



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO – PRPI
DIRETORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA – DEAD
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ELABORAÇÃO E GERENCIAMENTO DE
PROJETOS PARA GESTÃO MUNICIPAL DE RECURSOS HÍDRICOS
POLO: BRASÍLIA
TURMA: I**

JULIANA CRISTINA DE SOUSA

**USO DO FILTRO DE PEDRAS NA REDUÇÃO DA DENSIDADE DE
CIANOBACTÉRIAS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**

**GOIÂNIA-GO
2018**

JULIANA CRISTINA DE SOUSA

USO DO FILTRO DE PEDRAS NA REDUÇÃO DA DENSIDADE DE
CIANOBACTÉRIAS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Especialização em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para Gestão Municipal de Recursos Hídricos do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCe – como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.
Orientadora: Prof^a. Ma. Dayane de Andrade Lima
Coorientadora: Ma. Samara Monayna Alves Vasconcelos Carrilho

GOIÂNIA-GO
2018

JULIANA CRISTINA DE SOUSA

USO DO FILTRO DE PEDRAS NA REDUÇÃO DA DENSIDADE DE
CIANOBACTÉRIAS EM LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Especialização
em Elaboração e Gerenciamento de
Projetos para Gestão Municipal de
Recursos Hídricos do Instituto Federal de
Educação Ciência e Tecnologia do Ceará
– IFCe – como requisito parcial para
obtenção do título de Especialista.

Aprovada em ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ma. Dayane de Andrade Lima (orientadora) - Instituto Federal do Pará - IFPa

Ma. Samara Monayna Alves Vasconcelos Carrilho (co-orientadora)

Ma. Rafaela Wolff de Pina – Saneago

Prof^a. Ma. Andressa da Silva - Instituto Federal do Pará - IFPa

AGRADECIMENTOS

À Deus;

À minha família e amigos pelo incentivo e compreensão nos momentos de estresse e ausência;

À orientadora Dayane e à coorientadora Samara pelas contribuições;

Aos colegas de trabalho Mildó, Elaine, Eduardo e outros pelas valiosas sugestões e questionamentos;

A todos os colegas do laboratório de esgoto da Saneago pelas análises realizadas;

À Luanna e Mildó pela disponibilização dos dados da ETE Bela Vista;

À amiga Camila pela ajuda na construção do abstract;

Ao gerente Carlos e à supervisora Rafaela pelo apoio e incentivo.

RESUMO

O tratamento de esgoto doméstico por meio de lagoas de estabilização é o mais indicado para países em desenvolvimento, de clima quente e com disponibilidade de área. A operação é simples e requer poucos ou nenhum equipamento. É o sistema presente na maioria dos municípios goianos que possuem ETE, inclusive em Bela Vista de Goiás. Estes sistemas favorecem a proliferação de cianobactérias, organismos procariontes fotossintetizantes, importantes para o processo de tratamento de esgoto. No entanto, estes organismos constituem preocupação quando em grande número nos cursos hídricos, pois podem produzir toxinas capazes de causar efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde pública. Em função disso, é exigido o monitoramento destes organismos na água para abastecimento (Portaria MS 2.914/2011) e nos corpos receptores de efluentes (Resolução Conama 357/2005). Existem vários sistemas de pós tratamento de efluentes de lagoas de estabilização, que objetivam a remoção de sólidos em suspensão (algas). Após avaliação das vantagens e desvantagens de cada um, foi escolhido o filtro de pedras, por ter apresentado bons resultados onde implementado, pelo baixo custo e simplicidade na operação. Desta forma, o objetivo dessa proposta de intervenção é reduzir a densidade de cianobactérias no efluente da ETE Bela Vista, através da introdução de filtro de pedras, a fim de minimizar impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Além da redução de sólidos em suspensão e, conseqüentemente de algas e clorofila, espera-se melhoria na remoção de DBO e *E. coli*. Alcançando bons resultados, o projeto poderá ser expandido para outras ETEs do estado.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Lagoas de estabilização. Cianobactérias. Cianotoxinas. Filtro de pedras.

ABSTRACT

The wastewater treatment through stabilization ponds is the most appropriate for developing countries with a hot climate and availability of area. The operation is simple and requires few or none equipments. It is the system present in the majority of the Goiás' cities which have WTP, including Bela Vista de Goiás. This system favors the proliferation of cyanobacteria, photosynthetic prokaryotes organisms, important to the wastewater treatment process. However, these organisms are a concern when in large numbers in water courses, as they can produce toxins capable of causing adverse effects to the environment and public health. As consequence, the monitoring of these organisms in water for supply (Ordinance MS 2.914/2011) and in the receiving bodies of wastewater is required (Resolution Conama 357/2005). There are many pos-treatment systems for waste stabilization ponds which aim the removal of suspended solids (algae). After evaluating the advantages and disadvantages of each, the rock filter was chosen due the good performance where it was implemented, its lower cost and the simplicity of its operation. Thus, the aim of this intervention proposal is to reduce the density of cyanobacteria in the wastewater of Bela Vista's WTP through the introduction of the rock filter in order to reduce the impacts to the environment and to the public health. Besides the reduction of suspended solids and consequently of the algae and chlorophyll, is expected an improvement in the removal of BOD e *E. coli*. Achieving good results, the project could be expanded to other WTPs in the state.

