

**I-154 – REMOÇÃO DE *CYLINDROSPERMOPSIS RACIBORSKII* POR MEIO DE FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO****Lucila Adriani Coral**⁽¹⁾

Tecnóloga em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Filipe Manuel Freire Lopes

Licenciado em Ciências da Engenharia – Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa – (ISA-UTL). Mestre em Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia (ISA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Willian Gerson Matias

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em DEA – de Toxicologie de l'Environnement pela Université de Metz. Doutor em Toxicologia Ambiental pela Université de Bordeaux II (França).

Fátima de Jesus Bassetti

Professora Adjunta do Departamento de Química e Biologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Flávio Rubens Lapolli

Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP) e Université de Montpellier II (França).

Endereço⁽¹⁾: Campus Universitário - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88010- 970 - Brasil - Tel: (48) 3721-7750 - e-mail: lucila_coral@yahoo.com.br

RESUMO

O aumento nas ocorrências de florações de cianobactérias em diversos mananciais de abastecimento, assim como a preocupação com a potencialidade das toxinas produzidas por estes organismos, remete a estudos de processos que sejam eficazes na sua remoção desses ambientes. Neste sentido, a flotação por ar dissolvido (FAD) se destaca como um processo eficiente na remoção de células intactas de cianobactérias, de forma a reduzir a possibilidade de liberação de toxinas para a água tratada. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da FAD no tratamento de água proveniente de manancial de abastecimento com presença de cianobactérias, avaliando-se sua condição atual e condições menos favoráveis de qualidade. A água utilizada no estudo foi coletada na Lagoa do Peri, manancial de abastecimento de água. Inicialmente, procedeu-se a construção do diagrama de coagulação para a água do manancial, utilizando como coagulante o policloreto de alumínio (dosagens de 0 a 70 mg.L⁻¹) e condições específicas de trabalho, visando estabelecer a melhor relação “dosagem x pH de coagulação”. Em seguida, promoveu-se a inoculação de células de *C. raciborskii* na água coletada, visando aumentar a concentração desse organismo na água de estudo. Em relação à água coletada no manancial, a partir dos ensaios com a FAD, obtiveram-se remoções para cor, turbidez e densidade de *C. raciborskii* iguais a 78, 74 e 96,6%, respectivamente, para dosagem de PAC de 50 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 6,36. Com o aumento do número de células de *C. raciborskii* na água, verificou-se uma redução na eficiência de remoção pelo processo de flotação, obtendo-se valores de 58, 66 e 68,5% para cor, turbidez e densidade de organismos, respectivamente. A flotação por ar dissolvido mostrou-se eficiente na remoção das cianobactérias nas condições atuais de qualidade da água do manancial de abastecimento utilizado como fonte de coleta. Considerando-se condições menos favoráveis de qualidade para o tratamento, como no caso de uma floração, a avaliação de parâmetros de projeto mais adequados torna-se importante.

PALAVRAS-CHAVE: *Cylindrospermopsis raciborskii*, Flotação por ar dissolvido, Tratamento de água



INTRODUÇÃO

Um dos graves problemas observados no que diz respeito à poluição hídrica refere-se a degradação dos mananciais de abastecimento, seja pela aglomeração populacional ao redor destes ambientes, ou pela disposição imprópria de resíduos nos corpos d'água. Neste contexto, o aumento da concentração de nutrientes na água, oriundos de atividades antrópicas, tem contribuído para o desequilíbrio ambiental em que se observa o crescimento desordenado da comunidade fitoplancônica nos mananciais de abastecimento, em especial de cianobactérias, resultando na deterioração da qualidade da água e maiores dificuldades para o tratamento.

Florações de cianobactérias tem sido relatadas em todo o mundo, inclusive no Brasil, onde a presença destes organismos em ambientes aquáticos tem se intensificado. Além de proporcionarem problemas estéticos à água e sabor e odor desagradáveis, a elevada presença de cianobactérias induz a problemas operacionais nos sistemas de tratamento em que são empregadas as etapas de coagulação, floculação e sedimentação, antecedendo a filtração. Devido a sua flutuabilidade, as células são carregadas para os filtros, obstruindo-os e reduzindo a eficiência do sistema. Entretanto, a maior preocupação em relação a essas florações deve-se a capacidade de algumas espécies em produzir e liberar toxinas (cianotoxinas) para o meio, que podem afetar a saúde humana e de animais, repercutindo em um grave problema de saúde pública.

