional de Blumenau. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Bióloga da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Luiz Carlos Gomes – Farmacêutico Bioquímico, pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Bioquímico da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

Iram Tozatti – Técnico da FAST Indústria e Comércio Ltda., Capinzal - SC

Endereço ⁽¹⁾: Rua XV de Novembro – Bairro Estreito – Florianópolis - SC - CEP: 88.075-220 - Brasil - Tel: (48) 3221-5763 - e-mail: kelly@casan.com.br

RESUMO

A ocorrência de florações de cianobactérias em mananciais de abastecimento como a Lagoa do Peri remete a pesquisa de processos de tratamento eficazes para remoção desses microorganismos que podem produzir toxinas. Neste sentido, foi realizado um trabalho com flotação por ar dissolvido (FAD) utilizando-se um piloto de flotor na Estação de Tratamento de água da Lagoa do Peri Florianópolis/SC, onde foram testadas dosagens ótimas de coagulante sulfato de alumínio e polímero catiônico para remoção de cianobactérias da água bruta. A unidade de flotação foi efetiva na remoção dos microrganismos presentes na água, apresentando na câmara de flotação a remoção de 90,63% das células de cianobactérias e demonstrando que o processo foi eficiente. O piloto também foi eficiente na remoção de cor e turbidez apresentando valores de 1,0 uT para turbidez e 5 uH para cor aparente no efluente flotado. As análises hidrobiológicas realizadas na água bruta da Lagoa do Peri e utilizadas para abastecimento público durante o período apresentaram concentrações de cianobactérias com a predominância das espécies de *Cylindrospermopsis raciborskii*; *Pseudoanabaena sp* e *Planktolyngba sp*.

PALAVRAS-CHAVE: Cianobactéria, Cianotoxina, Flotação, Coagulação.

INTRODUÇÃO

Os processos de tratamento utilizados nas Estações de Tratamento de Água (ETA) em muitas situações, não são adequados para a remoção de cianobactérias e, especialmente, das cianotoxinas, porque a condição original do manancial não exigia tal necessidade.

A presença de cianobactérias na água que vai ser tratada exige controle maior no tratamento, já que florações aumentam a cor e a turbidez da água, afetando significativamente a duração das carreiras de filtração durante o processo de filtração.

A Lagoa do Peri é uma lagoa costeira, profunda e que ocupa uma área de aproximadamente 5,07 km², dentro da bacia hidrográfica do mesmo nome, localizada no sul da Ilha de Santa Catarina, e utilizada para o abastecimento público das regiões sul e leste da ilha. Esse manancial vem sendo estudado há duas décadas e tem-se observado que na composição do fitoplâncton ocorre a dominância de cianobactérias principalmente de *Cylindrospermopsis raciborskii*, espécie altamente competitiva com as demais espécies do fitoplâncton e também pela potencialidade de produzir cianotoxinas. Segundo (PADISÁK, 1997) é uma espécie de cianobactéria invasora que no século 20 espalhou-se nos corpos d'água de todo o mundo.

A turbidez Lagoa do Peri em parte esta relacionada ao fitoplâncton, mas também varia em função dos ventos, que provocam o revolimento dos sedimentos do fundo da lagoa, onde é realizado o recalque de água bruta para a estação de tratamento de água. A cor aparente é oriunda da matéria vegetal decomposta e também pelo fitoplâncton.

Águas com presença de cianobactérias exigem um controle maior no tratamento porque além de interferir no pH ocorrem também o aumento da cor e turbidez ocorrendo o que reduz as carreiras de filtração e exigindo alteração na operação da estação de tratamento de água.

Os processos oxidativos podem aumentar a liberação de toxinas na água e a produção de subprodutos que poderão resultar em um problema de saúde pública.

A flotação para clarificação de água potável começou a ser utilizada a partir das deficiências encontradas na sedimentação, quando aplicado o tratamento convencional, em águas eutrofizadas que apresentam partículas em suspensão de baixa densidade que não sedimentam adequadamente após a floculação. Essa tecnologia se destaca como um processo eficiente na remoção de células intactas de cianobactérias, de forma a reduzir a potencialidade de liberação de toxinas na água tratada. Tem demonstrado também em vários casos, o mais econômico meio de separação sólido - líquido e, quando seguido de filtração rápida, é uma das opções que, na literatura, vem sendo indicada como a mais recomendada para a remoção de cianobactérias (Garcia, 2007). Esse

MATERIAIS E MÉTODOS

A realização dos experimentos com flotação na água da Lagoa do Peri foi realizada em nos dias 16, 17 e 18 de março de 2009 em duas fases distintas, uma com um flotador piloto de bancada e outra com flotador de ar dissolvido (FAD) Piloto cedido pela Empresa FAST INDÚSTRIA E COMÉRCIO. A vazão da unidade experimental era de 2,77 L/s e a sua alimentação deu-se com água bruta que estava sendo captada para a ETA da Lagoa do Peri.

