



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## **EFICIÊNCIA DA FLOTAÇÃO PARA REMOÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS**

Luciana, MACHADO<sup>1</sup>; Wilma, CARMO<sup>2</sup>; Silvia, MOREIRA<sup>3</sup>.

1 – Bióloga, Especialista em Saúde Pública e em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, Mestre em Engenharia do Meio Ambiente, Responsável Técnica pela produção de Água do Sistema Produtor João Leite da Saneamento de Goiás em Goiânia, Goiás. Rua 74, nº 240, apto. 903, Torre Paz, Jardim Goiás, Goiânia-GO, Brasil, CEP 74.810-380. [lmachado@saneago.com.br](mailto:lmachado@saneago.com.br)

2 - Bióloga, Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, Mestre em Engenharia do Meio Ambiente, atua como Técnica Industrial no Sistema Produtor João Leite da Saneamento de Goiás em Goiânia, Goiás. [wilma@saneago.com.br](mailto:wilma@saneago.com.br)

3 - Bióloga, Mestre em Ecologia e Desenvolvimento Sustentável, atua no Laboratório de Hidrobiologia da Saneamento de Goiás, Professora na Secretaria Estadual de Educação de Goiás. [silviamoreira@saneago.com.br](mailto:silviamoreira@saneago.com.br)

### **Resumo**

Estudo realizado na cidade de Goiânia, Goiás, Centro Oeste brasileiro. Este trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência da remoção de cianobactérias através da flotação. Descreve os resultados das três etapas das análises realizadas em flotatestes, empregando a técnica de flotação por ar dissolvido com diferentes dosagens de coagulante Sulfato de Alumínio, de acordo com as características da água bruta. Para conclusão das melhores dosagens e do melhor processo de tratabilidade (decantação ou flotação) realizou-se o cálculo da eficiência da remoção de turbidez e cor aparente, além da análise quantitativa do fitoplâncton remanescente nos respectivos processos. Conclui-se que: a flotação é uma boa tecnologia de tratabilidade de água, indicada principalmente para águas com presença de cianobactérias e outras algas; com uma dosagem de 15 mg/L do coagulante sulfato de alumínio e recirculação de 15% a 20%, obteve-se uma remoção de cor em 56,78% e de turbidez em 86,00% além de uma redução considerável do número de células de cianobactérias em relação ao processo de decantação; as espécies de cianobactérias encontradas na água de estudo são potencialmente tóxicas, um alerta a potenciais problemas de saúde pública, embora não estejam produzindo cianotoxinas, requerem cuidados quanto a sua presença.

**Palavras-chave:** Tratabilidade de água, Flotação, Decantação, Eficiência, Cianobactérias

**Tema:** Serviços de abastecimento, drenagem e tratamento de águas



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

## 1. INTRODUÇÃO

Os principais indicadores da qualidade da água são separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. As mudanças nestes indicadores no manancial de captação, refletem a ocupação da bacia hidrográfica, afetando diretamente a tratabilidade da mesma, bem como a operação da estação de tratamento de água (ETA).

Geralmente a escolha do manancial, dependendo do grau de comprometimento, poderá afetar os custos operacionais e a escolha de tecnologias para potabilização, que na maioria das vezes é realizada em ETAs do Tipo Completo (coagulação, floculação, decantação/flotação, filtração, desinfecção e fluoretação (Di Bernardo, 2008). Atendendo as legislações específicas que referem-se aos padrões para consumo humano, no caso do Brasil, a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011.

O Ribeirão João Leite é um dos principais mananciais de abastecimento público para a cidade de Goiânia, capital do Estado de Goiás e região conurbada, onde 49% da população são atendidas por este recurso hídrico, cuja águas provêm de ambiente lântico (barramento em dezembro de 2009).