Keywords: Wastewater treatment. Waste stabilization ponds. Cyanobacteria. Cyanotoxins. Rock filter.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

1. Problema
8
2. Justificativa
9
3. Objetivos
10
4. Metodologia
11
5. Referencial
12
teórico
6. Descrição da área de estudo
18

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

1. Identificação do problema
21
2. Justificativa
22
3. Objetivos
24
4. Resultado e impactos esperados
25
5. Ações de intervenção
26
6. Atores envolvidos
27
7. Recursos necessários
28

8. Orçamento			
29			
9. Viabilidade			
30			
10. Riscos	e		dificuldades
31			
11. Cronograma			
32			
12. Gestão,	acompanhamento	e	avaliação
33			
CONSIDERAÇÕES			FINAIS
34			
REFERÊNCIAS			
35			

INTRODUÇÃO

1 PROBLEMA

Segundo Von Sperling (2002), a forma mais simples de tratamento de esgoto ocorre através dos sistemas de lagoas de estabilização. São bastante indicados para regiões de clima quente e em países em desenvolvimento, devido a aspectos como: disponibilidade de área suficiente, clima favorável, operação simples e necessidade de poucos ou nenhum equipamento. No entanto, estes sistemas favorecem a proliferação de cianobactérias (RIBEIRO, 2007).

Cianobactérias são microrganismos procariontes e fotossintéticos presentes nos mais diversos ambientes terrestres. Os representantes planctônicos estão entre os organismos pioneiros da vida terrestre e são encontrados até os dias atuais em função do sucesso ecológico e estratégias competitivas (BORTOLI e PINTO, 2015). Elas produzem uma gama de metabólitos secundários, entre eles as cianotoxinas, que são compostos químicos capazes de afetar a biota aquática, resultando em efeitos tóxicos também em mamíferos terrestres (SIVONEN ET JONES, 1999 *apud* CYBIS *et al.*, 2006).

Os compostos tóxicos, presentes no interior das células das cianobactérias, podem ser liberados em situações de lise celular, em decorrência de processo de senescência natural ou pela ação de fatores ambientais (CYBIS *et al.*, 2006). De acordo com Chorus e Bartram (1999), a ingestão de cianotoxinas na água potável ou acidentalmente durante a recreação constitui um risco para a saúde humana. Também o contato da pele com algumas substâncias produzidas por cianobactérias pode causar irritação.

Nenhuma morte humana causada pela ingestão de cianobactérias foi documentada, apenas em pacientes submetidos à diálise. No entanto, ocorreram inúmeros casos de morte de animais, o que pode ser explicado pelo fato de os animais beberem maiores volumes de água contaminada. Estudos apontam que é provável que ocorra lesões crônicas em humanos, particularmente, se a exposição for frequente ou prolongada em altas concentrações. Além disso, na China, uma alta prevalência de câncer hepático primário endêmico foi relacionada a vários fatores, entre os quais a ingestão de água contaminada com cianobactérias produtoras de microcistinas (CHORUS e BARTRAM, 1999).

2 JUSTIFICATIVA

Em 1996, na cidade de Caruaru (Pernambuco), pacientes que realizavam diálise morreram devido à presença de cianotoxinas na água, este episódio ressaltou a importância da regulamentação desses compostos na água para consumo humano e do controle das cianobactérias no manancial (CYBIS *et al.*, 2006).

A exigência do monitoramento da densidade de cianobactérias nos corpos receptores de efluentes sanitários é feita pela resolução do Conama 357/2005, que estabelece o limite de 50.000 cél/mL em rios de classe II (BRASIL, 2005).

Na maioria (81,5%) das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) do estado de Goiás, o tratamento ocorre através de lagoas de estabilização, o que pode resultar em lançamento de altas concentrações de cianobactérias nos cursos hídricos. Estes, também podem ser mananciais de abastecimento público a jusante e, de acordo com Chorus e Bartram (1999), as cianotoxinas não são removidas pelos tratamentos convencionais de água. Portanto, é necessário não somente o monitoramento desses organismos nos cursos hídricos, já realizado atualmente, mas ter ações a serem aplicadas em caso de extrapolação do limite legal.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Reduzir a densidade de cianobactérias no efluente da ETE Bela Vista, através da introdução de filtro de pedras, a fim de minimizar impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Atender a legislação em relação aos parâmetros cianobactérias e clorofila a;

3.2.2 Melhorar a qualidade do efluente final;

3.2.3 Reduzir custos com tratamento da água para remoção de cianotoxinas;

3.2.4 Contribuir para os usos múltiplos do recurso hídrico;

3.2.5 Avaliar a eficácia do filtro a partir dos parâmetros: fitoplâncton (incluindo cianobactérias), clorofila a, feofitina a, sólidos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e *Escherichia coli*.