Por serem organismos facultativos, ou seja, que se desenvolvem tanto na presença quanto na ausência de oxigênio, as cianobactérias podem sobreviver nos mais diversos tipos de habitat com elevada taxa de crescimento (HOEK; MANN; JAHNS, 1995), utilizando a fotossíntese como principal fonte de energia responsável pelo seu metabolismo. Embora possam ser encontradas em diferentes condições, ambientes de água doce são considerados os mais propícios para o crescimento destes organismos, devido às suas características. De acordo com Sant'Anna et al. (2008), um dos ecossistemas mais favoráveis à expansão das florações de cianobactérias no Brasil são os reservatórios de água, que são, em geral, rasos e facilmente eutrofizáveis, por apresentarem longos tempos de retenção. Tais fatores, segundo Brasil (2003), intensificam a ocorrência de florações no país, uma vez que a maioria dos reservatórios de água apresenta tais características durante grande parte do ano.

A espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, em particular, apresenta elevada capacidade de adaptação, podendo sobreviver em diferentes ambientes. Observada inicialmente em ambientes tropicais, devido a sua afinidade por temperaturas elevadas, esta espécie tem sido encontrada também em ambientes temperados, o que demonstra sua capacidade adaptativa e competitiva. No Brasil, florações de *C. raciborskii* têm sido identificadas em diversas regiões e se caracterizam pela dominância em sistemas tropicais eutróficos rasos (MELO FILHO, 2006). Conforme destacado por Oliveira (2005), embora possam ser dominantes durante todo o ano, esses organismos são mais comumente encontrados em períodos secos e de baixa pluviosidade, o que favorece sua prevalência em ambientes restritos. Bittencout-Oliveira e Molica (2003), em seus estudos, relacionaram os Estados brasileiros em que se identificou a presença desta espécie em mananciais de abastecimento. Bouvy et al. (2002), avaliaram 39 reservatórios de água localizados na região semi-árida do nordeste brasileiro, e verificaram dominância da *C. raciborskii* em mais de 80% dos casos para 10 dos reservatórios estudados, e de mais de 50% em 17 reservatórios estudados.

Dentre os processos estudados visando à remoção de algas e cianobactérias, a flotação por ar dissolvido (FAD) se destaca por permitir a remoção de um maior número de células intactas, evitando ou reduzindo, dessa forma, a liberação de cianotoxinas para a água. Difundida principalmente em novas estações, e para o tratamento de águas eutrofizadas, a FAD atua, basicamente, pela introdução de minúsculas bolhas de ar na água, que ao se agregarem aos flocos formados pelos processos de coagulação/floculação precedentes, causam a flutuação destes para a superfície, de onde são removidos continuamente. Além de ser considerada uma alternativa de substituição às unidades de sedimentação, a FAD se destaca por possibilitar maior eficiência na etapa de filtração, quando aplicado como um sistema de pré-tratamento, uma vez que permite a redução da carga de material suspenso, aumentando, dessa forma, as carreiras de filtração.

Do mesmo modo que ocorre na sedimentação, a eficiência de remoção de cianobactérias na flotação por ar dissolvido depende de diferentes fatores, como a qualidade da água bruta, a espécie de cianobactéria estudada, de suas características morfológicas e fisiológicas, do tipo de coagulante e da dosagem utilizada, do pH de coagulação, do tempo e gradiente de velocidade de floculação adotados, entre outros (OLIVEIRA, 2005). A identificação dos melhores parâmetros operacionais é normalmente realizada por meio de estudos em escala de bancada, fornecendo resultados preliminares para aplicações posteriores em sistemas de escala piloto.