1ª ETAPA - ENSAIOS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO EM BANCADA

No Laboratório da CASAN foram realizados os ensaios de coagulação em JARTEST adotando-se a dosagem de produtos químicos utilizados na operação daquele momento na ETA da Lagoa do Peri.

- a) Solução de trabalho de coagulante a 1% de Sulfato de Alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$, em que 1 mL = 10 mg;
- b) Solução de trabalho de coagulante a 1% de Sulfato de Alumínio isento de ferro $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$, em que 1 mL = 10 mg;
- c) Solução de trabalho de polímero catiônico Praestrol a 0,1 % em que 1 mL = 1 mg

As dosagens para os ensaios de coagulação foram determinadas utilizando-se a dosagem adotada na operação daquele momento na ETA da Lagoa do Peri.

Sulfato de Alumínio $[Al_2(SO_4)_3] = 12 \text{ mg/L}$

Sulfato de Alumínio isento de ferro $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O = 12 \text{ mg/L}$

Sulfato de Alumínio $[Al_2(SO_4)_3] = 12 \text{ mg/L}$ + Polímero catiônico Praestrol = 1 mg/L

O teste de flotação foi executado no laboratório de pesquisas da CASAN em um flotador piloto de bancada mostrado na. Figura 1 apresentou bons resultados de cor, turbidez e remoção de cianobactérias.



Figura 1: Flotador Piloto de bancada.

2ª ETAPA – ENSAIOS DE FLOTAÇÃO NO PILOTO FAD

No dia 16 de março de 2009 foi instalado no pátio da estação de tratamento da Lagoa do Peri, o flotador Piloto. A captação da água bruta foi realizada através de uma derivação do poço de sucção de captação de água da Lagoa do Peri, através de uma bomba centrífuga com capacidade de 10 m³/h e os testes foram realizados durante os dias 16, 17 e 18 de março de 2009. O flotador piloto apresentava as seguintes características:

1. Vazão - 2,77 l/s.
2. Geração de microbolhas – bombas multifase
3. Diâmetro da microbolha - 10 a 110 µm
4. Pressão - 4,5 Kg/cm²
5. Área de flotação – 1,652 m²
6. Taxa de aplicação superficial – 6,0 m/h
7. Tempo de detenção hidráulica da câmara de flotação
8. Velocidade de escoamento – 6,1 m/h

A sequência operacional aplicada na unidade Piloto iniciou-se em quatro etapas sendo que a primeira etapa constava de ensaios de coagulação em JAR-TEST onde foi realizada uma solução de trabalho de coagulante a 1% de Sulfato de Alumínio [Al₂(SO₄)₃] e também uma solução de trabalho de polímero catiônico a 0,1 % em que 1 mL = 1 mg.

As duas soluções foram distribuídas em diversas dosagens nos jarros e realizadas o JAR-TEST, adotando-se uma rotação máxima de 30 segundos e uma rotação lenta durante 15 minutos observando a qualidade dos flocos formados. Inicialmente foi aplicada uma rotação de 25 rpm até 15 minutos, observando-se a qualidade e as características dos flocos formados. Ao fim desse período procedeu-se à coleta das amostras, de forma simultânea, em todos os frascos e procederam-se os ensaios de pH, cor aparente e turbidez. Para o pH ótimo de coagulação, selecionou-se a dosagem de coagulante que melhor correspondeu à remoção de cor e turbidez.

Após a realização do JAR-TEST foram avaliados os melhores resultados entre a 13 a 18 mg/L para aplicação na unidade Piloto mostrado na figura 2.



Figura 2: Vista da unidade Piloto de FAD.