4 METODOLOGIA

Através de pesquisa ao histórico de resultados de análises realizadas pela Saneago, foi escolhida uma Estação de tratamento de esgoto (ETE) como piloto. Os critérios utilizados para a escolha foram: resultado de cianobactérias fora do limite legal, tamanho da lagoa a ser parcialmente preenchida com pedras, proximidade com a capital e interesse do responsável pela operação.

O projeto de intervenção, contemplando o problema, justificativa, resultados esperados e orçamento, será apresentado aos gestores para aprovação. Se aprovado, o próximo passo será a compra dos materiais, com dispensa de licitação em função do baixo custo.

Posteriormente, uma das lagoas de maturação do sistema será esvaziada e sua porção final será preenchida com pedras, em torno de 540 m³, ou seja, 1/5 do volume total da lagoa. O efluente então voltará a ser direcionado para a lagoa, agora contendo o filtro.

O laboratório de esgoto da Saneago, já responsável pelas análises de rotina, realizará análises mensais durante um ano. Serão avaliados os efluentes dos dois módulos em paralelo, um com o filtro de pedras e o outro sem o filtro, que servirá como testemunho (branco). Deste modo, ocorrerá o acompanhamento e avaliação da eficácia do projeto a partir dos parâmetros: fitoplâncton (incluindo cianobactérias), clorofila *a*, feofitina *a*, sólidos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e *Escherichia coli*.

As análises a serem realizadas no laboratório da Saneago seguirão as normas abaixo:

- Fitoplâncton: Cetesb L5.303 - Fitoplâncton de água doce: Métodos qualitativo e quantitativo.
- Clorofila *a* e feofitina *a*: Cetesb L5.306 - Determinação da Clorofila *a* e Feofitina *a*: método espectrofotométrico.
- Sólidos: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 2540.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 5210.

- Coliformes totais e *Escherichia coli*: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 9223.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 Lagoas de estabilização

Segundo Mara (2004), lagoas de estabilização são grandes bacias rasas com diques de terra, em que o esgoto bruto é tratado por processo inteiramente natural, envolvendo bactérias e algas. O processo de oxidação é lento, de modo que o tempo de detenção hidráulica (TDH) é medido em dias ao invés de horas.

Os principais sistemas de lagoas de estabilização são compostos por: lagoa facultativa; lagoa anaeróbia + lagoa facultativa; lagoa aerada facultativa; lagoa aerada de mistura completa + lagoa de decantação (VON SPERLING, 2002).

A DBO é em torno de 50 a 70% removida na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa (VON SPERLING, 2002). Nas lagoas facultativas e de maturação ocorre o processo de fotossíntese, onde o oxigênio fornecido pelas algas é utilizado pelas bactérias para oxidar a matéria orgânica biodegradável; e o dióxido de carbono necessário às algas é fornecido, principalmente, pelas bactérias. Assim, há uma relação de mutualismo na lagoa entre algas e bactérias (MARA, 2004).

A lagoa de maturação constitui unidade de pós tratamento de processos que objetivam a remoção de matéria carbonácea. Seu objetivo principal é a remoção de organismos patogênicos, que ocorre devido às condições ambientais adversas, como elevado pH e OD, falta de nutrientes e predação (VON SPERLING, 1993).

De acordo com Martins (2012), apesar das vantagens dos sistemas constituídos por lagoas de estabilização, o efluente apresenta elevados teores de sólidos em suspensão (SS), compostos principalmente de fitoplâncton. Este, pode conter cianobactérias, produtoras de cianotoxinas, que podem causar danos ao meio ambiente e à saúde pública.

5.2 Cianobactérias

As cianobactérias são procariontes fotossintetizantes que possuem a capacidade de sintetizar a clorofila *a*. Elas também possuem o pigmento ficocianina, que em alta concentração, leva à cor azulada desses organismos. Elas têm uma longa história evolutiva que remonta há pelo menos 3500 milhões de anos, o que pode estar relacionado ao seu sucesso nos habitats modernos (WHITTON & POTTS, 2000).

Uma característica importante de muitas cianobactérias é sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico. Elas mostram considerável diversidade morfológica., podendo ser unicelulares ou filamentosas, ocorrer isoladas ou agrupadas em colônias. As formas unicelulares podem se dividir em um, dois ou três planos, com o diâmetro variando de cerca de 0,4 µm a mais de 40 µm (WHITTON & POTTS, 2000).

Toda a classificação de cianobactérias (espécies, gêneros, famílias, ordens) sofreu extensa reestruturação e revisão nos últimos anos com o advento de análises filogenéticas baseadas em dados moleculares (KOMÁREK *et al*, 2014). O último sistema de classificação proposto por Komárek *et al* em 2014 foi baseado na compreensão acerca das muitas filogenias publicadas e apresenta 8 ordens, são elas: Gloeobacterales, Synechococcales, Spirulinales, Chroococcales, Pleurocapsales, Oscillatoriales, Chroococciopsidales e Nostocales.

