

I-370 - INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES MISTURAS DE MANANCIAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUA POR FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO – AVALIAÇÃO EM ESCALA DE BANCADA

Claudia Patricia Pereira Simões⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília e Analista de sistemas de saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

Amanda Caroline Cavalcante

Estudante de Engenharia Ambiental da Universidade de Brasília – UnB.

Leila Cristiane Fernandes B. de Lima

Técnico em controle ambiental de CEFET-RN, Técnico de sistema de saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB).

Raquel Stavale Schimicoski

Estudante de Engenharia Química da Universidade de Brasília – UnB.

Cristina Celia Silveira Brandão⁽¹⁾

Doutora em Engenharia Ambiental pelo Imperial College of Science and Technology da Universidade de Londres. Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília.

Endereço⁽¹⁾: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), SAIN, Área Especial Caesb, ETA-Brasília, CEP 70.620-000, Brasília, DF, Brasil – Tel: (61)996541685 - e-mail: claudiasimoes@caesb.df.gov.br

RESUMO

Embora o Brasil seja um dos países mais ricos em água doce do planeta, a distribuição desse recurso não ocorre de forma equilibrada e a área ocupada pela maior parte da população possui menor disponibilidade de água. Essa situação é agravada pelo crescimento desordenado das cidades e o mau uso da água, que provoca um aumento gradual da demanda de água. Por consequência, a população já sofre os efeitos dessa realidade e várias regiões do país têm vivenciado graves crises hídricas nos últimos anos. No início de 2017 a região do Distrito Federal-DF foi atingida por uma crise hídrica, com impacto significativo nos níveis dos reservatórios. O reservatório Santa Maria, principal manancial que alimenta a segunda maior Estação de Tratamento de Água do DF, teve considerável redução no seu volume de água, fazendo-se necessário maior utilização das águas do ribeirão Torto para alimentação, com objetivo de permitir a recuperação do volume acumulado no reservatório. Outra medida tomada foi a doação de racionamento nas áreas abastecidas pelos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria. Neste contexto, o presente trabalho objetivou investigar, em escala de bancada, a influência da utilização de diferentes proporções de misturas dos dois mananciais (reservatório Santa Maria e ribeirão Torto) que abastecem uma das Estações de Tratamento de Água (ETA) do DF que adota o tratamento convencional com flotação por ar dissolvido. O trabalho experimental foi dividido em três grupos: no primeiro foi investigado o tratamento da água apenas utilizando água do ribeirão Torto; no segundo foi utilizada uma mistura contendo 75% de água do ribeirão Torto e 25% do reservatório Santa Maria; e no terceiro 50% de cada manancial. Os resultados indicaram que a utilização da flotação por ar dissolvido no tratamento da água do ribeirão Torto, que possui características minerais, com turbidez mais elevada, é menos eficiente do que uso dessa tecnologia no tratamento de misturas que contenham a água proveniente do reservatório de Santa Maria, que se caracteriza por águas de baixa turbidez e presença de algas. Misturas contendo apenas 25% de água do reservatório Santa Maria já proporcionam resultados satisfatórios, enquanto a utilização de água proveniente apenas do ribeirão Torto pode oferecer riscos operacionais como a sobrecarga dos filtros, em função da turbidez elevada da clarificada pelo sistema de flotação, e consequentemente, problemas potenciais de qualidade da água filtrada.

PALAVRAS-CHAVE: Flotação por ar dissolvido, Mistura de mananciais, Remoção de turbidez.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O Brasil é um dos países mais ricos em água doce do planeta segundo classificação das Nações Unidas. No país se localizam as maiores bacias hidrográficas do mundo e também uma enorme rede de drenagem que nunca seca sobre mais de 90% do território nacional (Rebouças, 2003). Entretanto, segundo a ANA (2015), apesar da grande oferta de água no país, esse recurso natural encontra-se distribuído de maneira heterogênea no território nacional. Segundo essa Agência, passa pelo território brasileiro, em média, cerca de 260.000 m³/s de água, dos quais 205.000 m³/s, quase 80% estão localizados na bacia do rio Amazonas, onde se encontra pouco mais de 5% da população, restando 55.000 m³/s para 95% da população. Este desequilíbrio entre a concentração dos recursos hídricos superficiais e a distribuição demográfica, agrícola e industrial tem levado à grave escassez de água em várias regiões. O uso desordenado do solo, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água, que pode comprometer o desenvolvimento socioeconômico, a conservação do capital ecológico e também a sobrevivência e qualidade de vida dos seres humanos.

