



Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 3, año 2007 ISSN 0718-378X
PP

REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA EUTROFIZADA UTILIZANDO DUPLA FILTRAÇÃO E OXIDAÇÃO

REMOVAL OF CYANOBACTERIA IN THE TREATMENT OF WATER FROM DAMS SUBMITTED
TO EUTROPHICATION, BY MEANS OF DOUBLE FILTRATION AND OXIDATION

Manoel do Vale Sales
Luiz Di Bernardo
Valter Lúcio de Pádua
Francimeyre Freire Avelino

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the cyanobacteria cells removal in the treatment of raw water stored in dams submitted to eutrophication processes, through double filtration, using Poly Aluminum Chloride and cationic polymer as coagulants, and oxidation with chlorine, chlorine dioxide and potassium permanganate. A pilot installation formed by 4 pairs of filters, simultaneously operated was used. The filtration runs were carried out using equal dosages of coagulants. To evaluate the effect of the oxidants, the first pair of filters did not receive oxidant, in the second pair was applied a dosage of 2,0 mg/L of chlorine, the third received a dosage of 1,0mg/L of chlorine dioxide and the last one was operated with a dosage of 0,25mg/L of potassium permanganate. The oxidants were applied either before the upflow filters or between the filters. The results showed that a cyanobacteria cells removal above 99.9% could be achieved through double filtration treatment. The use of chlorine and chlorine dioxide increased the removal of cyanobacteria cells. No advantages of algal cells removal was observed by the application of potassium permanganate, probably due to insufficient dosages.

Key words: TREATMENT OF WATER FROM DAMS,

REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS NO TRATAMENTO DE ÁGUA EUTROFIZADA UTILIZANDO DUPLA FILTRAÇÃO E OXIDAÇÃO

Manoel do Vale Sales^(*)

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará, mestre em Saneamento pela Universidade Federal da Paraíba, doutor em Recursos Hídricos pela UFC e gerente de produção de água da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

Luiz Di Bernardo

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

Valter Lúcio de Pádua

Universidade Federal de Minas Gerais.

Francimeyre Freire Avelino

Beraca Sabará Químicos e Ingredientes Ltda.

Endereço (*): Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Av. Dr. Lauro Vieira Chaves, 1030, – Aeroporto – CP 1158 – Fortaleza – Ceará – Brasil – CEP: 60420-280 – Tel: 55 (85) 275-2828 – Fax: 55 (85) 275-2828. e-mail: msales@cagece.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de células de cianobactérias no tratamento de água armazenada em açudes submetidos a processos de eutrofização, através de dupla filtração, utilizando hidróxi-cloro de alumínio (HCA) e polímero catiônico como coagulantes, e oxidação com cloro, dióxido de cloro e permanganato de potássio. Foi utilizada uma instalação piloto formada por 4 pares de filtros, operados simultaneamente. As carreiras de filtração foram realizadas utilizando-se dosagens dos coagulantes iguais para todos os pares de filtros. Para se avaliar a ação dos oxidantes, o primeiro par de filtros não recebia coagulante, no segundo era aplicada uma dosagem de 2,0 mg/L de cloro, o terceiro recebia dosagem de 1,0mg/L de dióxido de cloro e o último foi operado com uma dosagem de 0,25mg/L de permanganato de potássio. Os oxidantes foram aplicados antes dos filtros ascendentes ou entre os filtros. Os resultados mostraram que a remoção de células de cianobactérias pode ser obtida em percentuais superiores a 99,9% através do tratamento de água por dupla filtração. A utilização de cloro e dióxido de cloro aumentou a remoção de células de cianobactérias. Não foram observadas vantagens decorrentes da aplicação de permanganato de potássio quanto ao aumento da remoção de células, provavelmente devido à pequena dosagem com que se trabalhou com esse oxidante.

PALAVRAS-CHAVE

Remoção de cianobactérias, instalação piloto de dupla filtração, oxidação.

INTRODUÇÃO

Os solos rasos e de baixa capacidade de retenção de umidade do Nordeste brasileiro, a carência de rios perenes, a elevada incidência solar e chuvas com distribuição irregular, fazem com que a maioria dos sistemas de captação encontrados nesta região envolvam o armazenamento em açudes, durante as estações chuvosas, de praticamente toda água utilizada em períodos de estiagem. Os açudes funcionam como decantadores naturais, viabilizando, em muitos casos, a produção de água potável por processos de tratamento simplificados. No entanto, essa característica benéfica provoca uma desvantagem considerável: os açudes funcionam com zona de depósitos de sedimentos que podem atuar como fornecedores de nutrientes para o fitoplâncton. Isso, somado à intensa insolação da região, tem favorecido a eutrofização de vários açudes da região. Os processos de eutrofização podem ser acelerados pela irregularidade da distribuição das chuvas. Vários açudes da região passam anos sem ter suas águas renovadas e tem sido observado que quanto maior o tempo de residência da água, mais intensos são os processos de eutrofização.

Além da possibilidade de presença de toxinas em águas eutrofizadas, as algas podem ser consideradas como fonte de precursores da formação de subprodutos da desinfecção. Hoehn *et al*

(1990) *apud* Krasner (1999) observaram que as algas, seja sua biomassa ou produtos extracelulares, reagem com cloro produzindo trihalometanos (THM). Esses pesquisadores constataram que os produtos extracelulares produzem maiores concentrações de THM que a biomassa algal. Foi observado ainda que a formação de precursores ocorria em maior quantidade durante o final da fase de crescimento exponencial das algas.

Graham et al (1998) verificaram que as variações sazonais da concentração de THM na água tratada de um manancial de superfície acompanhavam as variações nas concentrações de clorofila *a*. Ensaio com culturas de uma espécie de cianobactéria e de uma diatomácea mostraram que a cloração da água com a cultura da cianobactéria produziu concentrações de THM dez vezes superiores às da cultura da diatomácea. A formação de THM resultante da cloração do material celular em ambas as culturas foi o dobro da formação resultante do material extracelular.

Plummer e Edzwald (1998), em ensaios com água em que foram adicionadas células de uma espécie de alga verde, verificaram que a aplicação de ozônio aumentou a concentração de carbono orgânico dissolvido (COD), o potencial de formação de THM e, em menor escala, o de formação de ácidos haloacéticos. Os autores salientaram que o aumento da concentração de COD e de precursores de subprodutos pode provocar o aumento da demanda de coagulante nos processos de tratamento.

Jack, Sellers e Bukavacs (2002) em experimentos com águas de rios tributários de uma mesma bacia hidrográfica verificaram que o potencial de formação de THM aumentava proporcionalmente com a concentração de clorofila *a*. Foi observado que um aumento na concentração de clorofila *a* de 5 µg/l a 25 µg/l causou um aumento no potencial de formação de 40% a 50%.