Quando da sucessão e evolução durante o enchimento do reservatório, decorreram em mudanças das características da água bruta, tanto no curso natural do rio a jusante quanto do barramento do mesmo, citamos: redução da correnteza, redução do oxigênio dissolvido, grandes massas de vegetação e baixa turbulência, ocorrendo aumento da cor, devido a capacidade solvente da água com a atividade da matéria orgânica sedimentada no fundo do reservatório em formação e a redução da turbidez, parâmetro este fundamental na operacionalidade da ETA (Tundisi, 2008).

As atividades antrópicas pontuais ou difusas, contribuem para o enriquecimento artificial, principalmente dos nutrientes como nitrogênio e fósforo, aliados a destruição da mata ciliar dos mananciais de recargas, resultando na eutrofização, que como consequência destaca-se a proliferação de organismos fitoplancônicos, como as cianobactérias que são os organismos mais frequentes em florações em águas de ambientes lânticos (Tundisi, 2008).

A seleção de tecnologias de tratamento de água devem satisfazer as múltiplas barreiras, que visam a redução dos riscos, onde a aplicabilidade de tratamento integrado minimiza os efeitos. O ambiente antrópico proporciona em conjunto a grande degradação do ambiente, aumentando as ofertas de nitrogênio e fósforo para os ambientes aquáticos, responsáveis pelo incremento de fitoplâncton no curso hídrico. Se tratando de um ambiente totalmente lântico, como é o caso do Reservatório do Ribeirão João Leite, requer maior atenção quanto aos riscos com relação a potabilidade desta água no processo de tratamento e sua operacionalidade na remoção destes microrganismos. A busca por tecnologias apropriadas requer conhecimentos tecnológicos, de forma a contribuir de maneira integrada o custo benefícios para projetar, construir e manter todo o processo operacional. Neste caso, além do sistema de ciclo completo, muito empregado como tecnologia de ponta, tem-se a flotação que é uma técnica de clarificação da água pela ascensão das partículas suspensas aderidas às microbolhas de ar. Existem três tipos de flotação: eletrostática (uso de corrente elétrica); por ar disperso (uso de produtos químicos) e por ar dissolvido (pressurização). Sendo este último, utilizado através de um flotador adaptado ao equipamento de jar-test nestes ensaios em bancada.

A opção para uso de flotação como alternativa, aplica-se a águas que apresentam elevados números de algas e/ou cor verdadeira e na remoção de flocos leves. Esta tecnologia apresenta vantagens sobre a decantação/sedimentação como: possibilidade de produção de água de melhor qualidade; operações e taxas de aplicação mais altas resultando em ETAS mais compactas e início de operação mais rápidas, além de apresentar concentrações significativas de sólidos no lodo, superior à produção na sedimentação.

Este trabalho descreve os resultados das análises realizadas em flotatestes, empregando a técnica de flotação por ar dissolvido com diferentes dosagens de coagulantes, conforme mudanças nas características da água bruta.

## 2. OBJETIVO

Avaliar a eficiência da remoção de cianobactérias através do teste de flotação em escala de bancada.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