A crise no abastecimento de água de grandes cidades metropolitanas tem ganhado as manchetes dos principais meios de comunicação. A situação de escassez no Nordeste é crônica, mas, em 2014, várias cidades do Estado de São Paulo vivenciaram o racionamento, inclusive a capital São Paulo. Dois anos depois o Distrito Federal vive a mesma experiência, com os dois principais reservatórios, Descoberto e Santa Maria, em níveis críticos. Para desacelerar o ritmo de queda dos níveis de água desses reservatórios, em janeiro de 2017 foi iniciado o racionamento nas cidades abastecidas pelo reservatório do Descoberto e em março do mesmo ano iniciou-se também o racionamento nas áreas abastecidas pelo reservatório de Santa Maria. Além disso, iniciativas que buscam a redução de perdas e melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis vêm sendo adotadas.

Nesse contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo investigar, em escala de bancada, a influência da utilização de diferentes misturas dos dois mananciais (reservatório Santa Maria e ribeirão Torto) que abastecem uma Estação de Tratamento de Água (ETA) do DF que adota o tratamento convencional com flotação por ar dissolvido.

O reservatório Santa Maria, formado pelo barramento do córrego do mesmo nome, foi concebido exclusivamente para abastecimento público, e é hoje o principal manancial do sistema Torto – Santa Maria que é responsável pelo abastecimento de cerca de 25% da população do DF. Porém, em função da grave crise hídrica que atinge o DF o volume de água do reservatório Santa Maria reduziu consideravelmente. De modo a reduzir a vazão captada do reservatório Santa Maria, permitindo dessa forma a recuperação do seu volume acumulado, faz-se necessário a maior utilização das águas do ribeirão Torto.

A Estação de Tratamento de Água (ETA) responsável pelo tratamento desses dois mananciais foi inaugurada em 1960 e passou por uma reforma em 2006, em que o processo de Flotação por Ar Dissolvido (FAD) foi implementado em função, principalmente, da presença sazonal de microalgas no Reservatório Santa Maria.

A flotação por ar dissolvido é um processo que se tornou bastante conhecido por sua elevada eficiência no tratamento de águas com baixa turbidez, com partículas de baixa densidade, presença de microalgas e cianobactérias (Edzwald, 1993, Teixeira e Rosa, 2006 e 2007; Henderson *et al.*, 2008; entre outros). A FAD possui, dentre outras vantagens comparativas com sistema de decantação convencional, a de permitir a utilização de elevadas taxas de aplicação superficial, o que leva a menores custos na implantação com construção civil; possui partida rápida, garantindo a produção de água tratada em menos de uma hora, e o lodo produzido contém alta concentração de sólidos (Sartori, 1998). Na FAD parâmetros como o tamanho das bolhas, pH de coagulação/floculação e dosagem de coagulante são elementos que possuem influência direta na efetividade do tratamento e necessitam serem investigados permanentemente (Lédo, 2008).

METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos em escala de bancada, com a utilização de um equipamento de teste de jarros convencional que foi adaptado para realização de ensaios de flotação (Figura 1). A adaptação consistiu na substituição dos jarros tradicionalmente usados para ensaios de sedimentação por jarros específicos para flotação e acoplamento de uma câmara de saturação, conforme descrito por Centurione Filho e Di Bernardo (2002). A câmara de saturação e os jarros são confeccionados em acrílico de modo a permitir a observação do processo. Nos jarros de flotação, com capacidade para 2 litros, ocorriam os processos de coagulação e floculação através de agitação mecânica, seguido da flotação por meio da alimentação de água saturada com ar

pela parte inferior dos jarros. Finda a etapa de flotação, a água clarificada era filtrada em papel de filtro com retenção de cerca de 8 μm .