A máxima remoção de cianobactérias antes da desinfecção final com cloro, portanto, é um procedimento que deve ser buscado. Mesmo a utilização de pequenas dosagens de oxidante no início do processo de tratamento pode ser uma medida justificável, desde que os inconvenientes da oxidação da água bruta sejam suplantados pelas vantagens que possam ser obtidas pela melhoria na eficiência da remoção de cianobactérias. Nesse aspecto, a tecnologia de tratamento por dupla filtração oferece um recurso valioso, já que possibilita a aplicação do oxidante após a filtração ascendente, em que parte do material orgânico já foi removido.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho da tecnologia de tratamento por dupla filtração na remoção de células de cianobactérias, utilizando-se instalação piloto de dupla filtração formada por 4 pares de filtros, verificando-se ainda qual o efeito que a oxidação com permanganato de potássio, cloro e dióxido de cloro tem sobre a eficiência da remoção.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO ESTUDO

A água utilizada nos experimentos foi proveniente dos açudes que abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza, que é abastecida por um conjunto de barragens com capacidade total de acumulação de 690 milhões de m³. A água armazenada normalmente apresenta baixa turbidez, mas com uma tendência à eutrofização, principalmente em longos períodos de estiagem em que não ocorre a renovação do volume d'água armazenado. Além das barragens, em épocas de estiagem se utiliza um canal que transporta água do rio Jaguaribe, o qual é perenizado pelas maiores barragens do estado do Ceará. A figura 1 mostra um esquema do sistema de mananciais que abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza. A tabela 1 apresenta valores médios de alguns parâmetros analisados no ano de 2003.

Segundo os dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará, do fitoplâncton encontrado na água do açude Gavião, em 2003, 99,4% são cianobactérias. Foram identificados no referido ano as seguintes cianobactérias: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa*, Nostocaceae, *Planktothrix agardhii*, Chroococales, *Merismopedia sp.*, *Aphanizomenon tropicale*, *Microcystis sp.*, *Aphanocapsa sp.*, *Pseudoanabaenaceae*, *Anabaena sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Coelosphaerium sp.*, constatando-se que a espécie *Planktothrix agardhii* é a cianobactéria predominante, conforme figura

2. O valor médio encontrado da espécie *Planktothrix agardhii* no ano de 2003 foi de $2,35 \times 10^5$ células/mL.

Tabela 1 – Características da água bruta

Parâmetro	Valor
Turbidez (uT)	3,6 a 12,2
Cor aparente (uH)	34 a 102
pH	6,8 a 7,9
Oxigênio consumido (mg O ₂ /L)	6,1 a 10,7
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	28 a 53
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	54 a 98
Cloretos (mg/L)	56 a 115

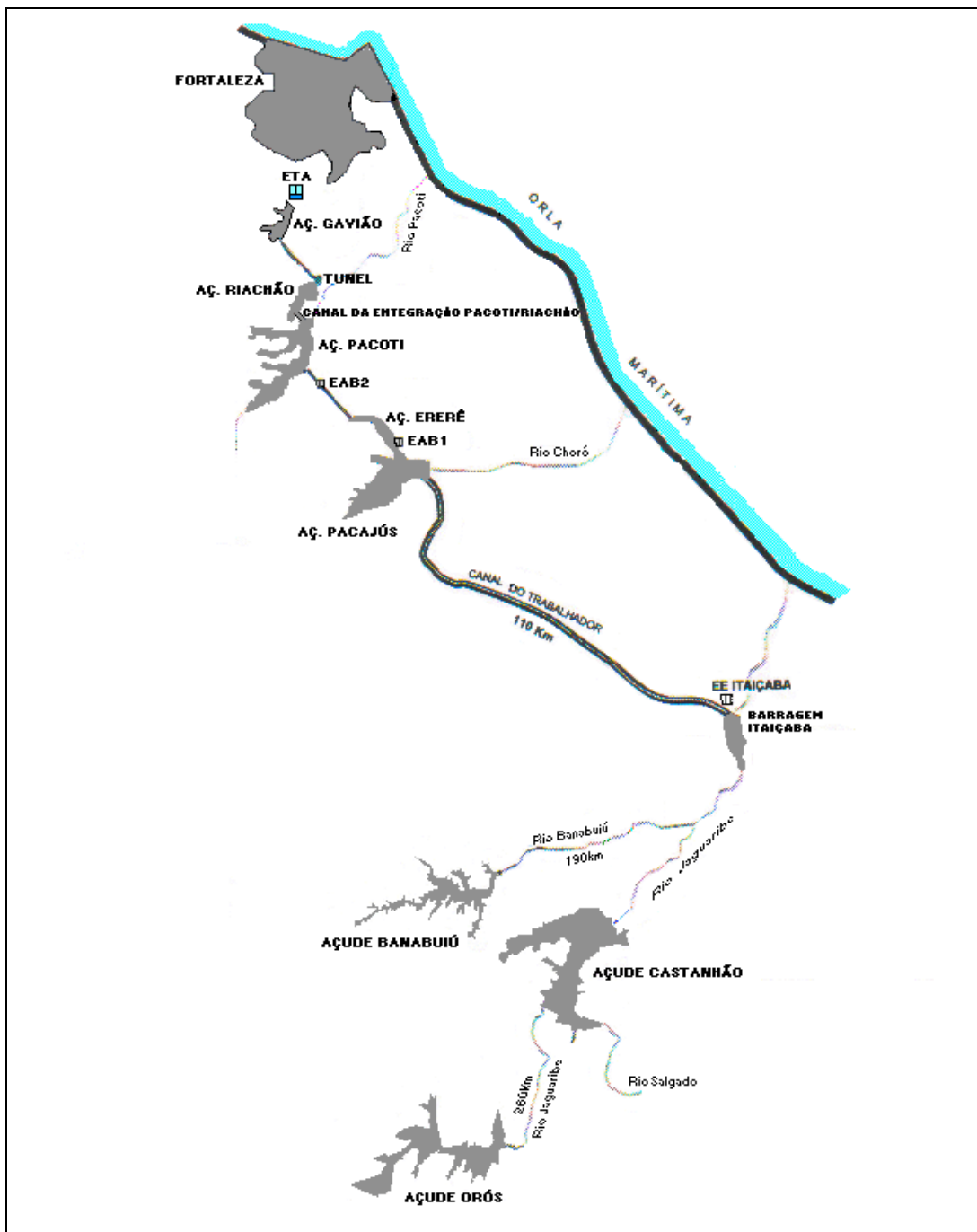


FIGURA 1 – Esquema do sistema de mananciais que abastecem a Região Metropolitana de

Fortaleza.

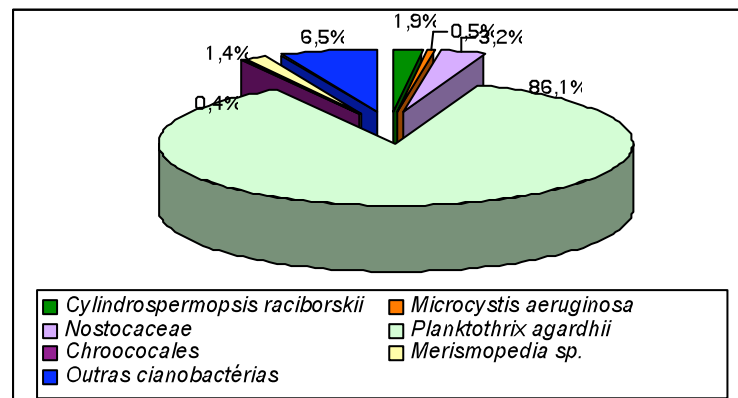


FIGURA 2 – Percentual da espécie *Planktothrix agardhii* e de outras cianobactérias na água do açude Gavião no ano de 2003.

DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO PILOTO

A instalação piloto foi operada com água do açude Gavião, captada através de uma tubulação conectada a uma bomba centrífuga, em cuja tubulação de recalque estão instalados um medidor de vazão. A água captada é descarregada em uma caixa de cimento amianto com capacidade de 250 litros. Nesta caixa são coletadas as amostras para análises da água bruta. A seguir a água é transferida por gravidade para uma outra caixa de cimento amianto, com capacidade de 50 litros, em que está instalado o agitador eletromecânico de mistura rápida, ponto de aplicação do coagulante principal. A caixa seguinte foi construída para proporcionar a distribuição uniforme das vazões para quatro unidades de dupla filtração. Na entrada desta caixa é feita a aplicação de polímero. Esta caixa foi construída de plástico, possui um extravasor central com altura variável e quatro tubulações independentes, que alimentam os filtros ascendentes de cada unidade de Dupla Filtração. No topo das tubulações de alimentação dos filtros foram montados capes com um orifício central de 6,4mm de diâmetro. Os capes das tubulações são mantidos praticamente nivelados e também podem ter suas alturas ajustadas, de forma que as vazões de entrada sejam constantes e dependentes apenas da carga hidráulica nos orifícios. A carga hidráulica é estabelecida pelo extravasor central.

A instalação possui cinco bombas dosadoras para dosagem de coagulante, polímero, permanganato de potássio, dióxido de cloro e cloro. Os oxidantes podem ser aplicados antes dos filtros ascendentes ou entre os dois filtros.

As unidades de filtração são formadas por 4 pares de filtros, que são operados de forma independente (figura 3). Cada par é formado por 1 filtro ascendente de areia grossa, com diâmetro interno de 200 mm, e um filtro descendente com diâmetro interno de 150 mm. Para efeito de simplificação da descrição de todos os procedimentos e da apresentação dos resultados, cada par de filtro foi identificado como unidade de dupla filtração UDF1, UDF2, UDF3 e UDF4, formadas respectivamente pelos filtros ascendentes FA1, FA2, FA3 e FA4 e pelos filtros descendentes FD1, FD2, FD3 e FD4. Todos os filtros foram fabricados com tubos de fibra de vidro transparente com altura de 3 metros. O material filtrante utilizado está discriminado na tabela 2. O sistema de drenagem dos filtros foi construído com capes perfurados lateralmente, instalados no centro de flanges que fecham a extremidade inferior dos tubos de fibra de vidro. A extremidade superior foi mantida aberta.

Todos os ensaios foram realizados mantendo-se constantes as taxas de filtração, tanto nos filtros ascendentes como nos filtros descendentes. Trabalhou-se com vazão de 4 L/min em cada unidade de dupla filtração, o que correspondente a uma taxa de filtração de 183 m³/m²/dia nos filtros ascendentes e de 326 m³/m²/dia nos filtros descendentes. As lavagens dos filtros eram realizadas utilizando-se sempre as mesmas taxas. Os filtros ascendentes recebiam inicialmente a lavagem de interface, com taxa superficial de 800 m³/m²/dia e duração de 20 s. Ao fim da lavagem de interface eram feitas as lavagens ascensionais com velocidade de 1,3 m/min. Essa velocidade era suficiente

para causar uma expansão da camada de areia de aproximadamente 10%. As lavagens ascensionais tinham duração máxima de 5 minutos, tempo suficiente para que a água de lavagem apresentasse turbidez inferior a 5 uT. Os filtros descendentes eram lavados com velocidade ascensional de 0,60 m/min, capaz de provocar uma expansão em torno de 25% da altura da camada. A duração de 5 minutos também era suficiente para concluir a limpeza dos filtros descendentes.

TABELA 2 – Especificação da areia dos filtros da instalação piloto de dupla filtração.

Filtro	Material	Subcamada	Espessura total (cm)	Tamanho dos grãos (mm)
Ascendente	Camada suporte	Primeira	10	25,4 – 19,0
		Segunda	10	12,7 – 19,0
		Terceira	10	6,4 – 12,7
		Quarta	15	3,2 – 6,4
		Quinta	7,5	6,4 – 12,7
		Sexta	7,5	12,7 – 19,0
	Areia	Tamanho efetivo: 1,2mm	160	1,05 – 2,4
Descendente	Areia	Tamanho efetivo: 0,56mm	70	0,42 – 1,41

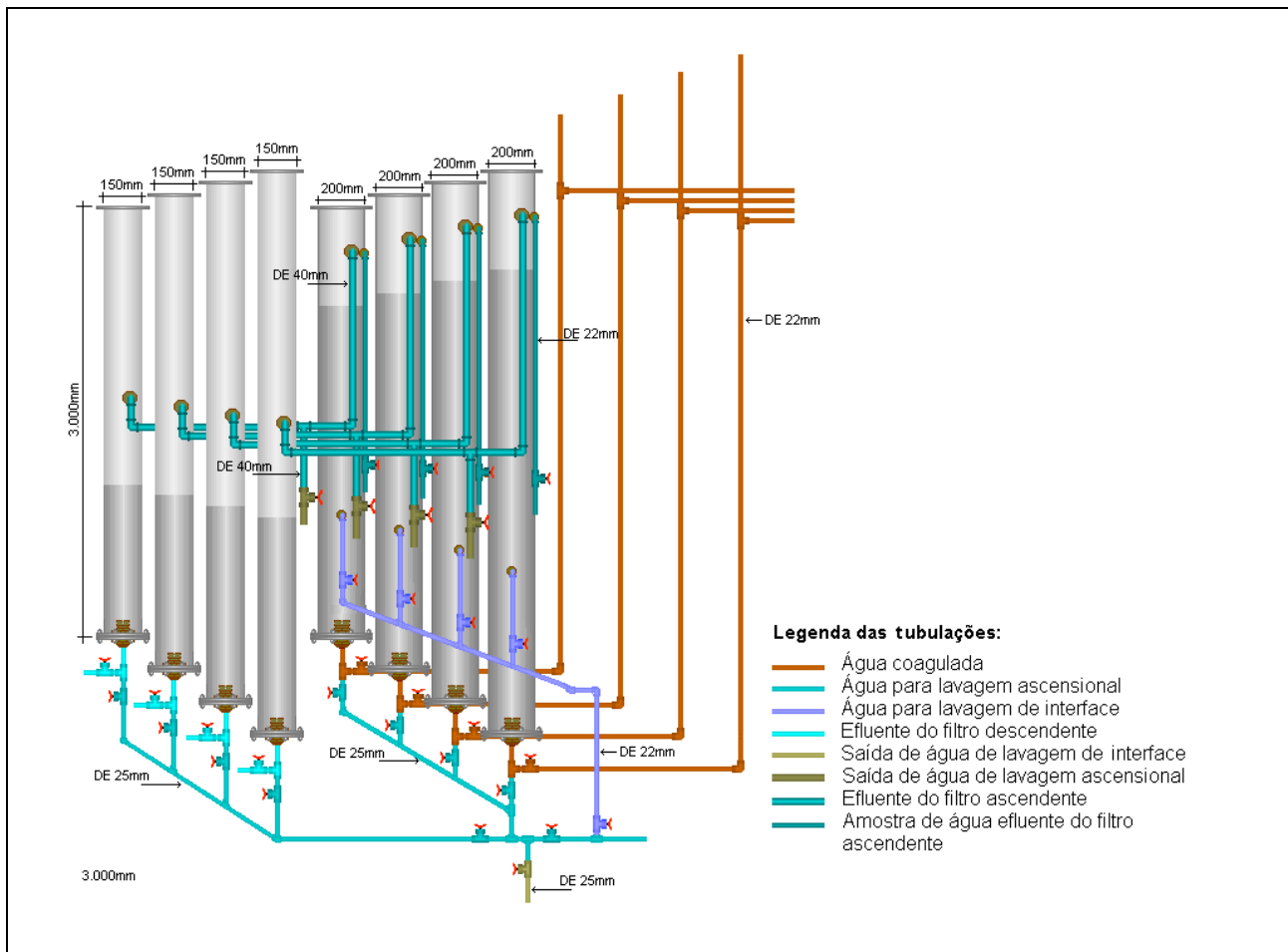


FIGURA 3 – Esquema da instalação piloto de dupla filtração.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A instalação piloto foi utilizada nas carreiras de filtração 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 para avaliar a remoção de células de cianobactérias em diferentes condições de coagulação e de uso dos oxidantes estudados.