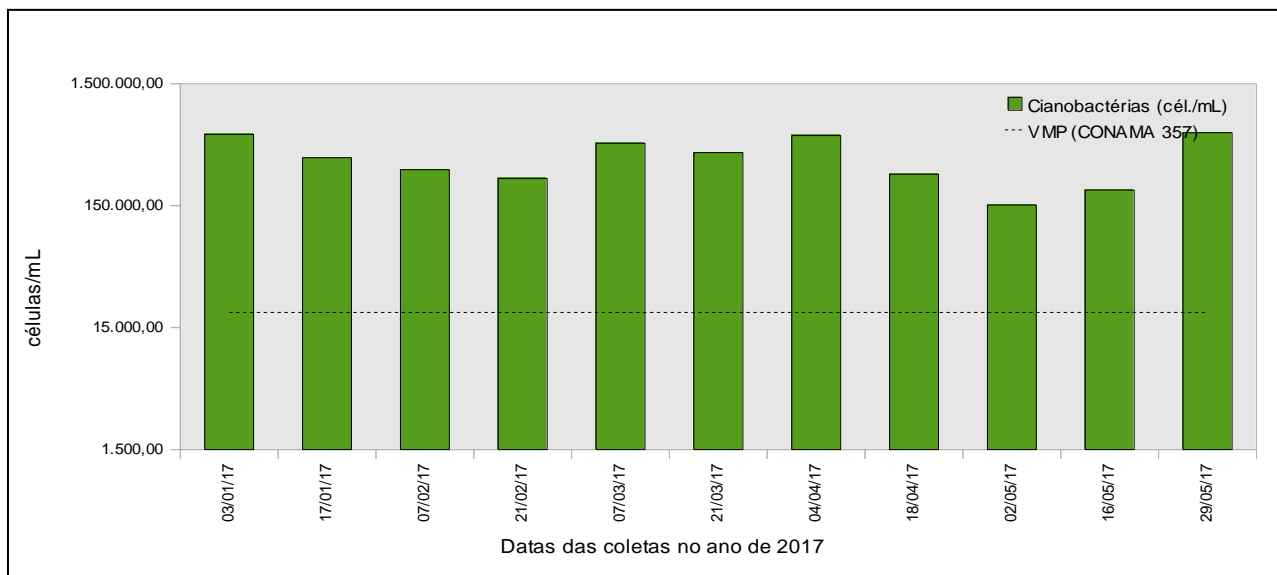
### 3.1. Captação de água

A água de estudo foi coletada no Reservatório do Ribeirão João Leite, no Ponto 24 (superfície). A coleta procedeu com auxílio de uma garrafa de Van Dorn, e armazenada em recipiente de 50 Litros. Depois de coletada, a água foi transportada para o Laboratório da ETA Jaime Câmara, para execução da tratabilidade conforme protocolo proposto em função das características da água bruta. Na tabela 1 descreve as características da amostra no momento da coleta.

**Tabela 1. Características físico-químicas da amostra.**

Parâmetros Físico-Químicos	Resultados
Aspecto	Límpida
Depósito	Pouco
Odor	Ausente
Temperatura do ar (°C)	22
Temperatura da água (°C)	26,3
Turbidez (uT)	5
Cor Aparente (uH)	19,9
pH	7,7
Alcalinidade (mg/L) de CaCO <sub>3</sub>	49
Matéria Orgânica (mg/L) de O <sub>2</sub>	2,6

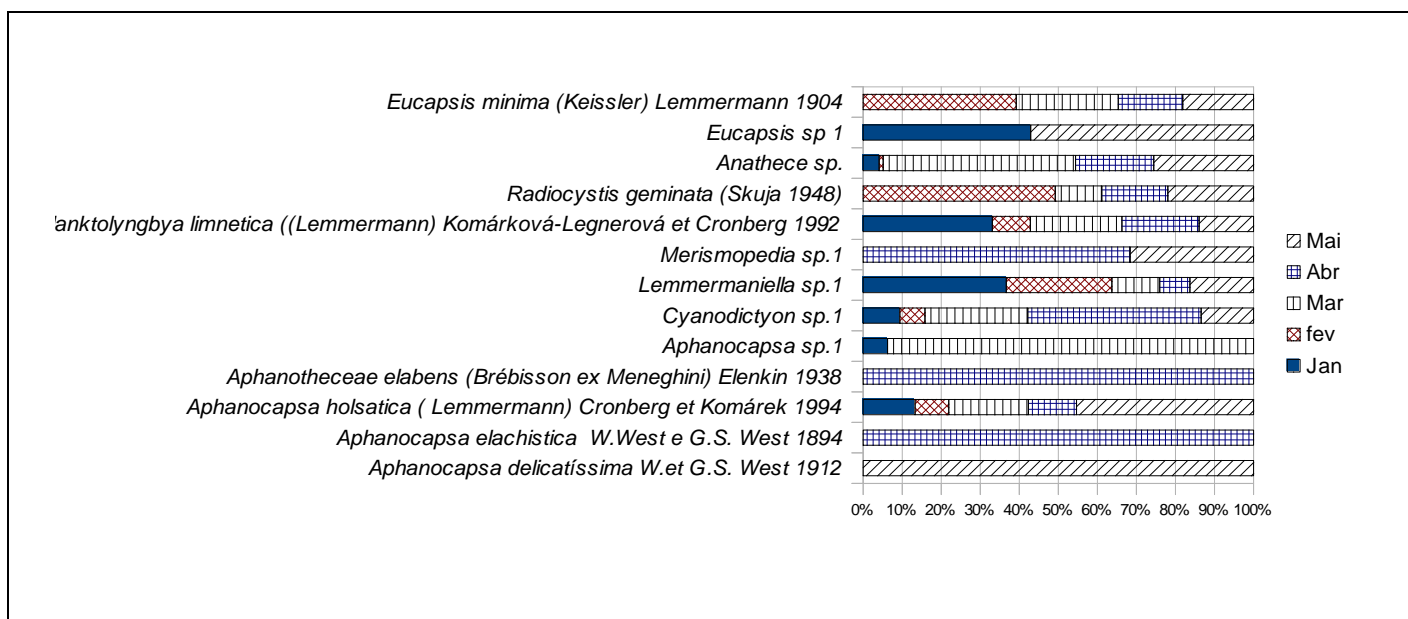
Na figura 1, encontra-se o quantitativo de cianobactérias no período de Janeiro a Maio de 2017, resultados das campanhas periódicas de monitoramento do Reservatório. Nota-se que na maioria das coletas os valores superaram o recomendado pela Resolução do