Considerando a *Cylindrospermopsis raciborskii*, poucos estudos são identificados, em relação ao tratamento de água que apresente floração desta espécie para os diferentes processos de tratamento existentes. Por este motivo, o comportamento e a eficiência da FAD na remoção deste organismo são ainda pouco ou não totalmente conhecidos e detalhados, o que instiga a investigação científica. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo, avaliar a eficiência da flotação por ar dissolvido na remoção de células viáveis de *C. raciborskii* em águas destinadas ao abastecimento público.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados ensaios em escala de bancada, em regime de batelada, visando avaliar a eficiência da flotação por ar dissolvido quanto à remoção de cianobactérias, em particular da espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*. A água utilizada como base para os ensaios foi coletada na Lagoa do Peri, manancial utilizado como fonte de abastecimento de água potável para a costa leste/sul da Ilha de Santa Catarina. Este manancial se caracteriza pela presença de diferentes espécies de algas e cianobactérias, sendo observado constante dominância da espécie *C. raciborskii* no ambiente. Embora não se verifique a ocorrência de florações de elevada densidade, a presença destes organismos no manancial em estudo dificulta operacionalmente o processo de tratamento empregado.

Em um primeiro momento, intencionou-se avaliar a eficiência da FAD para a remoção de *C. raciborskii* nas condições naturais da água existente no manancial de abastecimento utilizado como fonte de coleta. Dessa forma, procedeu-se a construção de um diagrama de coagulação da água, de forma a possibilitar a identificação da melhor relação “dosagem de coagulante x pH de coagulação”, tendo-se considerado como fator de escolha, os parâmetros analíticos cor, turbidez e número de células, embora outras determinações tenham sido realizadas.

Os ensaios foram procedidos em equipamento floteste, constituído por uma câmara de pressurização e jarros de coagulação e floculação em acrílico transparente, com capacidade para dois litros e que podem ser utilizados igualmente para ensaios de sedimentação. O procedimento operacional do equipamento foi realizado conforme descrito por Centurione Filho e Di Bernardo (2003), tendo-se adotado os seguintes parâmetros operacionais, obtidos pelos autores em estudos realizados:

- Coagulação: Gradiente de mistura rápida (G_{mr}): 1000 s^{-1} ; Tempo de mistura rápida (T_{mr}): 10 s;
- Floculação: Gradiente de floculação (G_f): 25 s^{-1} ; Tempo de floculação (T_f): 10 min;
- Flotação: Tempo de saturação (T_{sat}) = 8 min; Pressão de saturação (P_{sat}) = 400 kPa; Fração de recirculação (R): 10%; Velocidades de flotação (V_f): 10 e 5 $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Utilizou-se como coagulante o Policloreto de Alumínio (PAC), contendo 16,98% de Al_2O_3 e basicidade igual a 43,65%. As dosagens foram aplicadas entre 10 e 70 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, em intervalos de 10 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, aplicadas a partir de uma solução 1% do produto. A correção do pH foi realizada a partir de soluções de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), dosados em volumes pré-determinados (0 a 2 mL).

Os volumes correspondentes às concentrações desejadas de coagulante e produto químico (HCl ou NaOH), foram dosados em recipientes apropriados e individuais para cada jarro, de forma a garantir introdução simultânea do produto. Inicialmente, de acordo com a necessidade, adicionava-se o produto químico à água, tendo sido estabelecido um tempo de contato de um minuto para a homogeneização. Com os valores de gradiente de velocidade e tempo ajustados, o equipamento era acionado e o coagulante introduzido à água. Após decorridos os tempos programados de coagulação e floculação, a agitação era cessada e as hastes dos agitadores suspensas, abrindo-se os registros dos jarros de flotação para a introdução da água saturada. O volume de entrada de água no jarro era controlado em função da fração de recirculação determinada, neste caso correspondente a 200 mL (10%). Os tempos de coleta foram calculados em função das velocidades de flotação adotadas (10 e 5 $\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$) e da altura do ponto de coleta, situado a 12 cm da base do jarro, conforme indicado na Equação 1 (CENTURIONE FILHO; DI BERNARDO, 2003). Em cada tempo, coletava-se volume de amostra suficiente para as análises, sendo descartada inicialmente, por 2 segundos, parte da amostra para a limpeza e ambientação do coletor.

$$T_c(\text{min}) = \frac{12(\text{cm})}{V_f(\text{cm} \cdot \text{min}^{-1})} \quad \text{equação (1)}$$