Como já mencionado anteriormente, a Estação de Tratamento de Água (ETA) onde foram realizados os experimentos, é alimentada por dois mananciais, reservatório Santa Maria e ribeirão Torto, ambos localizados no Parque Nacional de Brasília. Esses dois mananciais possuem características distintas, enquanto o ribeirão do Torto tem sua captação realizada por meio de barragem de nível, o Santa Maria é formado por um reservatório de 6 km^2 e representa a segunda maior reserva de água para abastecimento do Distrito Federal (Guimarães, 2007). Por se tratar de um manancial com características lólicas, água proveniente do ribeirão do Torto apresenta turbidez superior à água do reservatório Santa Maria que, por sua vez, se destaca pelos baixos valores de turbidez, porém, apresenta a ocorrência de florescimento sazonal de algas não tóxicas, sendo que atualmente predominam os gêneros *Staurastrum* e *Cosmarium*.

O trabalho experimental foi dividido em três grupos. No primeiro grupo foi investigado o tratamento da água, por flotação por ar dissolvido, apenas utilizando água do Ribeirão Torto; no segundo grupo foi avaliada a mistura de água dos mananciais na proporção de 75% de água do Ribeirão Torto e 25% de água do reservatório Santa Maria; e, no terceiro grupo foi estudada a mistura com 50% de água de cada um dos mananciais. Importante destacar que essas proporções são as principais alternativas de mistura adotadas na prática operacional da ETA em função da capacidade da elevatória de cada manancial.

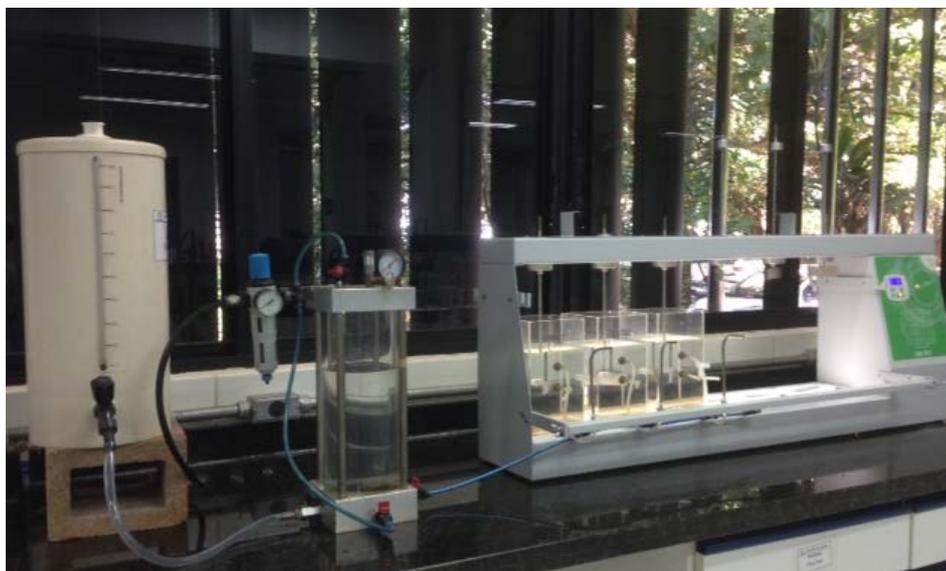


Figura 1 – Imagem do equipamento utilizado nos experimentos

Nos ensaios de “floteste” foram investigados nove doses de coagulante (0; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6 e 6,5) e pH na faixa de 5,5 a 7 com intervalos aproximados de 0,5 unidades. A alcalinização, quando necessária, foi realizada a partir da utilização do hidróxido de cálcio em suspensão e o coagulante empregado foi o cloreto de polialumínio –PAC, mesmo coagulante usado na operação em escala real.