CONAMA nº 357/2005, para a classe 2.

**Figura 1. Número de Cianobactérias identificadas no período de janeiro a maio de 2017**

Na figura 2, observa-se as principais espécies de Cianobactérias identificadas e quantificadas na água bruta, do Ponto 24 (Superfície), no período de janeiro a Maio de 2017.

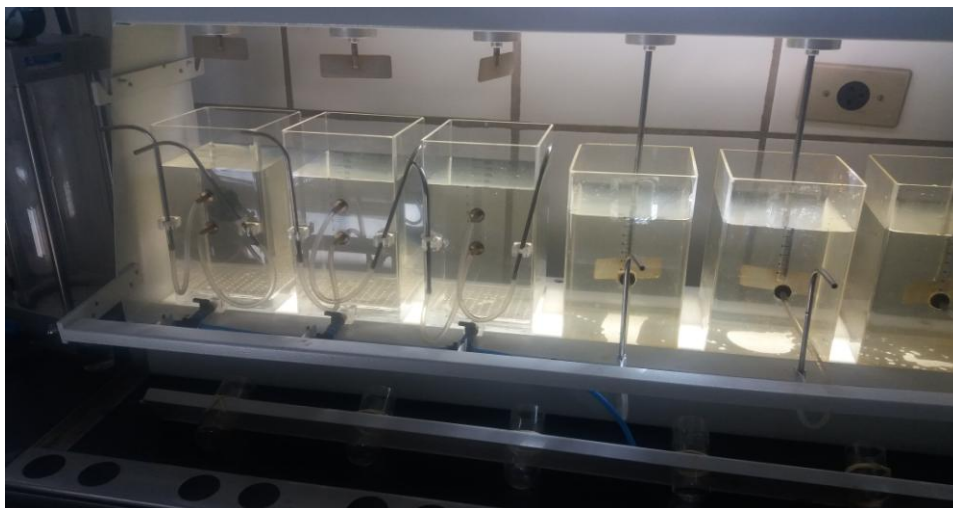


**Figura 2. Espécies de Cianobactérias identificadas no período de janeiro a maio de 2017**

### 3.2. Ensaios de Tratabilidade da água

Para os ensaios de tratabilidade da água, utilizou-se os seguintes equipamentos:

3.2.1. Aparelho de JAR-TEST – Marca Nova Ética (Figura 3), com capacidade para 6 jarros de 2 litros, lâmina do rotor 7,5cm x 2,5cm.



**Figura 3. Equipamento Jar-test**

3.2.2 Equipamento Flotatest (Figura 4) com câmara de pressurização, 3 jarros para coagulação-floculação-flotação (adaptado).



