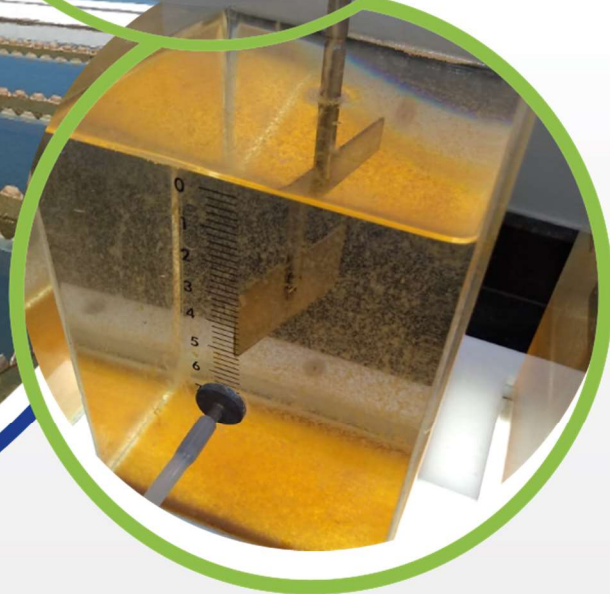


**RELATÓRIO TÉCNICO PARA OPERAÇÃO
DE ETA'S COM CAPTAÇÃO DE ÁGUA
COM FLORAÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS**



Andreia Souza Regis
fevereiro de 2021

R337f

Regis, Andreia Souza.

Relatório técnico para operação de ETA'S com captação de água com floração de cianobactérias. / Andreia Souza Regis. – Recife, PE: O autor, 2020.

11 f.: il. ; color ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo José Alécio de Oliveira.

Relatório Técnico apresentado como produto da dissertação do Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, IFPE, 2020.

Inclui referências e anexos.

1. Cianobactéria. 2. Tratamento - Água. 3. Água. 4. Gestão Ambiental. I. Oliveira, Eduardo José Alécio de. (Orientador). II. Título.

589.46

CDD (22 Ed.)

INTRODUÇÃO

As atividades exercidas pelo ser humano ao longo dos anos visando o desenvolvimento econômico, aumentando assim, a necessidade de exploração dos recursos hídricos para agricultura, indústria, dentre outras atividades, bem como o crescimento populacional, tem causado a degradação dos recursos hídricos pela destruição da mata ciliar, das florestas e do aporte de fósforo e nitrogênio. A contaminação por efluentes domésticos e industriais tem causado vários problemas de saúde pública, como a contaminação de mananciais por microrganismos patógenos, agrotóxicos, metais, dentre outros.

Neste contexto, os efluentes lançados sem tratamento ou com tratamento deficitário, apresentam alto teor de compostos orgânicos em sua composição, que aliados às elevadas temperaturas do território brasileiro propiciam a proliferação das cianobactérias em reservatórios de água utilizados para o abastecimento público. Essas cianobactérias podem apresentar produção de metabólitos potencialmente tóxicos aos seres aquáticos e humanos, denominados de cianotoxinas.

Quando em concentrações elevadas, as cianobactérias podem conferir sabor e odor à água, bem como sua presença nos sistemas de tratamento de água provocam baixa eficiência na capacidade de tratamento, ocorrendo uma menor eficiência na decantação e sobrecarga nos filtros (BITTENCOURT-OLIVEIRA; MOLICA, 2003).

A eutrofização dos mananciais provoca o aumento da matéria orgânica e das cianobactérias, não sendo neste caso adequado o uso do cloro como agente oxidante, pois, em seu processo de reação pode ser obtido como subproduto desta oxidação compostos halogenados carcinogênicos, denominados tri-halometanos e ácidos haloacéticos (TANGERINO, DI BERNARDO, 2005).

As algas e cianobactérias podem causar sérios problemas operacionais nas ETA's, podendo flotar nos decantadores e serem carregadas para os filtros, obstruindo-os em poucas horas de funcionamento. Quando presentes em grandes quantidades, algumas cianobactérias podem provocar odor na água tratada e podem ter a possibilidade de liberar toxinas extremamente perigosas ao ser humano (DI BERNARDO *et al*, 2010).

OBJETIVOS

- Orientar as Estações de Tratamento de água em relação ao manejo de captação e tratamento da água, em função das possibilidades de florações de cianobactérias indicadas por variáveis abióticas físicas, químicas e físico-químicas da água.
- Propor um projeto de concepção de tratamento para Estações de Tratamento de Água que apresentem problemas por florações de cianobactérias.