Em todos os experimentos foram mantidos constantes os seguintes parâmetros: 30 segundos de mistura rápida com gradiente de velocidade de 800s^{-1} ; 18 minutos de floculação com gradiente de velocidade de 75s^{-1} ; pressão de saturação de 5 bar e razão de reciclo de 10%. A taxa de flotação adotada foi de aproximadamente 270 m/d. As condições de coagulação, floculação e flotação adotadas levou em conta os parâmetros operacionais e de projeto da ETA (escala real) que trata esses mananciais. Ou seja, buscou-se simular as condições de operação e projeto da ETA.

As amostras de água clarificada na flotação eram divididas em duas alíquotas: uma para realização da medida de turbidez da água clarificada por flotação (água “flotada”); outra para ser submetida à filtração, com a utilização de papel filtro com diâmetro de poros de cerca de 8 μm , e posteriores análises de turbidez e a cor aparente da água filtrada. A influência da adição das diferentes doses de PAC nas amostras também foi analisada medindo o pH logo após a mistura rápida.

RESULTADOS OBTIDOS

As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, os valores residuais de turbidez do clarificado da flotação e da água filtrada, conforme descrito na metodologia. Nessas Figuras os diâmetros dos círculos são proporcionais ao valor residual de turbidez (menor valor residual, menor círculo).

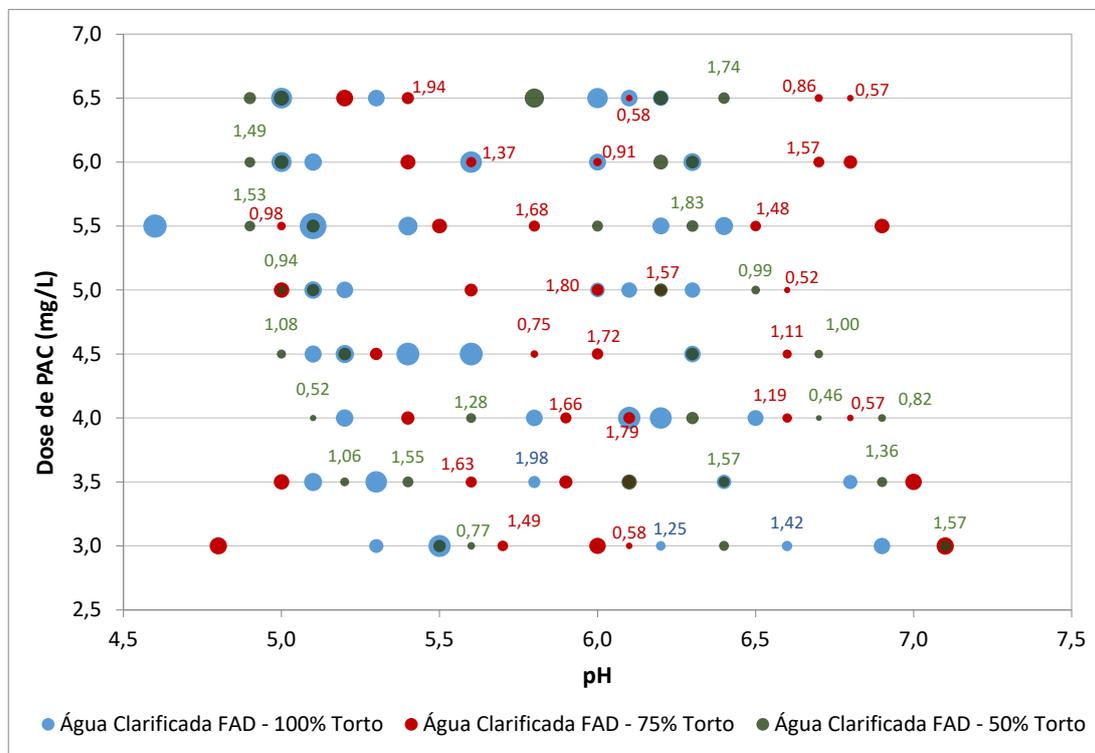


Figura 2 – Residuais de turbidez da água clarificada na flotação utilizando como água bruta: 100% de água do ribeirão Torto; 75% de água do ribeirão Torto + 25% de água do reservatório Santa Maria e 50% de água do ribeirão Torto + 50% de água do reservatório Santa Maria