Amostras dos filtros descendentes foram preparadas para contagem e classificação de cianobactérias de acordo com o procedimento descrito a seguir.

Análise qualitativa de cianobactérias – realizada em microscópio biológico Olympus, modelo CBA e microscópios biológicos invertidos Horiba e Olympus CKX41, utilizando-se placa de Kline com 12 escavações e/ou lâmina e lamínula, com auxílio de bibliografia especializada. As amostras foram previamente concentradas em malha de *nylon* de aproximadamente 25 μ m.

Análise quantitativa de cianobactéria – realizada em câmara de Sedgewick-Rafter e microscópios biológicos invertidos calibrados Horiba e Olympus CKX41. As contagens foram realizadas por faixas ou campos, segundo a distribuição de *Poisson*. Por esta distribuição obteve-se um intervalo de confiança de 95% \pm 20%. Os resultados foram expressos em organismos/mL e células/mL. Antes da realização das análises as amostras foram concentradas por sedimentação em proveta durante 24 horas..

Os ensaios tiveram duração variada, em que se buscou retirar as amostras após a estabilização do processo, e antes da ocorrência da saturação dos filtros descendentes. Em nenhuma das carreiras foi utilizado oxidante na UDF1 e foram aplicadas dosagens de 2,0mg/L de cloro na UDF2, 1,0mg/L de dióxido na UDF3 e 0,25mg/L de permanganato de potássio na UDF4.

As dosagens na carreira 1 foram de 20,0 mg/L de hidróxi-cloreto de alumínio (HCA) e 1,0 mg/L de polímero, com o aplicação dos oxidantes sendo feita antes da oxidação da filtração ascendente (OAF). As dosagens foram repetidas na carreira 2, alterando-se o ponto de aplicação dos oxidantes, que passaram a ser dosados entre os filtros (OEF). As dosagens na carreira 3 foram de 25,0 mg/L de HCA e 0,5 mg/L de polímero com OAF. Essas dosagens foram mantidas na carreira 4, mudando-se a aplicação dos oxidantes para OEF. Na carreira 5 as dosagens foram de 15,0 mg/L de HCA e 1,5 mg/L de polímero com OAF. Na carreira 6 alternou-se para OEF, com as mesmas dosagens da carreira anterior. São mostrados nas figuras 4 a 10 os valores de turbidez e cor aparente da água bruta e dos efluentes dos filtros ascendentes e descendentes no momento da coleta retirada para contagem do fitoplâncton, e os resultados das contagens de cianobactérias.

Na figura 4, referente à carreira 1, observa-se que, embora a turbidez das amostras dos filtros descendentes seja bastante baixa, as amostras dos efluentes dos FA1, FA2 e FA3 apresentam valores superiores a 1,0 uT, que podem ser associados à alta concentração de cianobactérias presentes nesses efluentes. Quanto à remoção total de células, no entanto, que varia de 99,74% na UDF4 a 99,91% na UDF2, considerando-se a concentração nos efluentes dos filtros descendentes, o desempenho do processo demonstrou ser muito eficiente.

A figura 5 mostra os resultados da carreira 2. As amostras dos filtros ascendentes apresentaram menores valores de turbidez que os da carreira anterior mas com uma concentração ainda elevada de cianobactérias. A remoção global de células foi menos eficiente nas UDF1 e UDF4, com percentuais de 96,92% e 98,44% respectivamente. Nas UDF2 e UDF3 a remoção foi de 99,95% e 99,99%

Os resultados da carreira 3 são mostrados na figura 6. Todas as amostras apresentam valores de turbidez igual ou superior a 0,5uT. Embora os percentuais de remoção de células de cianobactérias tenham variado de 99,05% a 99,74%, a concentração superior a 440.000 células/mL na água bruta provocou uma concentração ainda elevada nas amostras dos filtros descendentes.

A figura 7 mostra os resultados da carreira de filtração 4. A turbidez das amostras dos filtros ascendentes apresentaram valores próximos a 1,5 uT mas a turbidez máxima nos descendentes foi de apenas 0,35 uT. A remoção total de células de algas variou 99,76% a 99,99%.

Na carreira 5, cujos resultados são mostrados na figura 8, as amostras dos filtros descendentes das UDF1 e UDF4 apresentaram valores de turbidez superior a 0,5 uT, com concentrações de cianobactérias de cerca de 15.000 células/mL, enquanto que as amostras dos das UDF2 e UDF3 apresentaram valores de 0,30 uT e 0,25 uT, com menos de 400 células/mL.

Os resultados da carreira 6 são mostrados na figura 9. A turbidez das amostras dos FD1 e FD4 apresenta valores um pouco mais baixos que os da carreira anterior, enquanto que os valores das

amostras dos FD2 e FD3 são praticamente equivalentes aos anteriores. Quanto à remoção de algas os percentuais observados foram de 98,88% na UDF1, de 99,47% na UDF2, de 99,75% na UDF3 e de 99,70% na UDF4.

A carreira 7 foi realizada com dosagens de 20,0mg/L de HCA e 2,0mg/L de polímero. O cloro e o dióxido de cloro foram utilizados na OEF enquanto que o permanganato de potássio foi aplicado na OAF. Essa última combinação teve o objetivo de evitar a rápida saturação do FD4. Os resultados da carreira são mostrados nas figuras 10. O valor máximo da turbidez nas amostras dos filtros ascendentes foi de 0,35 uT e de 0,30 uT nas amostras dos descendentes. A remoção de algas foi de 99,56% na UDF1, de 99,95% na UDF2, de 99,99% na UDF3 e de 99,38% na UDF4.

Os resultados observados nas carreiras de filtração mostram que a oxidação com cloro e com dióxido de cloro aumenta a remoção de cianobactérias; em todas as amostras a concentração de células na água filtrada das UDF2 e UDF3 foi menor que a da água filtrada das UDF1 e UDF4. O uso de permanganato de potássio como oxidante nas dosagens praticadas nos experimentos não mostrou aumento na eficiência de remoção de células de cianobactérias. Os resultados permitem concluir ainda que a coagulação pode ser considerada como o fator preponderante para aumentar eficiência da remoção de cianobactérias.