**Figura 4. Equipamento Flotatest**

**Princípio do Método:** Foi necessária a saturação da água de recirculação com ar, dissolvendo-o em pressão superior à atmosfera.

**Taxa de Recirculação:** (TR) - volume de água saturada com ar injetado nos jarros. É a medida indireta da quantidade de bolhas inseridas nos jarros e estará relacionados ao percentual de volume de água saturada com o referente ao volume de água produzida. O exemplo a seguir refere-se ao volume do jarro (2L).

Ex.: 5% - injetados 100 mL de água saturada;

10% - injetados 200 mL de água saturada;

15% - injetados 300 mL de água saturada;

20% - injetados 400 mL de água saturada.

E os demais equipamentos, como:

3.2.3 Aparelho de Turbidez HACH 2.100P – Determinação da turbidez.

3.2.4 Aparelho Colorímetro ( Aquacolor/Policontrol) – Determinação de cor aparente.

3.2.5 Aparelho de pH Digimed DM20 – Determinação do pH.

3.3 As condições programadas no JAR-TEST foram similares aos gradientes hidráulicos da ETA Jaime Câmara, conforme relacionados na Tabela 2.

**Tabela 2. Características das condições da realização dos ensaios de jarteste e flotatest**

Agitação Rápida	450 RPM	20 seg.
Aplicação dos Polímeros	190 RPM	1 min.
Agitação lenta	32 RPM	20 min.
Decantação	-	5 min.
Flotação	-	5 min

#### 4. Estudo de Caso

Em investigação experimental, foi verificada a influência de coagulação, mistura rápida, floculação e flotação por ar dissolvido.

##### Primeira Etapa





7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
**NOVOS  
DESAFIOS**

Os jarros de 1 a 3 foram testados a flotação com recirculação de 20%, com as dosagens de 5, 10 e 15 mg/L de sulfato de Alumínio. Os jarros de 4 a 6 foram testados a decantação com as dosagens de 5, 10 e 15 mg/L de Sulfato de Alumínio como coagulante.

### **Segunda Etapa**

Os jarros de 1 a 3 foram testados a flotação com recirculação de 15, 10 e 10% respectivamente, com as dosagens de 5, 10 e 15 mg/L de Sulfato de Alumínio. Os jarros de 4 a 6 foram testados a decantação com as dosagens de 5, 10 e 15 mg/L de Sulfato de Alumínio como coagulante e 0,10 mg/L de polímero como auxiliar de coagulação.

### **Terceira Etapa**

De posse da melhor dosagem do coagulante sulfato de alumínio (15 mg/L), variou-se os percentuais de recirculação, sendo utilizados 5%, 10% e 15%, respectivamente para os jarros 1, 2 e 3.

Em todas as etapas foram coletadas amostras para análises físico químicas e contagem de fitoplâncton em cada um dos jarros. Para conclusão das melhores dosagens e do melhor processo de tratabilidade (decantação ou flotação) realizou-se o cálculo da eficiência da remoção de turbidez e cor aparente, além da análise quantitativa do remanescente de cianobactérias nos respectivos processos.

## **5. RESULTADOS**

5.1. Para melhor interpretação, os resultados dos ensaios e os cálculos das eficiências obtidas encontram-se resumidas nas tabelas 3, 4 e 5 a seguir:

Na primeira etapa, a dosagem de 15 mg/L de sulfato de alumínio com recirculação de 20%, houve uma melhor redução de cor e turbidez na água decantada, obtendo-se uma eficiência de 86% e de 56,28% para a remoção de turbidez e de cor, respectivamente. Sendo os valores remanescentes para turbidez e cor aparente mais aceitáveis para o processo de flotação quando comparados aos obtidos pelo processo de decantação.