As cianobactérias possuem como característica marcante a capacidade de produzir certos metabólitos secundários chamados de cianotoxinas (Carmichael 1992 *apud* Ferrão-Filho, 2009). Elas são classificadas de acordo com seu mecanismo de toxicidade em animais. A Tabela 1 demonstra a relação entre as toxinas, principais organismos produtores, mecanismo de ação, toxicidade e sintomatologia da exposição aguda.

Tabela 1 - Relação das cianotoxinas, sua classe química, organismos produtores, mecanismo de ação, toxicidade e sintomatologia da exposição aguda

Toxina	Organismos Produtores (gêneros)	Mecanismo de ação	DL50*	Sintomatologia a exposição aguda
--------	---------------------------------	-------------------	-------	----------------------------------

Microcistinas	<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Hapalosiphon</i> , <i>Synechocystis</i> , <i>Aphanocapsa</i> , <i>Oscillatoria</i>	Inibição das proteínas fosfatases 1 e 2 ^a	50 - >1200 µg/Kg i.p. ratos	Prostração, pilo ereção, anorexia, vômitos, dor abdominal, diarreia, choque hipovolêmico e hemorragia intra- hepática.
Nodularinas	<i>Nodularia</i>	Inibição das proteínas fosfatases 1 e 2A	30 – 50 µg/ Kg i.p. ratos	Prostração, pilo ereção, anorexia, vômitos, dor abdominal, diarreia, choque hipovolêmico e hemorragia intra- hepática.
Saxitoxinas (PSPs)	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Lyngbya</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> e algumas espécies de dinoflagelados	Bloqueio dos canais de sódio	10 µg/Kg i.p. ratos	Paralisia progressiva dos músculos, diminuição dos movimentos, exagerada respiração abdominal, cianose, convulsão, parada respiratória e morte.
Anatoxina-a	<i>Anabaena</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Cylindrospermum</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Microcystis</i>	Agonista nicotínico irreversível	200 – 250 µg/Kg i.p. ratos	Paralisia progressiva, forte respiração abdominal, cianose, convulsão, morte por asfixia.
Anatoxina-a (S)	<i>Anabaena</i>	Inibição da acetilcolinesterase	20 µg/Kg i.p. ratos	Paralisia progressiva, fraqueza muscular, diminuição da frequência respiratória e convulsões. Salivação intensa. Morte ocorre por falência respiratória.
Cilindrospermopsina	<i>Cylindrospermopsis</i> <i>raciborskii</i> , <i>Umezakia</i> , <i>Aphanizomenon</i> , <i>Raphidiopsis</i> , <i>Anabaena</i>	Inibição da síntese proteica	2100 µg/Kg i.p. ratos em 24h; e 200 µg/Kg i.p. ratos em 72h	Desestruturação e necrose do fígado, danos em células renais, cardíacas, pulmonares e da mucosa gástrica.
Dermatotoxinas	Cianobactérias em geral	Induz inflamação e resposta imune do tipo IgE	-	Dermatites em geral e prurido. Irritação nos olhos, pele, febre, tontura, fadiga e gastroenterite.

Lyngbyatoxina	<i>Lyngbya majuscula</i>	Efeitos gastrointestinais	250 µg/Kg i.p. ratos	Aumento da secreção gástrica, promove a inflamação, edema pulmonar, irritação gastrointestinal e promoção de tumor dérmico.
Aplysiatoxina	<i>Stylocheilus longicauda</i> , <i>Lyngbya majuscula</i>	Potentes promotores de tumor e ativa a proteína quinase C	-	Irritação gastrointestinal.
Debromoaplysiatoxina	<i>Schizotrix calcicola</i> e <i>Oscillatoria nigroviridis</i>	Potentes promotores de tumor e ativa a proteína quinase C	-	Irritação gastrointestinal.

* A DL50 representa o valor da dose de toxina letal a 50% dos animais expostos. Representada por µg de toxina/Kg de peso corpóreo. (i.p. - via de administração intraperitoneal)

Fonte: Ferrão-Filho (2009)

Segundo Ferrão-Filho (2009), as cianobactérias participam das cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos, sendo parte da dieta de zooplâncton e de peixes herbívoros. As cianobactérias e suas toxinas podem exercer efeitos em todos os níveis taxonômicos, incluindo bactérias, algas e plantas. Afetam invertebrados aquáticos como zooplâncton, crustáceos, gastrópodes e larvas de insetos. Também podem exercer efeitos adversos em peixes, incluindo danos ao fígado, às guelras e aos rins, distúrbio no equilíbrio iônico, mudanças comportamentais, redução no crescimento e mortalidade (Erickson *et al.* 1986, Tencalla *et al.* 1994, Rodger *et al.* 1994, Bury *et al.* 1995, Zimba *et al.* 2001, Li *et al.* 2005 *apud* Ferrão-Filho, 2009).