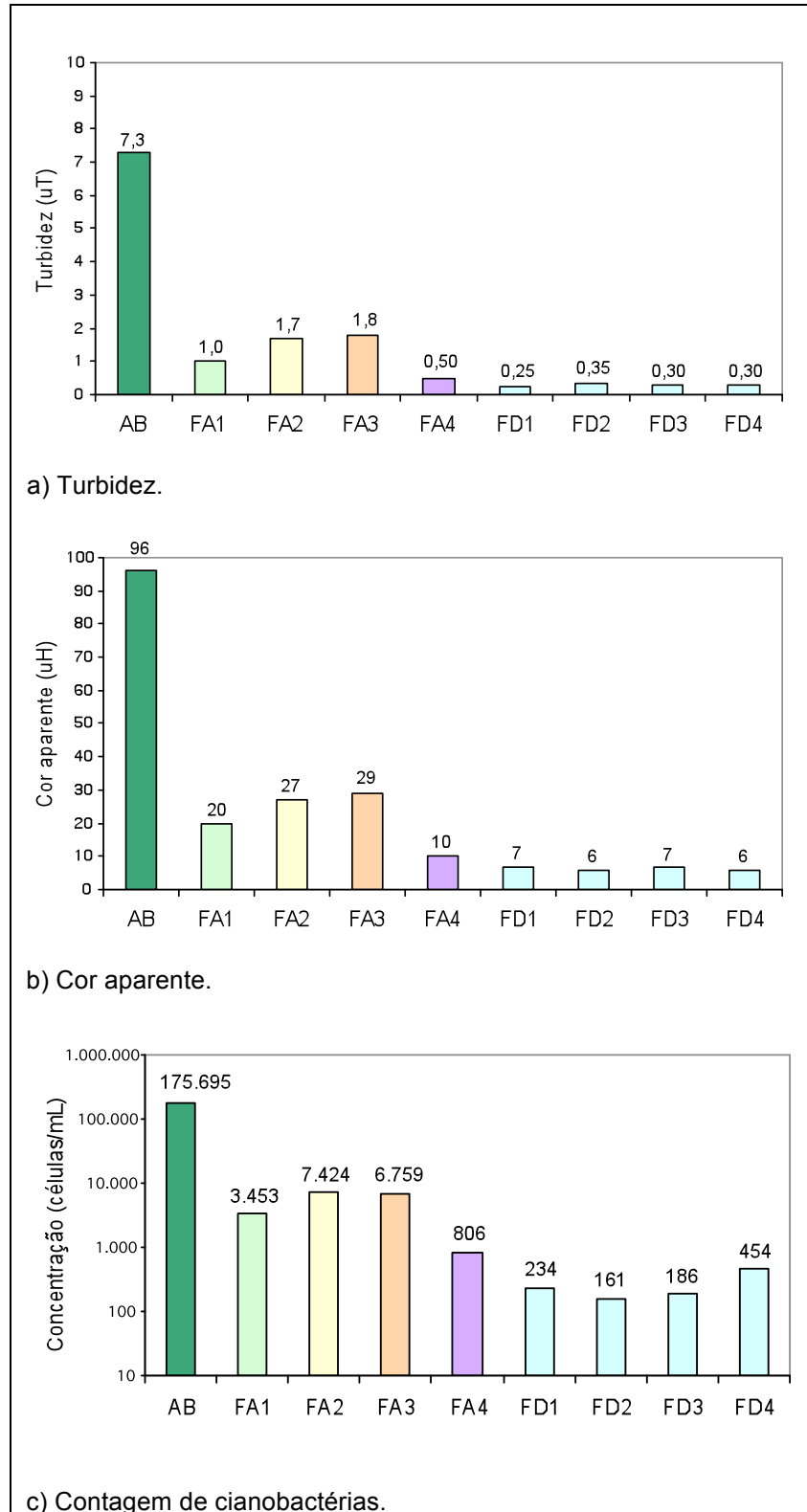


FIGURA 4—Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 20 mg/L de HCA e 1,0 mg/L de polímero com OAF (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄). Carreira de filtração 1.

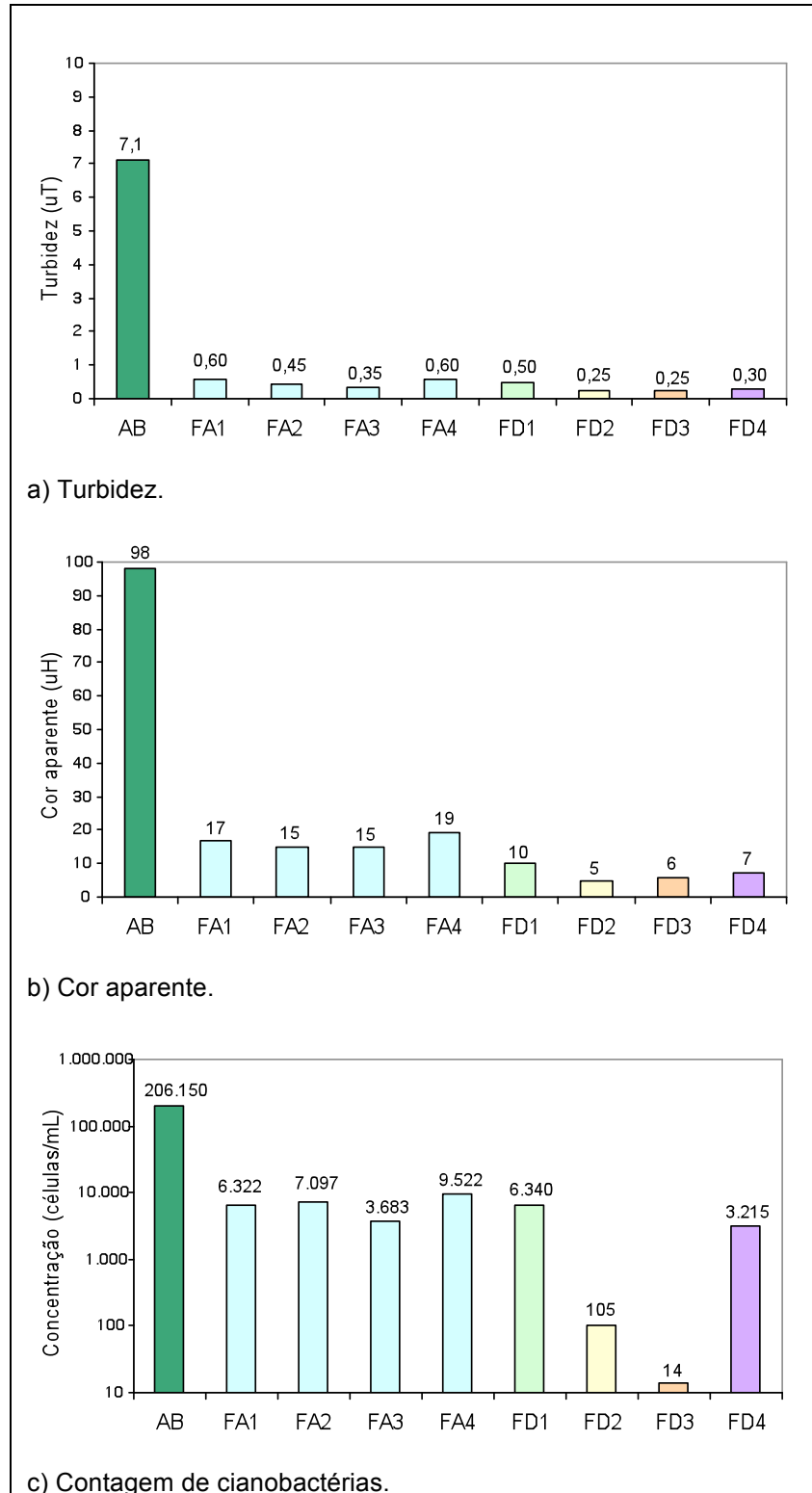


FIGURA 5– Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 20 mg/L de HCA e 1,0 mg/L de polímero com OEF (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄). Carreira de filtração 2.