**Tabela 3. PRIMEIRA ETAPA- Resultados da tratabilidade da água obtidos com dosagem de 15mg/L de sulfato de alumínio, 20% de recirculação (flotação) e 5 minutos de decantação.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Água Bruta</b>	<b>Água decantada</b>	<b>Água Flotada</b>
Turbidez (uT)	5	1,62	0,70
Cor Aparente (uH)	19,9	11,7	8,70
pH	7,7	7,93	7,91

Na segunda etapa, com dosagem de 15 mg/L de sulfato de alumínio mais 0,10 mg/L de polieletrólito (somente para os jarros de decantação), os resultados obtidos foram bem semelhantes aos obtidos no processo de flotação com a mesma dosagem e 10% de recirculação. Apresentando eficiências de remoção de turbidez e cor bem similares.

**Tabela 4. SEGUNDA ETAPA- Resultados da tratabilidade da água obtidos com dosagem de 15mg/L de sulfato de alumínio + 0,10 mg/L de polieletrólito (decantação), 10% de recirculação (flotação) e 5 minutos de decantação.**

Parâmetros	Água Bruta	Água decantada	Água Flotada
Turbidez (uT)	5	0,68	0,74
Cor Aparente (uH)	19,9	9,10	9,60
pH	7,7	6,97	6,88

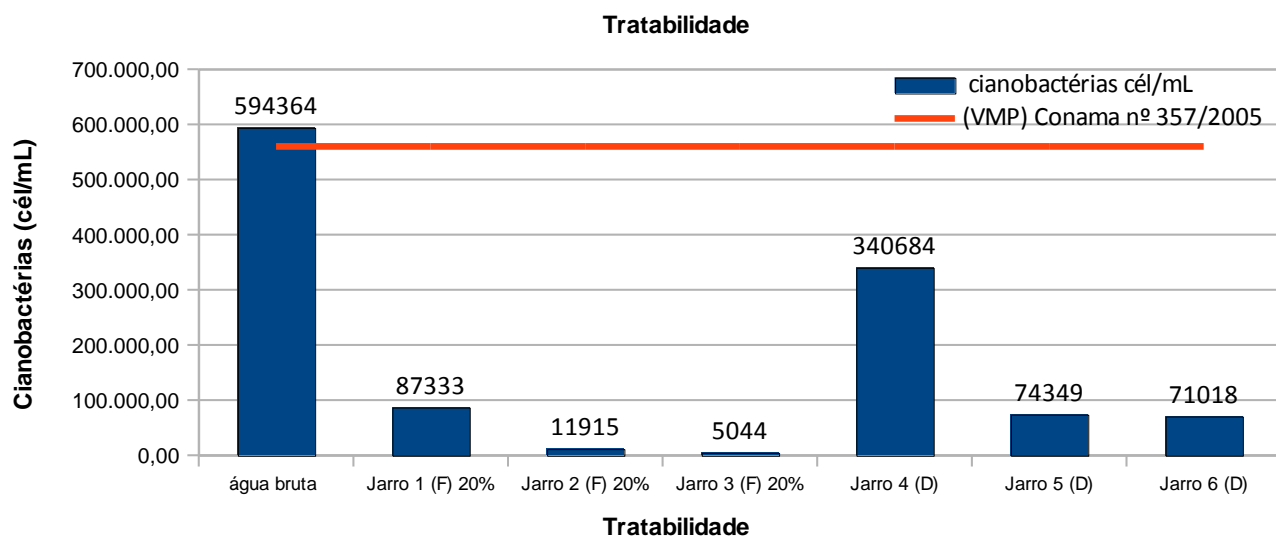
Na terceira etapa foi utilizada somente a dosagem de 15 mg/L de sulfato de alumínio, por apresentar melhores resultados de remoção de turbidez e cor aparente na primeira e na segunda etapa. Neste ensaio objetivou-se avaliar qual a melhor recirculação para o processo de flotação, assim sendo, utilizou-se as concentrações de 5%, 10% e 15% de recirculação para os jarros 1, 2 e 3, respectivamente. Não foi realizado jarros na decantação durante esta etapa.