A bioacumulação e a transferência das cianotoxinas através da cadeia alimentar já foram demonstradas em vários trabalhos (Watanabe *et al.* 1992, Laurén-Määttä *et al.* 1995, Kotak *et al.* 1996, Thostrup & Christoffersen 1999, Ferrão-Filho *et al.* 2002b, Ibelings *et al.* 2005 *apud* Ferrão-Filho, 2009). Existe, inclusive, a possibilidade destas toxinas chegarem até o homem através do consumo de peixe (Magalhães *et al.* 2001, Sipiä *et al.* 2001, Sipiä *et al.* 2007 *apud* Ferrão-Filho, 2009). Portanto, além da possibilidade do homem se contaminar através da água de abastecimento, há também o risco de contaminação através da cadeia alimentar.

5.3 Filtros de pedras para polimento de efluente de lagoas

Há várias formas de melhorar a qualidade do efluente de lagoas, principalmente para remover sólidos em suspensão (algas), como: filtros de areia intermitentes, filtros de pedra, micropeneiras, lagoas com macrófitas flutuantes, aplicação em solos com gramíneas, banhados construídos, processos de coagulação e clarificação, flotação e biofiltros aerados (VON SPERLING, 2002). Sendo que, sendo necessária a remoção de sólidos (algas), a melhor opção é através dos filtros de pedra (Middlebrooks, 1988, 1995; Environmental Protection Agency, 2002; Neder *et al*, 2002 *apud* Mara, 2004).

Filtros de pedra são sistemas que consistem em um leito de pedras com 75 a 200 mm de diâmetro, através das quais o efluente passa horizontalmente ou verticalmente. As algas sedimentam e são degradadas biologicamente na superfície das pedras. Além disso, quando bem projetados, os filtros produzem um efluente final com baixos valores de DBO e de SST (EPA, 2002).

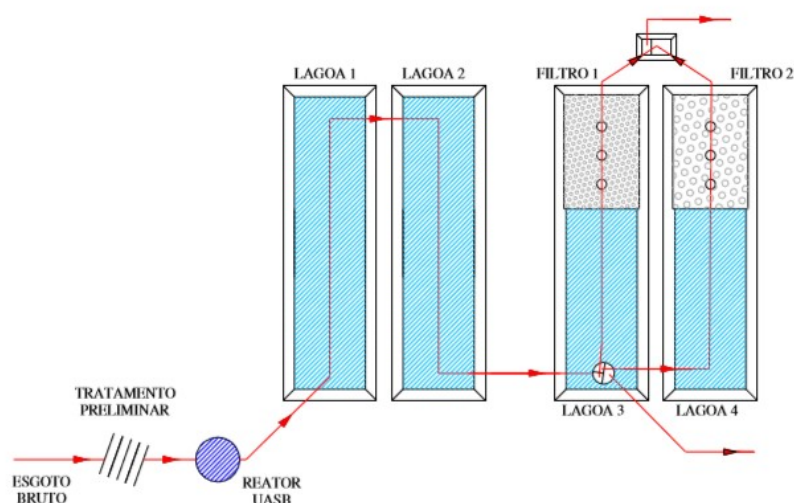
Taxas de aplicação são em torno de 1,0 m³ de efluente por m³ de pedra por dia. As pedras possuem dimensões de 50 a 200 mm e a altura do leito situa-se entre 0,5 e 1 m. As rochas devem se estender pelo menos 100 mm acima do nível da água do filtro para evitar a proliferação de mosquitos e maus odores (MARA, 2004). O desempenho depende da taxa de aplicação, temperatura, tamanho e forma das pedras. Valores maiores de 200 mm reduzem a área de exposição superficial, enquanto valores menores de 50 mm podem ocasionar entupimentos (VON SPERLING, 2002).

Von Sperling (2002) aponta como desvantagens a possível geração de maus odores e ao fato de que a vida útil e os procedimentos de limpeza não estão totalmente estabelecidos ainda. Já de acordo com EPA (2002), a desvantagem desses filtros consiste em não remover amônia e, em muitos casos, a quantidade dessa substância no efluente final é maior que no afluente do filtro. Isso ocorre devido a decomposição anaeróbia das algas aderidas às pedras. No entanto, seu baixo custo e operação simples os tornam atrativos para pequenas comunidades.

A concepção do filtro de pedra foi desenvolvida no Kansas, EUA, no início da década de 1970. Até o ano de 2002, havia cerca de 20 sistemas em operação nos Estados Unidos. A vazão destes sistemas é de 150 a 19.000 m³/d. Normalmente, os filtros ficam 30 cm acima do nível máximo de água (EPA, 2002).