MATERIAS E MÉTODOS

O estudo foi realizado a partir de amostras coletadas em quatro reservatórios de água doce e eutróficos localizados no Estado de Pernambuco (Região Nordeste do Brasil). Os reservatórios estudados apresentam histórico de concentrações de cianobactérias acima de 10.000 cél/mL, incluindo gêneros potencialmente produtores de cianotoxinas. Os reservatórios objeto de estudos foram os da Barragem Tapacurá, Barragem Carpina, Barragem Mundaú e Barragem Pedro Moura Júnior. O período estudado foi de dez anos (2010 a 2020), sendo os dados provenientes dos resultados do monitoramento do Laboratório Central da Gerência de Controle de Qualidade da COMPESA.

Utilizou-se um software estatístico R (versão 4.0.2, pacote *vegan*) para avaliar a influência das análises físicas, químicas e físico-química e de metais, sobre as densidades (células/mL) dos gêneros de cianobactérias. Também se verificou a abundância da presença dos gêneros nos reservatórios estudados através da classificação proposta por Lobo e Leighton (1986).

Pela análise dos resultados, baseado no resultado histórico do monitoramento real dos reservatórios, indicou-se quais alterações de parâmetros devem gerar um sinal de alerta para o controle operacional, bem como qual tipo de tratamento é o mais indicado para reservatórios que apresentam histórico de floração de cianobactérias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cianobactérias mais frequentes identificadas nos episódios de densidade acima de 20.000cél/mL pertenciam ao gênero potencialmente tóxico *Raphidiopsis/Cylindrospermopsis*, as quais foram encontradas em todos os reservatórios em condição abundante.

Segundo a análise estatística utilizada, pôde-se observar que maiores valores de cor, turbidez e pH e menores concentrações de dureza favorecem o crescimento de cianobactérias dos gêneros *Microcystis* e *Raphidiopsis/Cylindrospermopsis*. Por outro lado, o aumento da dureza e do pH favoreceram o crescimento de cianobactérias do gênero *Planktothrix*.

Tendo em vista que os parâmetros cor, pH e turbidez são parâmetros de controle operacional das ETA's, é possível prever através das alterações desses valores, a possibilidade da ocorrência da floração de cianobactérias, tendo que ser adotadas medidas para contenção

das florações como uso do carvão granulado e instalação de lonas de proteção UV para inibir a incidência da luz direta nos decantadores, inibindo a proliferação de cianobactérias. Valores de pH, cor e turbidez, superiores a 8, 100 uH e 15 NTU respectivamente já caracterizam um sinal de alerta para possíveis florações.

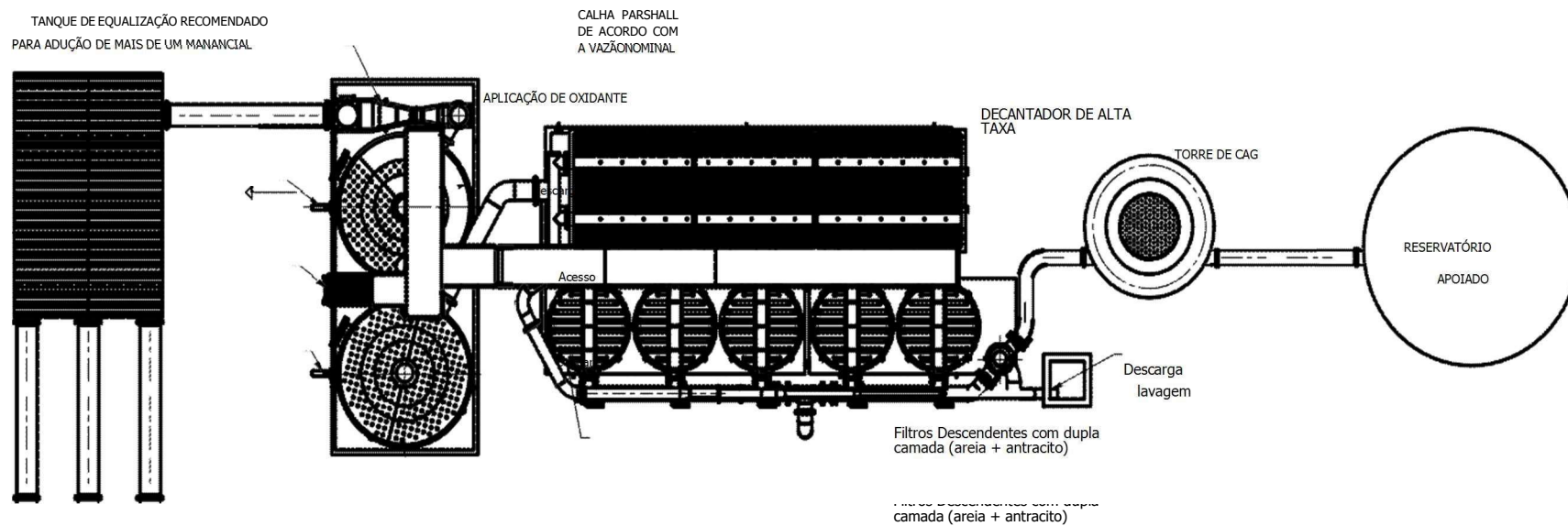
Abaixo é apresentada uma Tecnologia de Tratamento para águas eutrofizadas, visando a maior eficiência no processo de remoção das cianobactérias e cianotoxinas.