Com o objetivo de avaliar a eficiência do processo de FAD em condições menos favoráveis, optou-se por aumentar a concentração de *C. raciborskii* na água de estudo, por meio da adição de células cultivadas deste organismo até a concentração desejada, da ordem de 10^6 cel.mL⁻¹. O cultivo do organismo em estudo foi realizado em laboratório, a partir de uma cepa purificada e em condições adequadas de crescimento. Como para a água coletada no manancial de abastecimento, promoveu-se a construção do diagrama de coagulação para identificar a melhor relação “dosagem x pH de coagulação” para esta condição de qualidade da água. Considerando o aumento da concentração de cianobactérias, aumentou-se a variação de dosagem de PAC, de 0 a 100 mg.L⁻¹, em intervalos de 10 mg.L⁻¹.

Tanto a água coletada no manancial como a água obtida a partir da inoculação das células de *C. raciborskii*, foram inicialmente caracterizadas a partir de diferentes parâmetros analíticos. Como parâmetros de qualidade da água tratada, foram avaliados: pH, cor, turbidez, alcalinidade, condutividade, absorvância e contagem de células de *C. raciborskii*.

RESULTADOS

Na Tabela 1 são indicadas as características da água utilizada no estudo, considerando-se a água bruta, coletada no manancial de abastecimento, e a água obtida após a inoculação das células de *C. raciborskii*. Como se pode observar, a adição da cultura à água bruta, aumentou significativamente todos os parâmetros físico-químicos iniciais da água se comparada à caracterização realizada após a coleta da água na Lagoa do Peri. Somente para o parâmetro COT, verificou-se redução nos valores, o que se deve a diluição deste constituinte na amostra após a inserção da cultura. Como determinado inicialmente, o número de células de *C. raciborskii* na água de estudo atingiu valor acima de 10^6 cel.mL⁻¹.

Tabela 1: Características das águas utilizadas no estudo (água coletada no manancial de abastecimento e água após a inoculação das células de *C. raciborskii*).

Parâmetros avaliados	Água natural	Água inoculada com células de <i>C. raciborskii</i>
pH	7,10	6,75
Temperatura (°C)	21	22
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,6	-
Cor aparente (uH)	50	167
Turbidez (uT)	4,17	21,70
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	8	9
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	50,7	74,6
Absorvância	0,1075	0,2031
COT (mg.L ⁻¹)	4,77	3,05
Densidade de <i>C. raciborskii</i> (cel.mL ⁻¹)	436.221	1.386.316

Considerando a avaliação da água coletada no manancial de abastecimento, relacionando-se os três parâmetros de escolha, cor, turbidez e número de células, a melhor relação “dosagem de coagulante x pH de coagulação” encontrada foi igual a 50 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 6,36. Nestas condições, foram obtidos como melhores resultados de remoção para cor, turbidez e densidade de *C. raciborskii*, valores iguais a 78% (11 uH), 74% (1,09 uT) e 96,6% (16.371 cel.mL⁻¹), respectivamente. Para as demais determinações analíticas nas condições ótimas determinadas, foram obtidos valores de 6 mg.L⁻¹, 61,9 µS. cm⁻¹, 0,0471 e 2,56 mg.L⁻¹ para alcalinidade, condutividade, absorvância e COT, respectivamente.

A escolha desta relação foi influenciada em maior grau pela porcentagem de remoção de cianobactérias, visto que, remoções um pouco superiores para cor e turbidez foram obtidas, mas desconsideradas em função da porcentagem de remoção de cianobactérias. Os resultados acima descritos são referentes à velocidade de flotação de 5 cm.min⁻¹. Para a maioria dos ensaios, verificou-se que esta velocidade, correspondente a taxa de aplicação de 72 m³.m⁻².dia, proporcionou eficiências de remoção ligeiramente superiores para os parâmetros avaliados, se comparada com a velocidade de 10 cm.min⁻¹. Esse comportamento foi igualmente verificado por Oliveira (2005), considerando-se valores de pH de coagulação de 5,5 e 7,0.