Andrada (2005) avaliou a eficiência da remoção de algas por meio de filtros grosseiros, em Minas Gerais. O sistema é composto por reator UASB e lagoas de polimento (Figura 1). Os filtros foram acrescentados no final de duas lagoas em paralelo. O material utilizado nos filtros 1 e 2 foi brita 3 e pedras de mão, respectivamente. Os filtros promoveram uma importante remoção adicional de matéria orgânica, de SST e de *E. coli*.

Figura 1 – Esquema do aparato: reator UASB, lagoas 1 e 2 em série, lagoas 3 e 4 em paralelo e filtros 1 e 2



Fonte: Andrada (2005)

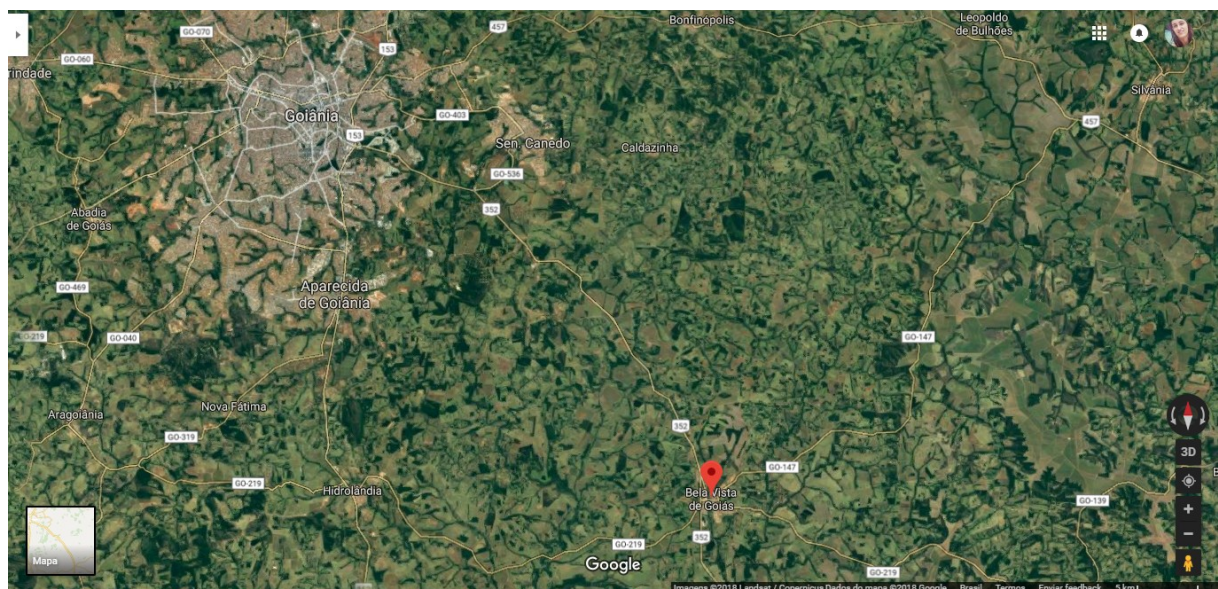
Em seu trabalho, Andrada (2005) também avaliou a variação da perda de carga nos filtros. O resultado foi que, ao longo de 8 meses de monitoramento, não ultrapassou 3 cm no Filtro 1 e 1,5 cm no Filtro 2, valores considerados desprezíveis.

6 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

6.1 Localização

O município de Bela Vista de Goiás faz parte da região metropolitana da capital Goiânia, que está a 45 km de distância (CASTANHEIRA *et al*, 2015). Em 2016, a área ocupada era de 1.275,849 km² e a população no último censo, em 2010, era de 24.554 pessoas (IBGE, 2018).

Figura 2 - Localização do município de Bela Vista de Goiás



Fonte: Google Maps (2018)

De acordo com Castanheira *et al* (2015), o município está inserido na Bacia Hidrográfica Paraná, mais precisamente na microbacia do Rio Meia Ponte, a qual desagua na sub-bacia do Rio Paranaíba (Figura 3). É banhado por diversos rios e córregos, sendo que a sede é cortada por quatro córregos: Sussuapara, Ponte de Terra, Giral e Queda d'água.

Figura 3 - Localização da bacia do Rio Meia Ponte no Estado de Goiás, com destaque em preto para o município de Goiânia.



Fonte: Secima (2018)

6.2 Sistema de esgotamento sanitário de Bela Vista de Goiás

O prestador de serviços de tratamento e distribuição de água tratada e esgotamento sanitário no município é a Saneamento de Goiás S.A. (Saneago), sociedade de economia mista do estado de Goiás (CASTANHEIRA *et al*, 2015).

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2017), através do relatório de esgotamento sanitário municipal, a população urbana (2013) é de 19.482 habitantes,

dos quais, 33,1% não possui coleta nem tratamento de esgotos, 8,9% tem soluções individuais e 58% tem coleta e tratamento.