PROJETO DE CONCEPÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO COM CAPTAÇÃO DE ÁGUA EUTROFIZADA, EM ESTAÇÕES DE CICLO COMPLETO/CONVENCIONAL/CLÁSSICA

Este relatório apresenta as recomendações para adequações de unidades de tratamento de água para consumo humano para captação de águas eutrofizadas. O projeto foi produzido no setor de Tratamento da Gerência de Controle de Qualidade da Compesa, que é reponsável pela indicação de melhores propostas de concepção de tratamentos visando o atendimento do parâmetros solicitados pelo anexo XX as Portaria de Consolidação nº 05.

A unidade é composta das etapas de tratamento com oxidante, tanque de equalização, coagulação, floculação, decantação, filtração e tratamento com carvão ativado granulado (CAG), conforme esquematizado na Figura 1.

Figura 1: PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO COM CAPTAÇÃO DE ÁGUAS EUTROFIZADAS.



ENTRADA DE ÁGUA BRUTA NO TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

1. TRATAMENTO COM OXIDANTE NA ÁGUA BRUTA ADUZIDA

A recomendação é o uso de um oxidante em ponto mais distante da ETA. O tempo de contato é fator determinante para o sucesso do tratamento. Tempos inferiores a 10 minutos não são recomendados, principalmente se a unidade de tratamento aduzir água de diversos mananciais.

2. TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

O tanque de equalização em uma ETA de ciclo completo tem a função de receber a água bruta aduzida e depois transportar para a unidade de tratamento. Opera como um pré-sedimentador e equalizador, quando há vários mananciais a serem tratados. Geralmente é inserido em projetos onde há problema com águas eutrofizadas, para realizar diluições com os mananciais aduzidos.

3. COAGULAÇÃO

A recomendação para mananciais eutrofizados é o uso de coagulantes de ferro ou o uso de cloreto de polialumínio (PAC) e um auxiliar de coagulação com polímero catiônico, utilização de calha parshall com lâmina de 10 cm e canal alternativo com tempo de detenção hidráulico de 15 a 20 segundos (cloreto de polialumínio necessita de um tempo maior na coagulação).

Algumas proteínas de cianobactérias possuem grande afinidade com metais, e podem consumir os coagulantes e também reduzir a eficiência da coagulação devido a formação de complexos entre proteína e metais (Takaara *et al.*, 2007). As algas são carregadas negativamente e muitas espécies possuem diâmetros inferiores a 10 μm , portanto os processos de coagulação e floculação são utilizados para ajustar o tamanho e a carga das células de forma adequada as estações de tratamento.

Algas e cianobactérias com células esféricas podem ser coaguladas por mecanismo de adsorção e neutralização de cargas (ETAs com concepção de Dupla Filtração, Filtração Ascendente em Pedregulho (FDP) e Filtração Direta Ascendente (FDA)), possibilitando a otimização da dosagem e coagulante (Bernhardt *et al.*, 1996). As microalgas não esféricas ou filamentosas necessitam de grandes quantidades de coagulantes para sua remoção, predominando o mecanismo de varredura (Vlaski *et al.*, 1996; Azevedo e Brandão, 2003). Por

estes motivos é importante conhecer quais os tipos de algas estão presentes no manancial.