Na Figura 2 foram destacados as condições de coagulação (pH, dose de PAC) que resultaram em valores de turbidez residual do clarificado iguais ou inferiores a 2UT, valores que a partir da experiência de operação da ETA real promovem bons resultados na etapa de filtração (Caesb, 2016). De maneira similar, na Figura 3, as condições de coagulação que resultaram em turbidez residual da água filtrada inferior a 1UT são destacadas com indicação do valor obtido. Importante ressaltar que a etapa de filtração em papel foi realizada somente para efeito comparativo e seu resultado não é representativo do funcionamento de filtros granulares com ação de profundidade.

Da comparação mostrada na Figura 2, observa-se que a eficiência da flotação aplicada somente a água do ribeirão Torto (100% Torto) é inferior à obtida com as misturas 75% Torto+25% Santa Maria e 50% Torto + 50% Santa Maria, para a mesma faixa de pH e doses do coagulação PAC. Observa-se que apenas 3 combinações de pH e dose de PAC (7,5% das condições testadas) forneceram valores de turbidez da água clarificada inferiores a 2UT quando os ensaios de flotação em “floteste” foram realizados com 100% de água do ribeirão Torto. Por outro lado, 24 combinações de pH e dose de coagulante (60% das condições testadas) apresentaram água clarificada com residual de turbidez inferior a 2UT tanto a mistura 75% Torto+25% Santa Maria como para a mistura 50% Torto+50% Santa Maria. Os resultados revelam a dificuldade de tratar por meio de flotação por ar dissolvido a água do ribeirão Torto sem qualquer mistura com a água do reservatório Santa Maria.

Apesar dos resultados obtidos com as duas proporções de mistura Santa Maria-torto serem similares com relação à aplicabilidade da FAD, vale comentar que, de modo geral, a mistura 50% Torto+50% Santa Maria demandou menor dose do coagulante PAC para promover resultados similares aos observados nos experimentos realizados com a mistura 75% Torto+25% Santa Maria, porém sem um padrão de comportamento definido. Dessa forma, mais experimentos devem ser realizados para avaliar tais aspectos.



Figura 3 – Residuais de turbidez da filtrada utilizando como água bruta: 100% de água do ribeirão Torto; 75% de água do ribeirão Torto + 25% de água do reservatório Santa Maria e 50% de água do ribeirão Torto + 50% de água do reservatório Santa Maria

A comparação mostrada na Figura 3, mais uma vez revela a superioridade do processo de flotação no tratamento da mistura 75% Torto+25% Santa Maria e 50% Torto+50% Santa Maria. Com água bruta 100% originária do ribeirão Torto, somente 13 combinações pH e dose de PAC (32,5%) apresentaram valores de turbidez da água filtrada inferior a 1 UT, sendo que apenas em 2 combinações (5%) o valor foi igual ou inferior 0,5UT (valor estabelecido pela Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde – BRASIL, 2011). Por outro lado, com utilização da mistura 75% Torto + 25% Santa Maria, e também da mistura 50% Torto + 50% Santa Maria, 37,5% das combinações pH e dose de PAC apresentaram água filtrada com valor de turbidez igual ou inferior 0,5 UT, sendo que em 90% das combinações avaliadas a turbidez da filtrada foi igual ou inferior 1UT.

Os resultados de cor aparente obtidos para as diferentes combinações pH-dose de PAC nas amostras filtradas apresentaram comportamento similar aos observados para turbidez. Esse comportamento era esperado, pois a água não apresenta coloração acentuada (cor verdadeira muito baixa) e parte significativa da cor aparente é resultante da turbidez.