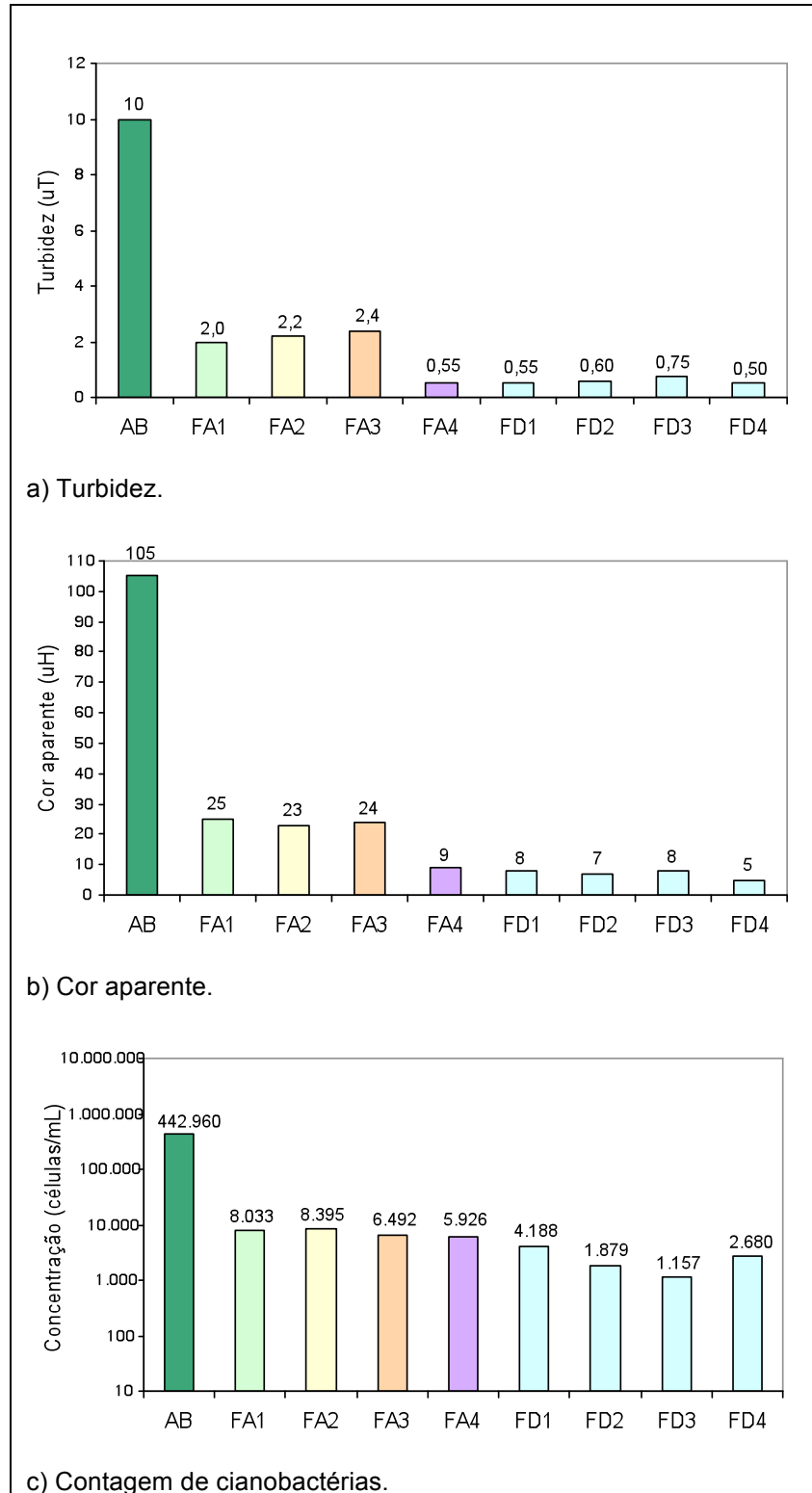


FIGURA 6– Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 25 mg/L de HCA e 0,5 mg/L de polímero com OAF (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄). Carreira de filtração 3.

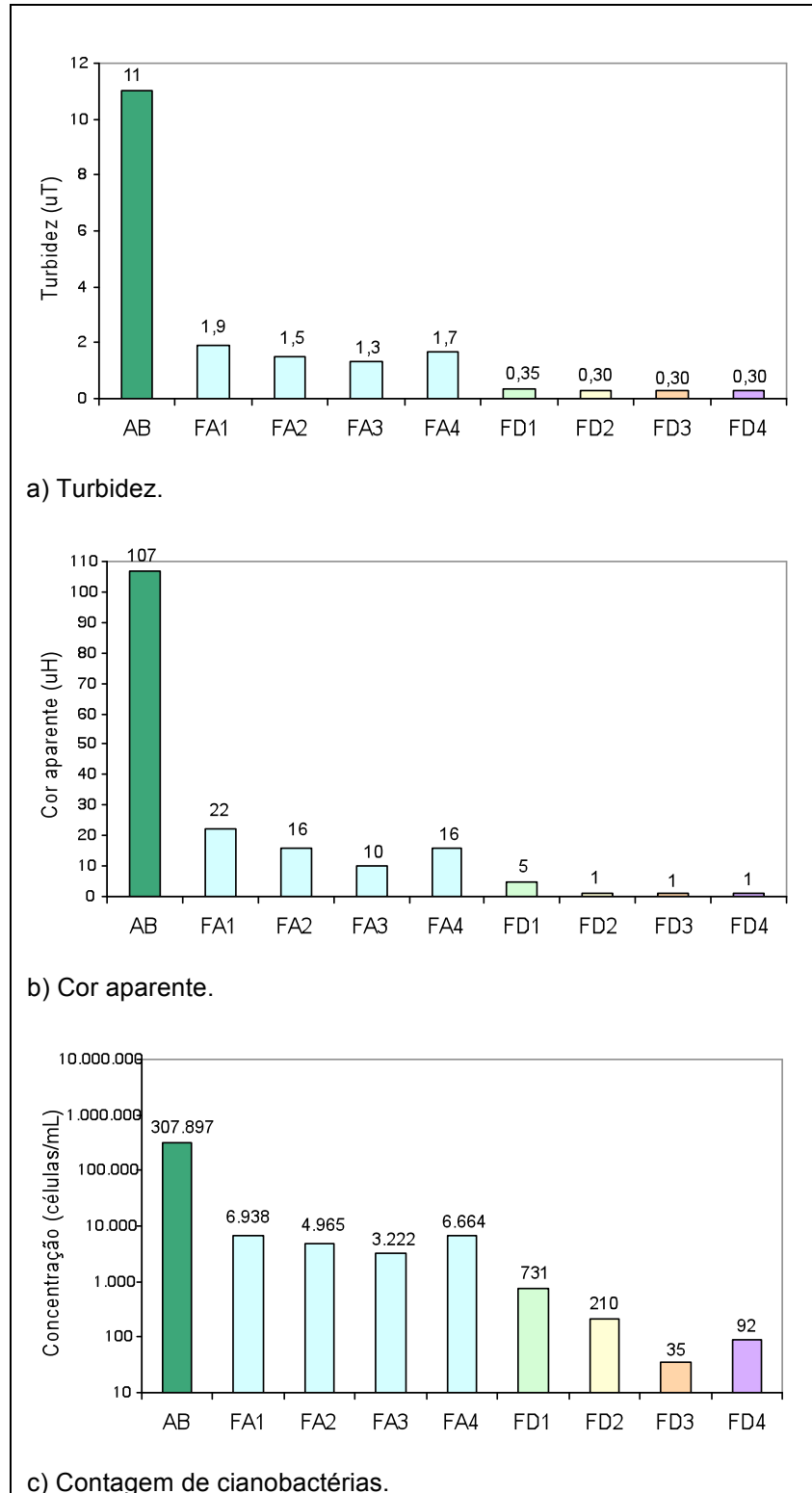


FIGURA 7– Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 25 mg/L de HCA e 0,5 mg/L de polímero com OEF (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄). Carreira de filtração 4.