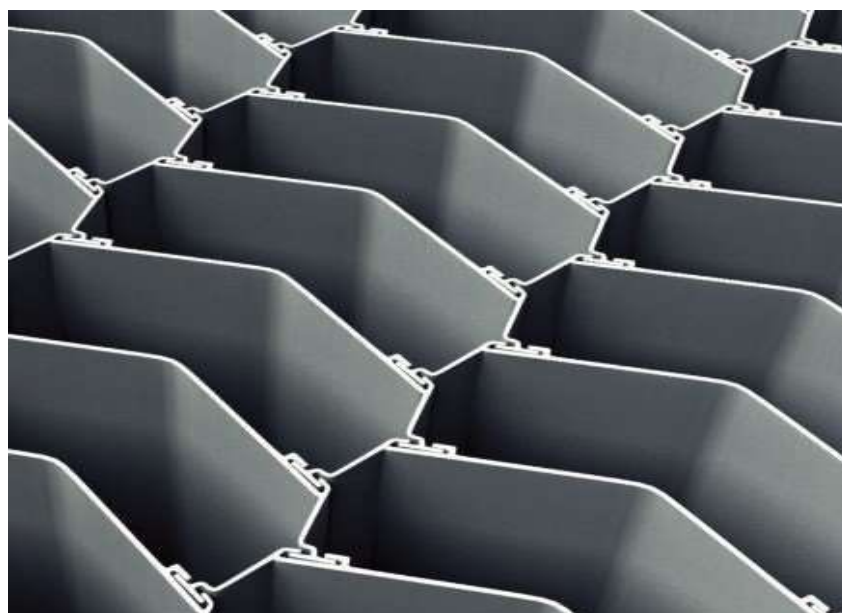
4. FLOCULAÇÃO

A recomendação da floculação para unidades que aduzem água eutrofizadas é o floculador mecanizado, pois possuem flexibilidade para alterar o módulo de rotação de acordo com a qualidade da água a ser tratada e o período do ano.

5. DECANTAÇÃO

O tipo de decantador indicado é o lamelar, de preferência com lamelas do tipo Chevron (Figura 2), cuja calha central foi especialmente projetada para facilitar a captação e o escoamento dos resíduos sólidos, ao mesmo tempo em que é a melhor solução geométrica encontrada para evitar entupimentos. Além de possuir uma elevada área superficial específica do componente, oferece maior resistência ao fluxo ascendente aquoso e, por conseguinte, aumento de sua velocidade ascensional, fator preponderante para a melhoria da precipitação dos flocos sólidos, que pode ser acelerada em até quatro vezes frente à característica da decantação natural.

Figura 2 - LAMELAS TIPO CHEVRON



Fonte: <https://www.petranova.com.br/site/index.php/modulos-para-decantadores>

A instalação de lonas para proteção UV nos decantadores (Figura 3), principalmente no verão, é recomendada para inibição da floração das cianobactérias.

Figura 3- LONAS DE PROTEÇÃO UV PARA DECANTADORES



Fonte: dalttax.com.br

6. FILTRAÇÃO

A concepção indicada para filtração é com operação hidráulica taxa constante, tendo como taxa máxima $300 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, e dupla camada (areia + antracito), lavagem com ar e água. A granulometria de tamanho efetivo 1 mm , cd (coeficiente de desuniformidade) $\leq 1,6$, espessura da camada de $0,9$ a $1,0 \text{ m}$.

7. TRATAMENTO COM TORRE DE CAG (CARVÃO ATIVADO GRANULADO)

O Carvão Ativado Granulado (CAG) é considerado até mais eficiente e seguro que o Carvão Ativado Pulverizado (CAP) para remoção de compostos orgânicos dissolvidos. No geral, o CAG é usado como meio filtrante de uma unidade da ETA e é recomendado para tratar águas que apresentam grandes quantidades de poluentes ou flutuações frequentes na qualidade da água bruta. Acredita-se que o filtro com CAG, além de adsorver os compostos

orgânicos dissolvidos, funciona como tratamento biológico, apresentando elevado potencial para realizar a biodegradação (DRIKAS, 1994; NEWCOMBE & NICHOLSON, 2004).

A recomendação é fazer um estudo em piloto para avaliar a performance de remoção de contaminantes na torre de CAG.