Na Figura 1, tem-se a representação do diagrama de coagulação obtido em relação à porcentagem de remoção de *Cylindrospermopsis raciborskii* para a relação adotada. Como pode ser observado, as maiores porcentagens de remoção foram obtidas entre dosagens de PAC de 30 e 70 mg.L⁻¹ e pH de coagulação entre 5,6 e 6,9, considerando-se remoções acima de 90%. Em função da elevada dosagem de coagulante e pH de coagulação, pode-se assumir que os melhores resultados foram obtidos a partir do mecanismo de varredura.

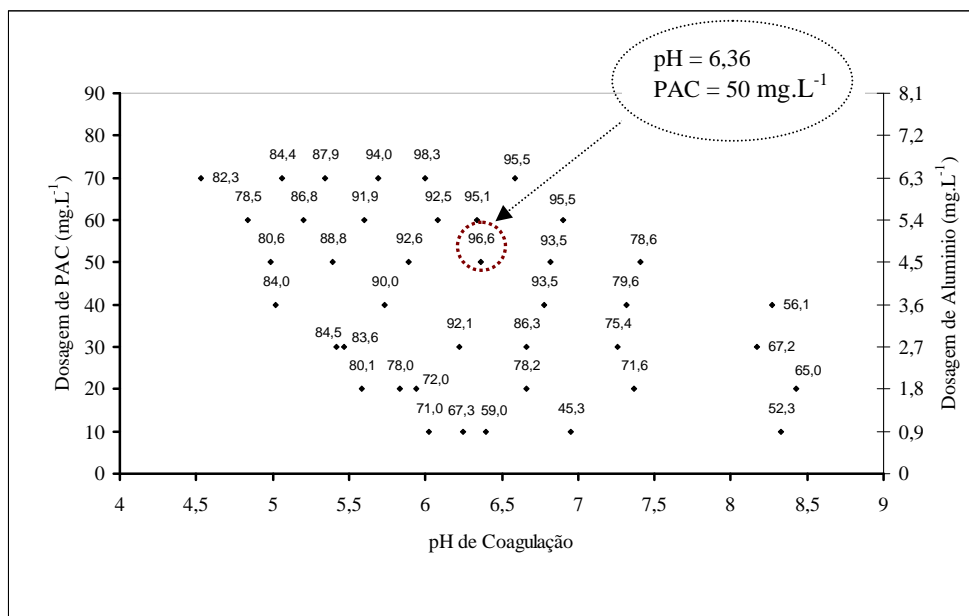


Figura 1: Diagrama de coagulação em termos de remoção de *C. raciborskii* em função da dosagem de coagulante e pH de coagulação ($V_f = 5 \text{ cm.min}^{-1}$).

Em relação ao comportamento do PAC no tratamento da água de estudo, pode-se verificar que o mesmo não exerceu intensa influência sobre o pH da água em relação ao pH inicial, tendo-se verificado uma tendência a elevação deste após o tratamento. Esse comportamento pode ser atribuído a basicidade do produto, dada em função da razão OH/Al. Em geral, quanto maior a basicidade do produto, menor o consumo da alcalinidade no processo e, conseqüentemente, menor o impacto sobre o pH da água (GEBBIE, 2001).

A partir dos resultados obtidos para as condições de qualidade da água do manancial de abastecimento, promoveu-se a inoculação da água bruta com as células de *C. raciborskii*, visando à avaliação da FAD em condições menos favoráveis de qualidade da água. O procedimento para construção do diagrama de coagulação foi realizado igualmente ao ensaio anterior, tendo-se alterado somente, o tempo de floculação, que passou a ser igual a 15 minutos, em função de ensaios preliminares.

A melhor relação “dosagem de coagulante x pH de coagulação” encontrada nestas condições, foi igual a 60 mg.L⁻¹ de PAC e pH de coagulação de 6,49. Embora a densidade de organismos fosse maior para este experimento, os valores de dosagem e pH ótimos ficaram muito próximos aos observados no ensaio com a água base. Entretanto, os valores de remoção obtidos para os parâmetros avaliados foram consideravelmente inferiores. Foram obtidos como resultados, valores de remoção para cor, turbidez e densidade de *C. raciborskii* de 58% (63 uH), 66% (7,42 uT) e 68,9% (477.083 cel.mL⁻¹), respectivamente. Na Figura 2 apresenta-se o diagrama de coagulação referente às porcentagens de remoção de *C. raciborskii* nas condições avaliadas. Em relação as demais determinações analíticas, obteve-se valores finais de 6 mg.L⁻¹ para alcalinidade, 88,2µS.cm⁻¹ para condutividade e absorvância igual a 0,0692. Não houve remoção de COT para a relação adotada.