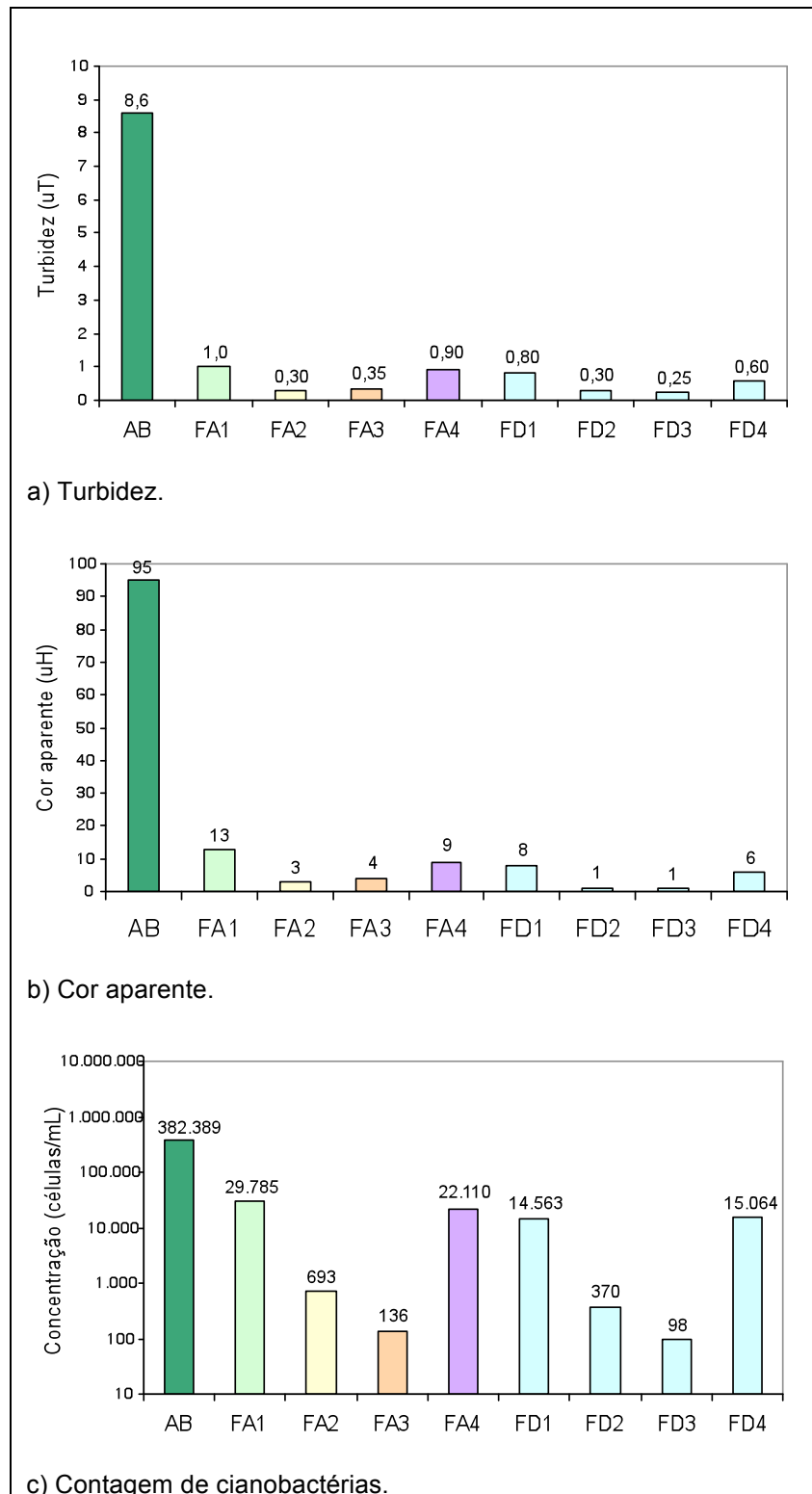


FIGURA 8– Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 15 mg/L de HCA e 1,5 mg/L de polímero com OAF (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄). Carreira de filtração 5.