O município conta com uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), denominada ETE Bela Vista (Figura 4), que atende uma população de 11.300 habitantes, tem vazão afluyente de 23 L/s, carga afluyente de 610,2 Kg DBO/dia e carga lançada de 134,8 Kg DBO/dia. A eficiência adotada é de 77,9%. O corpo receptor é o Ribeirão Suçuapara, enquadrado na classe 2, com vazão de 180,5 L/s (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

Figura 4 – Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Bela Vista



Fonte: Google Earth (2018)

Segundo Saneago (2018), a ETE Bela Vista de Goiás começou operar em 1999, o processo é composto por lagoas de estabilização, sendo dois módulos de três lagoas em série (anaeróbia + facultativa + maturação) com as dimensões constantes na tabela 2.

Tabela 2 - Dados de projeto da ETE Bela Vista

Parâmetros	Lagoa 1	Lagoa 2	Lagoa 3
Tipo	Anaeróbia	Facultativa	Maturação

Área média (m ²)	702	4.464	1.800
Profundidade (m)	4,0	2,0	1,5
Volume (m ³)	2.808	8.928	2.700
TDH (dias)	3,25	10,33	3,12

Fonte: Saneago

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A ETE Bela Vista é composta por lagoas de estabilização e sabe-se que este tipo de tratamento, em regiões de clima tropical, favorece a proliferação de cianobactérias (RIBEIRO, 2007). As cianobactérias produzem cianotoxinas, compostos químicos capazes de afetar a biota aquática, resultando em efeitos tóxicos também em mamíferos terrestres (SIVONEN ET JONES, 1999 *apud* CYBIS *et al.*, 2006).

As toxinas identificadas como alcalóides ou organofosforados neurotóxicos são caracterizadas por sua ação rápida, causando a morte de mamíferos por parada respiratória após poucos minutos de exposição. Outras, identificadas como peptídeos ou alcalóides hepatotóxicos, atuam menos rapidamente (FUNASA, 2003).

Estudos apontam que é provável que ocorra lesões crônicas em humanos, particularmente, se a exposição for frequente ou prolongada em altas concentrações. Além disso, na China, uma alta prevalência de câncer hepático primário endêmico foi relacionada a vários fatores, entre os quais a ingestão de água contaminada com cianobactérias produtoras de microcistinas (CHORUS e BARTRAM, 1999).

As cianobactérias e suas toxinas podem exercer efeitos em todos os níveis taxonômicos, incluindo bactérias, algas e plantas. A bioacumulação e a transferência das cianotoxinas através da cadeia alimentar já foram demonstradas em vários trabalhos (FERRÃO-FILHO, 2009). Existe, inclusive, a possibilidade destas toxinas

chegarem até o homem através do consumo de peixe (MAGALHÃES *et al.* 2001, SIPIÄ *et al.* 2001, SIPIÄ *et al.* 2007 *apud* FERRÃO-FILHO, 2009). Portanto, além da possibilidade do homem se contaminar através da água de abastecimento, há também o risco de contaminação através da cadeia alimentar.

2 JUSTIFICATIVA

Em 1996, na cidade de Caruaru (Pernambuco), pacientes que realizavam diálise morreram devido à presença de cianotoxinas na água, este episódio ressaltou a importância da regulamentação desses compostos na água para consumo humano e do controle das cianobactérias no manancial (CYBIS *et al.*, 2006).

A exigência do monitoramento da densidade de cianobactérias nos corpos receptores de efluentes sanitários é feita pela resolução do Conama 357 de 2005, que estabelece o limite de 50.000 cél/mL em rios de classe II (BRASIL, 2005).

Na maioria (81,5%) das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) do estado de Goiás, o tratamento ocorre através de lagoas de estabilização, o que pode resultar em lançamento de altas concentrações de cianobactérias nos cursos hídricos. Estes, também podem ser mananciais de abastecimento público a jusante e, de acordo com Chorus e Bartram (1999), as cianotoxinas não são removidas pelos tratamentos convencionais de água. Portanto, é necessário não somente o monitoramento desses organismos nos cursos hídricos, já realizado atualmente, mas ter ações a serem aplicadas em caso de extrapolação do limite legal.

Em maio em 2016, a densidade de cianobactérias no corpo receptor a jusante da ETE Bela Vista foi de 67.924 cél/mL (Saneago, 2018), ultrapassando o limite estabelecido na resolução Conama 357/05. Em setembro do mesmo ano, o resultado foi de 46.834 cél/mL, valor bem próximo ao limite. O que levanta a

necessidade de intervenção a fim de evitar danos ao ambiente e a comunidade local.

Em uma pesquisa desenvolvida pela Caesb, foram avaliados em escala piloto cinco processos naturais de tratamento, promissores para a remoção de SS: filtro intermitente de areia, filtro de pedra, escoamento superficial (aplicação no solo), terras alagadas construídas de fluxo subsuperficial (cultivadas com *Typha sp.*) e plantas aquáticas flutuantes (cultivadas com *Eichhornia crassipes*). Os processos tidos como mais promissores foram o filtro de pedra e as plantas aquáticas flutuantes. Porém, uma das dificuldades apontadas para a utilização de plantas é a necessidade de sua remoção dos tanques (NEDER, 2002).