O sistema piloto era alimentado com a água da Lagoa do Peri captada no poço de sucção através de bomba centrífuga com capacidade de 10 m³/h

Depois de derivada a vazão de trabalho, a água bruta foi conduzida até a câmara de homogeneização mecanizada, onde foi adicionada, com bombas dosadoras, a dosagens de 13 de 18 mg/L sulfato de alumínio sem o polímero catiônico. Para manutenção de um tempo de detenção hidráulico adequado utilizou-se 200 m de mangueira de PAD de 63 mm de diâmetro.

Depois de coagulada e floculada, a água foi conduzida a unidade Piloto, era submetida à ação de microbolhas com diâmetro de 10 a 110µm formada por uma bomba multifases, numa área de 1,652 m², velocidade de escoamento de 6,1 m/h e tempo de detenção hidráulica de 9 minutos.

Para o controle e análise do processo foi realizada coleta da água bruta na derivação da captação e no efluente do flotador após todos os ajustes das dosagens de coagulante e polímero utilizados na instalação piloto.

Os procedimentos de amostragens e técnicas de execução foram efetuados de acordo com as normas técnicas previstas no APHA - *Standards Methods for the Examination of de Water and Wastewater, 19th Edition*, (1995) e descrito no Quadro 1.

Quadro 1: Parâmetros, técnicas e equipamentos para execução das análises de água.

PARÂMETRO	TÉCNICA APLICADA	EQUIPAMENTO
pH	Técnica (4500 B)	pHmetro – HANNA
Turbidez uH	Técnica (2130 B)	Turbidímetro - HACH – DR 2010
Cor (aparente) uT	Técnica (2120 B)	Espectrofotômetro - HACH – DR 2010
Fitoplâncton N° de células/mL	Técnica (10900 – C)	Microscópio Olympus IX 51 - Câmaras de Uthermöhl
Cianotoxinas µg/L	[Oshima (1995)] - [Li et al (2001)] - [Harada (1999)]	HPLC

RESULTADOS

Os resultados da primeira etapa dos experimentos não foram satisfatórios. Foi aplicada uma dosagem de coagulante [Al₂(SO₄)₃] sem adição de polímero. Os valores médios de alguns parâmetros de qualidade da água da Lagoa do Peri, no período da pesquisa são apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Características da água da Lagoa do Peri no período do estudo.

PARÂMETROS	MENOR VALOR	MAIOR VALOR	MÉDIA
Temperatura (água) - °C	27	29	28
Turbidez (uT)	5,15	10,00	7,58
Cor aparente (uH)	39	52	45,5
pH	6,5	6,8	6,65

Na segunda etapa com adição de polímero catiônico foram observados flocos melhores e a água bruta floculada foi submetida à flotação, foi medida a turbidez e realizada análise microbiológica para contagem da comunidade fitoplanctônica. A figura 3 mostra a água coagulada submetida à flotação e o lodo formado.

Após o processo de flotação a água foi submetida a análises físicas e químicas para a avaliação de suas características conforme os resultados estão da tabela 2.

Tabela 2: Características da água após a flotação.

DATA	16/03/09	17/3/09	17/3/09	18/3/09
Dose Sulfato (mg/L)	18	14	16	18
Dose polímero (mg/L)	não	0,8	1	1
pH	7,0	6,69	6,81	7,10
Cor	30	5,0	10	5,0
turbidez	4,48	0,55	1,10	0,51

Na ocasião também foram coletadas amostras para análises hidrobiológicas para qualificação e quantificação de cianobactérias e de cianotoxinas. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Hidrobiologia para o processamento das análises.

**Figura 3: água coagulada submetida à flotação e o lodo formado na unidade Piloto.**

As espécies dominantes de cianobactérias na Lagoa do Peri no período do trabalho foram as filamentosas *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Pseudoanabaena sp* *Planktolyngbya sp*. O Fitoplâncton da Lagoa do Peri apresenta comportamento sazonal. De acordo com o observado nas mostras analisadas a *Cylindrospermopsis raciborskii*, foi à espécie dominante no período e seguida da *Pseudoanabaena sp* conforme a tabela 3.