**Tabela 5. TERCEIRA ETAPA- Resultados da tratabilidade da água obtidos com dosagem de 15mg/L de sulfato de alumínio, com 5%, 10% e 15% de recirculação (flotação).**

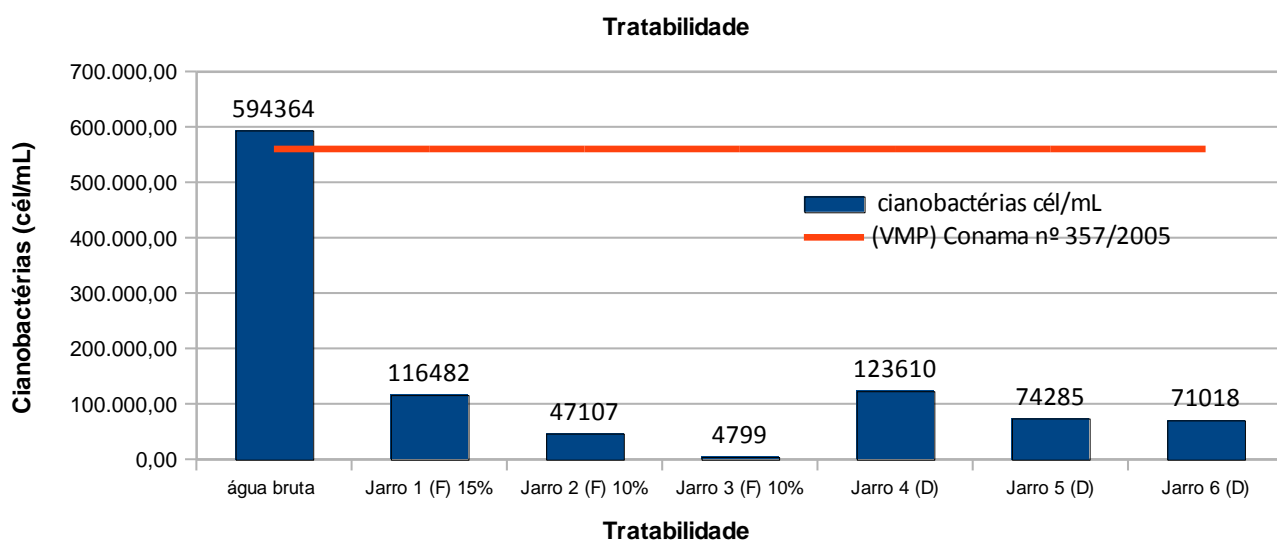
Parâmetros	Água Bruta	Água Flotada		
		Recirculação		
		5%	10%	15%
Turbidez (uT)	5,00	0,54	0,70	0,78
Cor Aparente (uH)	19,9	7,6	6,5	8,6
pH	7,70	7,55	7,48	7,45

Nas figuras 5, 6 e 7 observam-se a remoção de cianobactérias (cél/mL) durante o processo de flotação (Jarros 1, 2 e 3) e decantação (Jarros 4, 5 e 6), durante o processo de tratabilidade da água, através de reatores estáticos Jar-test e Flotatest.