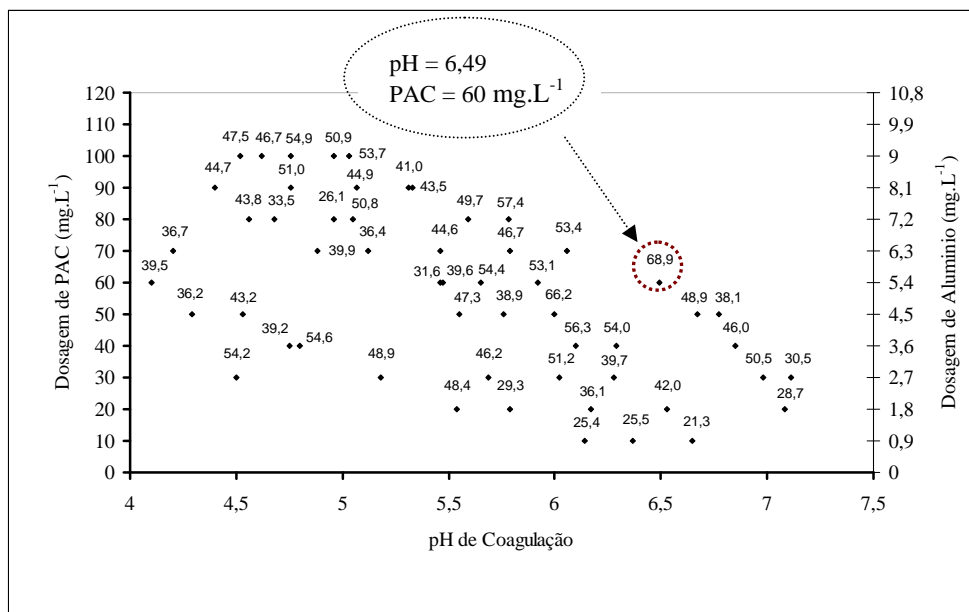


Figura 2: Diagrama de coagulação em termos de remoção de *C. raciborskii* em função da dosagem de coagulante e pH de coagulação para a água inoculada com a cultura de *C. raciborskii* ($\sim 10^6$ cel.mL⁻¹) ($V_f = 5$ cm.min⁻¹).

A menor eficiência de remoção obtida com o aumento da concentração de células neste experimento pode ser atribuída à presença de excessiva quantidade de matéria orgânica algogênica, proveniente da cultura de *C. raciborskii*. A matéria orgânica algogênica pode ser extracelular, obtida a partir de excreção metabólica das células, formando matéria orgânica extracelular (MOE), ou intracelular, decorrente da autólise, formando, neste caso, matéria orgânica intracelular (MOI) (HENDERSON et al., 2008). Como destaca Takaara et al. (2007), um dos mecanismos inibitórios decorrentes da presença destas substâncias na água, está relacionado a capacidade da MOA em formar complexos com os cátions do coagulante, deteriorando a habilidade de coagulação do produto, reduzindo, dessa forma, a eficiência da etapa de coagulação.

Assim como verificado para o diagrama da água do manancial, os valores de COT não se mostraram muito constantes e tenderam a uma menor remoção, mesmo estando em menor quantidade. Este fato pode estar relacionado ao aumento na quantidade de frações de COT com peso molecular inferior a 5000 Da, proveniente do aumento na concentração de células, como observado por Cheng e Chi (2003), reduzindo a eficiência do processo de coagulação. O menor valor obtido foi igual a 1,30 mg.L⁻¹ para a dosagem igual a 80 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 5,33, tendo sido necessária uma dosagem duas vezes superior àquela aplicada para o diagrama com a água da Lagoa do Peri para um valor de remoção similar. Baixas remoções de COT foram igualmente observadas por Oliveira (2005), com a inoculação de células de *C. raciborskii* na água de estudo em experimentos de flotação por ar dissolvido.