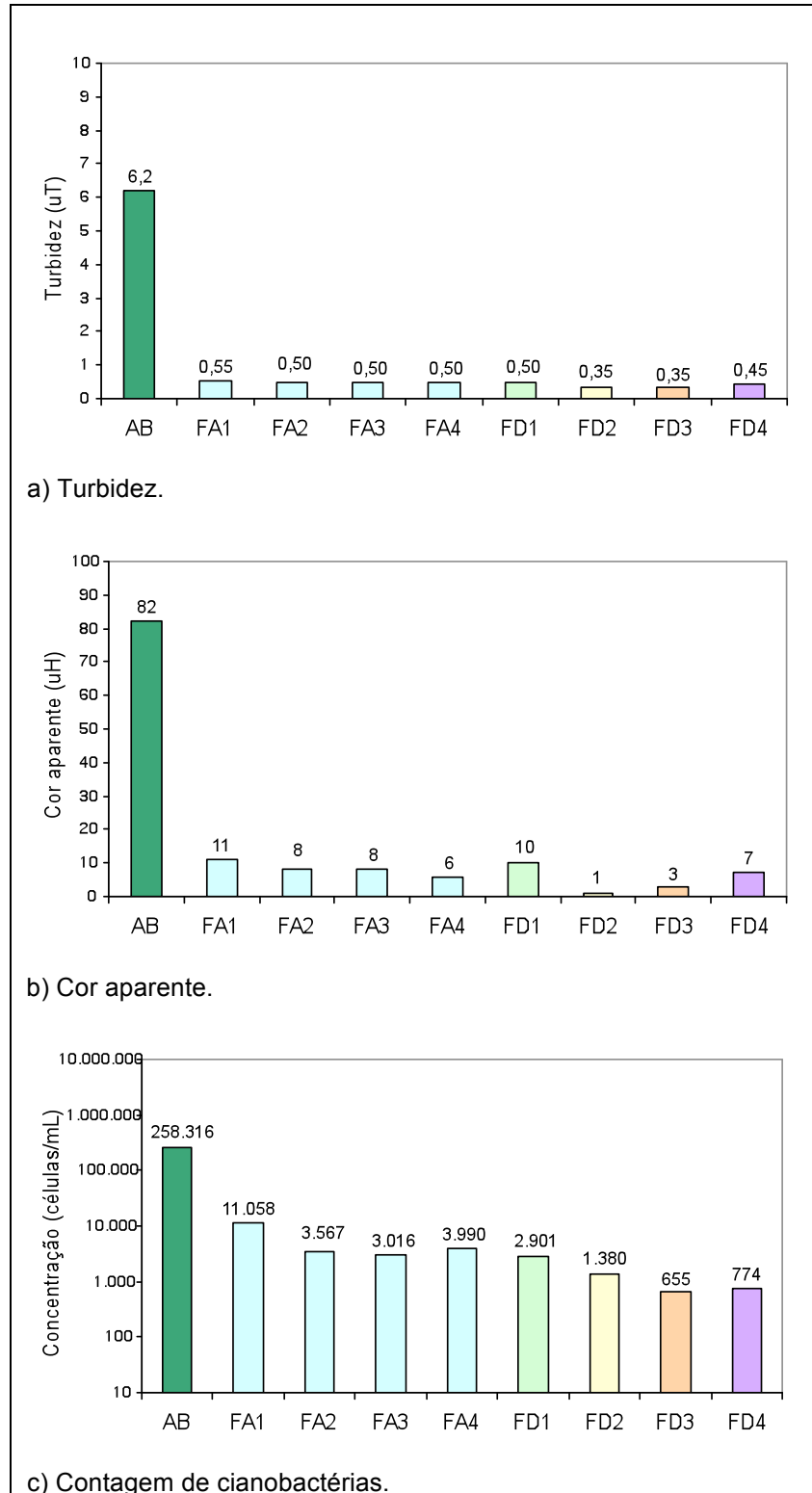


FIGURA 9– Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 15 mg/L de HCA e 1,5 mg/L de polímero com OEF (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄). Carreira de filtração 6.

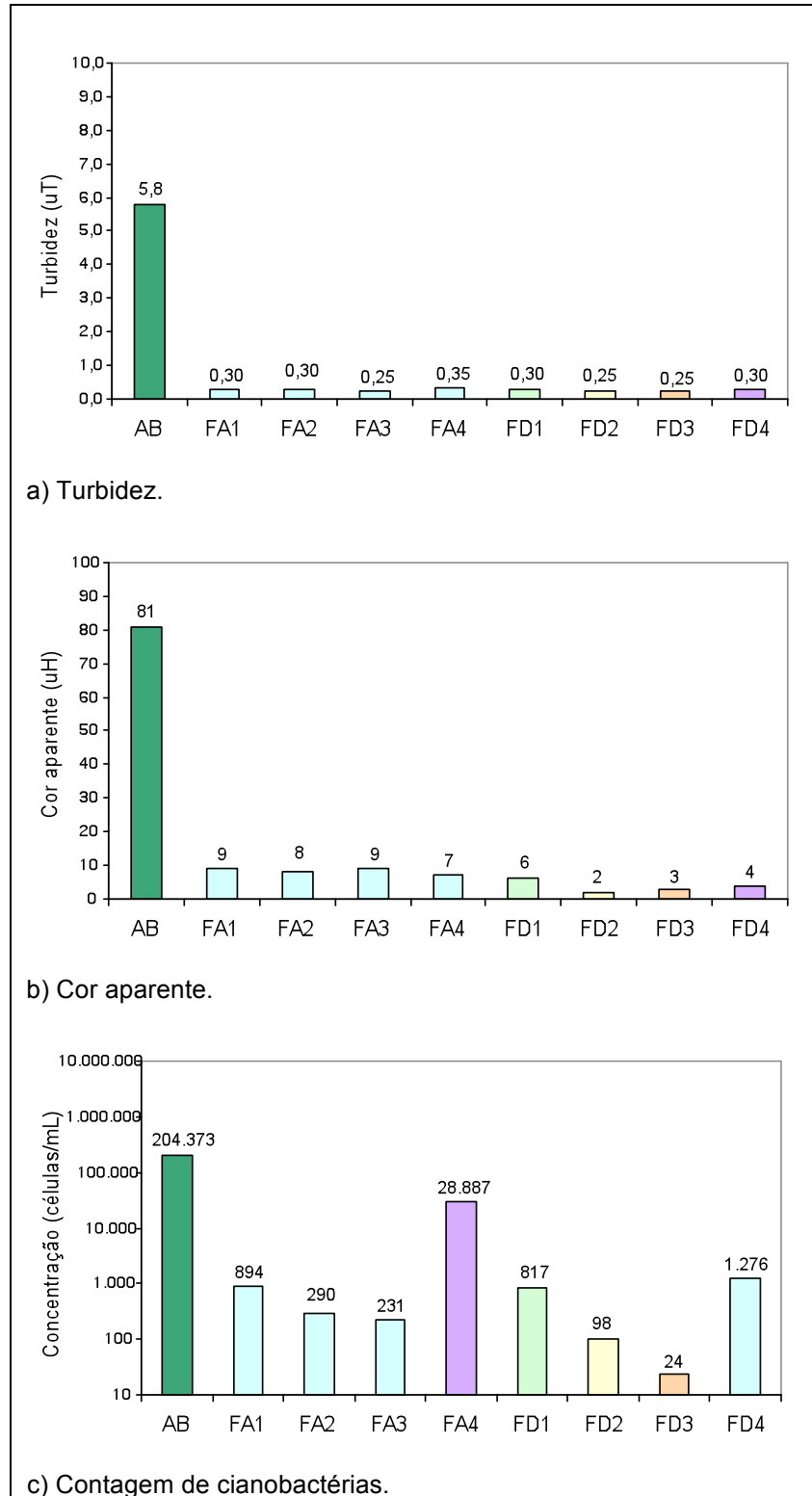


FIGURA 10– Remoção de turbidez, cor e células de cianobactérias. Coagulação com 20 mg/L de HCA e 2,0 mg/L de polímero com OEF* (unidade 1 = sem oxidante, unidade 2 = 2,0 mg/L de Cl₂, unidade 3 = 1,0 mg/L de ClO₂ e unidade 4 = 0,25 mg/L de KMnO₄. Carreira de filtração 7.

*Nota: o ensaio na unidade 4 foi realizada com OAF.

CONCLUSÕES

A tecnologia de tratamento por dupla filtração, empregada no tratamento de água eutrofizada, mostrou-se capaz de promover a remoção de células de cianobactérias em percentuais superiores a 99,0%.

A oxidação com cloro e com dióxido de cloro aumentou a remoção de células de cianobactérias, tendo sido observadas percentuais de remoção superiores a 99,9%.

As dosagens de permanganato de potássio utilizadas nas carreiras de filtração não mostraram eficiência que justifique sua aplicação; os resultados obtidos com o uso da oxidação com permanganato de potássio foram semelhantes aos resultados observados sem a utilização de oxidação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Di Bernardo, L. (coordenador). (2003). Tratamento de água para abastecimento por filtração direta, ABES, RiMa, Rio de Janeiro.
2. GRAHAM, N. J. D.; WARDLAW, V. E.; PERRY, R.; JIANG, J. The significance of algae as trihalomethane precursors. *Water Science and Technology*, v. 37, n. 2, p. 83-89. 1998.
3. JACK, J.; SELLERS, T.; BUKAVECKAS, P. A. Algal production and trihalomethane formation potential: an experimental assessment and inter-river comparison. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 59, p. 1482-1491. 2002.
4. KRASNER, S. W. Chemistry of disinfection by-product formation. In: SINGER, P. C. (Ed.). *Formation and control of disinfection by-products in drinking water*. United States of American: AWWA, 1999. cap. 2, p. 27 - 52.
5. PLUMMER, J. D.; EDZWALD, J. K. Effect of ozone on disinfection by-product formation of algae. *Water Science Technology*, v. 37, n. 2, p. 49-55. 1998.