Comparando os resultados obtidos utilizando-se as misturas contendo 75% Torto + 25% Santa Maria e 50% Torto + 50% Santa Maria é possível constatar que os resultados foram similares, demonstrando que é possível melhorar o desempenho do processo de tratamento com baixos percentuais de volumes de água do reservatório Santa Maria, visto que a mistura de mananciais contendo apenas 25% de água desse reservatório já proporcionam resultados satisfatórios. Ou seja, os resultados sugerem que a alimentação da ETA somente com água proveniente do ribeirão Torto pode oferecer riscos operacionais como a sobrecarga dos filtros, em função da turbidez elevada da clarificada pelo sistema de flotação, e conseqüentemente, problemas potenciais de qualidade da água filtrada.

CONCLUSÕES

No enfrentamento da crise hídrica que se apresenta no DF, a companhia de saneamento local vislumbra como uma estratégia de recuperação do volume acumulado no reservatório Santa Maria, segundo mais importante manancial de abastecimento de água do DF, a intensificação do uso da água do ribeirão Torto, analisando, inclusive, sua utilização como único manancial ser tratado na ETA com flotação por ar dissolvido.

Os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que a estratégia de alimentação da ETA com 100% de água proveniente do ribeirão Torto, pode oferecer riscos operacionais como a sobrecarga dos filtros, em função da turbidez elevada chegando a essas unidades, e problemas potenciais de qualidade da água filtrada.

Entretanto, os estudos de utilização de alimentação da ETA com 100% de água proveniente do ribeirão Torto devem ser aprofundados, avaliando se a adoção de taxas de flotação menores do que a taxa de projeto (que foi adotada no presente trabalho) serão capazes de fornecer melhores eficiências na flotação. Dessa forma, a utilização desse manancial como única fonte de alimentação da ETA poderia ocorrer em situações específicas, como na operação noturna da ETA, quando é tratada menor vazão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA - Agência Nacional de Águas. “Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016”. 95 p. 2016.
2. BRASIL. Ministério da Saúde-MS. “Portaria 2.914 - Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade”. D.O.U. de 14/12/11, República Federativa do Brasil. 2011.
3. CAESB – Companhia de Saneamento do Distrito Federal. “Relatório interno de acompanhamento operacional ETA Brasília”. 2016.
4. CENTURIONE FILHO, P.L.; DI BERNARDO, L. “Ensaio de flotação e filtração em equipamento especial utilizando água natural proveniente de curso d’água eutrofizado”. Anais do XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária y Ambiental. 8p. 2002.
5. EDZWALD, J.K. “Algae, Bubbles, Coagulants, and Dissolved Air Flotation”. *Water Science and Technology*, 27 (10) p. 67-81, 1993.
6. GUIMARÃES, G. C. “Estudo do adensamento e desidratação dos resíduos gerados na ETA Brasília. Dissertação de Mestrado em tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 118p. 2007.
7. HENDERSON, R. K.; PARSONS, S. A.; JEFFERSON, B. X “Successful Removal of Algae through the Control of Zeta Potential”. *Separation Science and Technology*, 43(7), p1653-1666, 2008.
8. LÉDO, P.G.S. “Flotação por ar dissolvido na clarificação de águas com baixa turbidez utilizando sulfato de alumínio e sementes de *Moringa Oleifera* como coagulantes”. Tese Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, 2008.
9. REBOUÇAS, A. C. “Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez” Bahia Análise & dados Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 341-345, 2003.
10. SARTORI, L. “Influência do uso de polímeros sintéticos no desempenho da flotação por ar dissolvido aplicada no tratamento de água para abastecimento”. Tese Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1998.
11. TEIXEIRA, M. R., E ROSA, M. J. “Comparing dissolved air flotation and conventional sedimentation to remove cyanobacterial cells of *Microcystis aeruginosa*. Part I: The key operating conditions”. *Separation and Purification Technology*, 52(1), p 84-94, 2006.
12. TEIXEIRA, M. R., E ROSA, M. J. “Comparing dissolved air flotation and conventional sedimentation to remove cyanobacterial cells of *Microcystis aeruginosa*. Part II. The effect of water background organics”. *Separation and Purification Technology*, 53, 126-134, 2007.