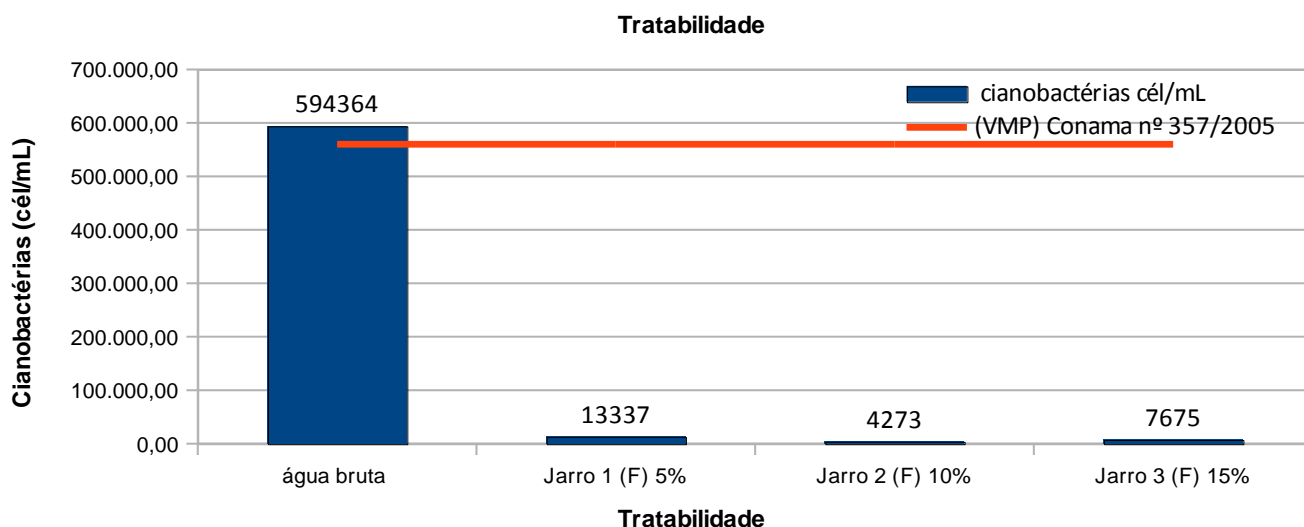




**Figura 5. Quantitativo de cianobactérias (cél/mL), água bruta e após a tratabilidade – Etapa 01**



**Figura 6. Quantitativo de cianobactérias (cél/mL), água bruta e após a tratabilidade – Etapa 02**



**Figura 7. Quantitativo de cianobactérias (cél/mL), água bruta e após a tratabilidade – Etapa 03**

## 6. CONCLUSÕES

- 1) A flotação é uma boa tecnologia de tratabilidade de água, indicada principalmente para águas com presença de cianobactérias e outras algas.
- 2) A dosagem de 15 mg/L do coagulante sulfato de alumínio, removeu cor (56,78%) e turbidez (86,00%) com recirculação de 15 a 20%.
- 3) Nos ensaios de flotação houve uma redução considerável do número de células de cianobactérias em relação à decantação, durante o processo de tratabilidade da água.
- 4) As espécies de cianobactérias encontradas na água de estudo são potencialmente tóxicas e sugerem problemas de saúde pública. Embora não produzindo cianotoxinas, requerem cuidados quanto a sua presença, principalmente em se tratando de ambiente lântico, como é o caso da Barragem do Ribeirão João Leite.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### a. Livro

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Ed. Washington S.C. 2012.



7, 8 e 9  
Março 2018  
ÉVORA  
Évora Hotel

GESTÃO DOS  
RECURSOS HÍDRICOS:  
NOVOS  
DESAFIOS

Maria do Carmo Carvalho et al, Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais, CETESB: São Paulo, 2013

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L.P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. Vol I e Vol II. LDiBe: São Carlos, 2008, 1529p.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P., Identificação e Contagem de Cianobactérias Planctônicas de Águas Continentais Brasileiras, Rio de Janeiro, 2006.

TUNDISI, J.G., TUNDISI, T.M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 96-100p.

UTERMÖL, H. Zur Vervollkommung der Quantitativw Phytoplankton metodik. Mitteilugen der Internationalen Vreinigung für theorestische und angewandle limnologie, Stuttgart, V.9. 1958.

#### b) Documentos Normativos Oficiais

Brasil Normas e Padrões de Potabilidade das Águas destinadas ao consumo humano. Normas Regulamentadoras Aprovadas pela Portaria nº 2.914 – Diário Oficial (da República Federativa do Brasil) Brasília, 2011.

BRASIL Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): Resolução Nº 357 - Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil. Diário Oficial (da República Federativa do Brasil) Brasília, 2005.

SANEAGO. Relatório de Monitoramento Intensivo na Área do Reservatório João Leite. Goiânia, 2010.

#### c) Dissertação e Tese

RABELO, C. G. Mapeamento de áreas vulneráveis para a qualidade das águas superficiais na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite (GO) utilizando técnicas de geoprocessamento. Dissertação (Mestrado) – UFG, Goiás, Goiânia, 2009.