O tempo de detenção hidráulico (TDH) recomendado é de 20 a 30 minutos, a curva granulométrica ideal, assim como a porosidade, são especificadas em planta piloto.

A torre deve possuir desnível geométrico (em relação a saída dos filtros rápidos descendentes) de no mínimo 80 cm, para garantir a carga hidráulica mínima disponível. A saída da água no CAG deve possuir medidor de vazão para verificar a taxa de aplicação, e manômetro para acompanhamento de perda de carga. Uma perda de carga acima da carga hidráulica máxima disponível acarretará alteração na linha piezométrica da unidade de tratamento.

O carvão ativado é a alternativa para remoção das cianotoxinas liberadas pelas cianobactérias. A filtração em carvão apresenta perda de carga inferior, reduz o tempo de retrolavagem, produz água de qualidade superior à filtrada por filtros de camada simples, alcançando valores extremamente baixos de turbidez, cor, além de remoção de microrganismos patogênicos, além de ser facilmente adaptada a estações de tratamento já existentes. Após a filtração em carvão ativado, a água deve ser clorada, o que corresponde a etapa da desinfecção, para a água ser então distribuída à população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Toda e qualquer alteração de tratamento e adição de novos produtos químicos devem passar pelos ensaios de tratabilidade, visando assegurar a dosagem segura e econômica nos processos.
- O controle operacional das análises de pH, cor e turbidez necessitam de monitoramento e avaliação pelos operadores das ETA's. As variações ao longo do processo servirão como indicativos de possíveis florações de cianobactérias, conforme verificado nas análises estatísticas do monitoramento realizado entre 2010 e 2020 pelo Laboratório Central.
- Ações de curto e médio prazo, como a instalação de lonas e de filtro de Carvão Ativado Granulado nas ETA's com histórico de florações, são recomendadas para

inibição de crescimento e remoção das cianobactérias/cianotoxinas, respectivamente.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, S. M. F. O.; BRANDÃO, C.C.S. **Cianobactérias Tóxicas na Água para Consumo Humano na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano**. FUNASA/MS, Brasília, Brasil, 2003, 56p. BARBOSA, T.S. **Cianobactérias tóxicas e processos de remoção em Água para Consumo Humano**. FUNASA/MS, Brasília, Brasil, 2003, 56p.

BERNHARDT, H., CLASEN, J. 1994. **Investigations into the flocculation mechanisms of small algal cells**. *Journal of Water Supply Research and Technology – AQUA*; 43(5): 222–232.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, MARIA DO CARMO & MOLICA, R. "**Cianobactéria Invasora**", n. January 2003, 2003.

DI BERNARDO, L., MINILLO, A., DANTAS, A. D. B. **Florações de Algas e de Cianobactérias: suas influências na Qualidade da Água e nas Tecnologias de Tratamento**. São Carlos, [s.n.], 2010.

DRIKAS, M. et al. **Using coagulation, flocculation and settling to remove toxic cyanobacteria**. *Journal AWWA*, v. 93, n. 2, p. 100-111, fev. 2001.

LOBO, E., LEIGHTON, G. **Estructuras comunitarias de la fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la Zona Central de Chile**. *Revista de Biología marina*. [S.l: s.n.], 1986

NEWCOMBE, G. & NICHOLSON, B. (2004) **Water treatment options for dissolved cyanotoxins**. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, v. 53, n. 4, p. 227-239.

TANGERINO, E. P., DI BERNARDO, L. "**REMOÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS POR MEIO DA OXIDAÇÃO COM OZÔNIO E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E FINE REMOVAL OF HUMIC SUBSTANCES BY MEANS OF OXIDATION WITH OZONE AND HYDROGEN PEROXIDE AND FINE RESUMO**", *Engenharia sanitária ambiental*, v. 10, n. 4, p. 290–298, dez. 2005. DOI: 10.1590/S1413-41522005000400005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000400005&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 16 jun. 2018.

TAKAARA, T., SANO, D., KONNO, H., *et al.* "Cellular proteins of *Microcystis aeruginosa* inhibiting coagulation with polyaluminum chloride", *Water Research*, v. 41, n. 8, p. 1653–1658, abr. 2007. DOI: 10.1016/j.watres.2007.01.035. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135407000735>.

Vlaški, A. & Breemen, A.N. & Alaerts, Guy. (1996). **The algae problem in the Netherlands from a water treatment perspective**. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*. 45. 184-194.