A partir dos resultados obtidos, pode-se considerar que um aumento na densidade de cianobactérias na água pode dificultar a eficiência do tratamento empregado, sendo necessária a avaliação de condições de trabalho mais favoráveis para a condição existente.

Embora a remoção de cianobactérias tenha sido satisfatória, considerando-se, principalmente o estudo para a água da Lagoa do Peri, elevada densidade de *C. raciborskii* remanescente foi, ainda, identificada. Considerando esse aspecto, assume-se que a flotação não deve ser aplicada como único processo de tratamento dentro de um sistema, mas sim um processo capaz de reduzir em elevada proporção o número de organismos, permitindo uma melhor atuação das unidades de filtração, assim como uma maior manutenção de sua qualidade.



CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, pode-se considerar que:

A construção dos diagramas de coagulação para a água de estudo, mostrou-se uma ferramenta essencial para se caracterizar a melhor relação “dosagem de coagulante x pH de coagulação”, em função das características da água estudada. Neste sentido, os melhores resultados de remoção dos parâmetros cor (78%), turbidez (74%) e densidade de *Cylindrospermopsis raciborskii* (59,5%) foram obtidos para concentração de PAC igual a 50 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 6,36, em função dos diagramas de coagulação para a água da Lagoa do Peri.

Menores eficiências de remoção foram verificadas quando da construção do diagrama de coagulação para a água inoculada com as células de *C. raciborskii*, tendo-se obtido remoções médias de 58, 66 e 68,5% para cor, turbidez e densidade de cianobactérias, respectivamente, para dosagem de PAC igual a 60 mg.L⁻¹ e pH de coagulação de 6,49. As menores eficiências de remoção podem estar associadas à elevada presença de matéria orgânica extracelular produzida pelo cultivo de *C. raciborskii*.

A flotação por ar dissolvido mostrou-se eficiente na remoção das cianobactérias nas condições atuais do manancial de abastecimento utilizado como fonte de coleta. Considerando-se condições menos favoráveis de qualidade da água para o tratamento, como no caso de uma floração, intenção deste estudo, torna-se importante a avaliação de parâmetros de projeto mais adequados a essa característica da água.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro do Conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico - CNPq e do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis* no Brasil. Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, Ed. nº 30, p. 82-90, 2003.
2. BOUVY, M. et al. Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. Aquatic Microbial Ecology, v. 23, p. 13-27, 2000.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação nacional de Saúde. Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água consumo humano. Brasília, 2003. 56 p.
4. CENTURIONE FILHO, P. L.; DI BERNARDO, L. Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n. 1, p. 39-44, 2003.
5. CHENG, W. Po.; CHI, Fung-Hwa. Influence of eutrophication on the coagulation efficiency in reservoir water. Chemosphere, v. 53, p. 773-778, 2003.
6. GEBBIE P. Using polyaluminium coagulants in the water. 64th Annual Water Industry Engineers and Operators Conference. p. 39-47, 2001.
7. HENDERSON, R.; PARSONS, S. A.; JEFFERSON, B. The impact of algal properties and pre-oxidation on solid-liquid separation of algae. Water Research, v. 42, p. 1827-1845, 2008.
8. HOEK, C. V. D.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. Algae: an introduction to phycology. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 623 p.
9. MELO FILHO, L. C. Avaliação da ozonização como pré ou pós-tratamento à filtração direta descendente na remoção de cianobactérias e saxitoxinas. Tese de doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
10. OLIVEIRA, J. M. B. Remoção de *Cylindrospermopsis raciborskii* por meio de sedimentação e flotação: avaliação em escala de bancada. 2005. Dissertação de mestrado – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
11. SANT'ANNA, C. et al. Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil. Algological Studies, v. 126, p. 251-265, 2008.



12. TAKAARA, T. et al. Cellular proteins of *Microcystis aeruginosa* inhibiting coagulation with polyaluminum chloride. Water Research, v. 41, p. 1653-1658, 2007.