Tabela 3: distribuição das cianobactérias na água bruta e após a flotação no período de estudo

Cyanophyceae nº células/mL	16/3/2009		17/3/2009		18/3/2009	
	AB - 16:30	AF - 17:00	AB - 15:15	AF - 15:45	AB - 16:00	AF - 16:45
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	847801	361983	374910	159898	821222	225538
<i>Pseudoanabaena sp</i>	20413		27217	23815	248310	408
<i>Planktolyngbya sp</i>	34021	5443	20413	0	10887	0

A água floculada com adição de 1 mg/L de polímero apresentou, na flotação, a remoção de 90,83% de cianobactérias. Quando a água foi submetida somente com os coagulantes, a remoção de cianobactérias foi de 63,37% respectivamente conforme o demonstrado na tabela 4.

Tabela 4: Porcentual de remoção de cianobactérias obtidos no efluente do FAD - FAST MOD F-15

Cyanophyceae nº células/mL - %	16/3/2009	17/3/2009	18/3/2009
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	57,30	57,35	72,54
<i>Pseudanabaena sp</i>	50,00	12,50	99,84
<i>Planktolyngbya sp</i>	84,00	100,00	100,00
Remoção Total	63,77	56,62	90,83

Alem da identificação e contagem de cianobactérias as amostras foram encaminhadas para laboratório especializado para análises das cianotoxinas saxitoxina, microcistina e cilindrospermopsina. Os resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Concentração de cianotoxinas na água bruta e flotada da Lagoa do Peri (µg/L).

DATA	STX - Saxitoxina Totais	MYC - Microcistina	CYL - Cilindrospermopsina
16/03/2009	ND	ND	ND
17/03/2009	ND	ND	ND
18/03/2009	ND	ND	ND

Os três ensaios de flotação realizados com a unidade Piloto FAD não foram submetidos à filtração, o que poderia aumentar o índice na remoção de cianobactérias.

A flotação demonstrou ser efetiva na remoção de células de cianobactérias, apresentando um índice de remoção entre 56,62 a 90,83%.

A água flotada com os dosagens de 18,0 mg/L de coagulante e 1,0mg/L de polímero catiônico apresentaram os melhores desempenhos na remoção de cor e turbidez e remoção de cianobactérias.

O resultado da segunda etapa dos experimentos não teve bons resultados quando adotados 18 mg/L de coagulante e 0,8 mg/L de polímero catiônico.

Quando foi adotados as dosagens de 18 mg/L de coagulante sem o polímero, os resultados apresentados não foram satisfatórios com referencia a cor e turbidez.

CONCLUSÃO

Como conclusões do trabalho podemos citar:

Na primeira etapa com o flotor de bancada demonstrou ser eficiente na remoção das microalgas. A maior remoção em termos percentuais de microrganismos foi obtida para a água floculada com sulfato de alumínio ferroso e polímero, expressando um resultado em significativo, de 96,50%.

A água bruta e flotada apresentaram filamentos das cianobactérias de *Cylindrospermopsis raciborskii*; *Pseudanabaena sp* e *Planktolyngbya sp*, mas não apresentou a presença das cianotoxinas, cilindrospermopsina, microcistina e saxitoxina.

O fato da remoção de fitoplâncton ser inferior na segunda etapa se dá pelo fato que o equipamento utilizado foi construído para remoção de óleos e graxas em efluentes da indústria. O equipamento necessitaria de ajustes no floculador, principalmente no que se refere ao tempo de detenção hidráulica após a aplicação de produtos químicos como também em outras unidades como o raspador de lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standards Methods for the examination of de water and wastewater. 19th Edition. New York, 1995.
2. DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B.; Métodos e Técnicas de Tratamento – Volume I e II, Editora RIMA, São Carlos, SP, 2005.
3. GARCIA, T. V. Tratamento de água eutrofizada através da ozoflotação. Tese de Doutorado Florianópolis: UFSC, 2007.
4. GARCIA, T. V. Remoção de algas através da eletroflotação - tratamento eletrolítico seguido de filtração direta no tratamento de água de abastecimento. Florianópolis: UFSC, 2002.
5. MELO FILHO, L.C. Avaliação da ozonização como pré ou pós-tratamento à filtração direta descendente na remoção de cianobactérias e saxitoxinas. Tese, UFSC, Florianópolis – SC, 2006.
6. MONDARDO, R.I. Influência da pré – oxidação na tratabilidade das águas via filtração direta descendente em manancial com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias. Dissertação de mestrado - UFSC, Florianópolis - SC, 2004.
7. PADISÁK, J. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium; worldwide distribution and review of its ecology. Archiv fur Hydrobiologie, 107 (4): 563-593, 1997.