Os filtros de pedra são frequentemente utilizados como pós tratamento das lagoas de estabilização, com objetivo de remover algas. Estas, sedimentam e são degradadas biologicamente na superfície das pedras. Quando bem projetados, os filtros produzem um efluente final com baixos valores de DBO e de SST. Além disso, constituem solução de baixo custo e de fácil operação (EPA, 2002).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Reduzir a densidade de cianobactérias no efluente da ETE Bela Vista, através da introdução de filtro de pedras, a fim de minimizar impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Atender a legislação em relação aos parâmetros cianobactérias e clorofila a;

3.2.2 Melhorar a qualidade do efluente final;

3.2.3 Reduzir custos com tratamento da água para remoção de cianotoxinas;

3.2.4 Contribuir para os usos múltiplos do recurso hídrico;

3.2.4 Avaliar a eficácia do filtro a partir dos parâmetros: fitoplâncton (incluindo cianobactérias), clorofila a, feofitina a, sólidos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais e *Escherichia coli*.

4 RESULTADOS E IMPACTOS ESPERADOS

Espera-se que através da introdução do filtro de pedras no final da lagoa de maturação, haja redução de sólidos suspensos totais e, conseqüentemente, da densidade de cianobactérias e clorofila no efluente final. Além disso, é esperado aumento na remoção de DBO e *E. coli*.

Com a redução nestes parâmetros do efluente final, também ocorrerá melhoria na qualidade do corpo receptor (córrego Sussuapara), minimizando o impacto à fauna e à população humana, além de atender os limites da legislação.

Se forem obtidos bons resultados, a intervenção poderá ser expandida para outras ETEs do estado.

5 AÇÕES DE INTERVENÇÃO

5.1 Escolher a ETE piloto;

5.2 Definir o tipo de pós tratamento de lagoas de estabilização;

5.3 Analisar a proposta de intervenção quanto ao custo benefício;

5.4 Proceder com o processo de compra dos materiais;

5.5 Esvaziar a lagoa de maturação escolhida para comportar o filtro;

5.6 Dispor as pedras no final da lagoa;

5.7 Colocar o filtro em operação;

5.8 Realizar análises dos efluentes dos módulos A e B;

5.9 Avaliar os resultados analíticos;

5.10 Analisar a possibilidade de implementar a intervenção em outras ETEs.

6 ATORES ENVOLVIDOS

Atores envolvidos	Responsabilidades
Bióloga (Saneago)	Pesquisar e escolher a ETE piloto e definir o tipo de pós tratamento
Gestores do processo (Saneago)	Analisar a proposta de intervenção quanto ao custo benefício
Equipe do setor de compras (Saneago)	Proceder com o processo de compra dos materiais
Gestor e operadores da ETE Bela Vista (Saneago)	Esvaziar a lagoa de maturação escolhida para comportar o filtro
Fornecedor das pedras e operadores da ETE	Disponibilizar as pedras no final da lagoa
Gestor e operadores da ETE Bela Vista (Saneago)	Colocar o filtro em operação
Analistas do laboratório de esgoto da Saneago	Realizar análises dos efluentes dos dois módulos
Bióloga (Saneago)	Avaliar os resultados analíticos
Bióloga (Saneago) e gestores da companhia	Analisar a possibilidade de implementar a intervenção em outras ETEs

7 RECURSOS NECESSÁRIOS

Todos os recursos necessários provêm da companhia (Saneago) que opera o sistema de esgotamento sanitário no município. Serão necessários recursos:

- Humanos: operação da ETE, montagem do filtro de pedras e análises laboratoriais;
- Cognitivos: pesquisa e análise crítica dos resultados;
- Financeiros: compra dos materiais;
- Materiais: pedras para o filtro e tela para gabião.

8 ORÇAMENTO

A brita nº 4 custa, em média, R\$70,00 o metro cúbico. Considerando que serão necessários 50 m³ de brita, o custo total será de R\$3.500,00. Não haverá custos adicionais com pessoal, visto que pertencem a companhia (Saneago).

9 VIABILIDADE

É uma obra de baixo custo, considerando o preço do material e mão de obra própria. Tendo em vista as grandes vantagens o projeto, o custo-benefício é alto.

10 RISCOS E DIFICULDADES

O tratamento biológico de efluentes é bastante complexo, são muitas variáveis que influenciam o desempenho do sistema. O filtro de pedras, assim como todas as alternativas para polimento de efluente final tem vantagens e desvantagens. Logo, corre-se o risco de o filtro não ser tão eficiente para remoção de cianobactérias como o esperado. Além disso, poderá ocorrer piora nos resultados de outros parâmetros. Mas, tudo isso será colocado no projeto de intervenção para que todos os envolvidos tenham ciência dos benefícios almejados, mas também dos riscos.

11 CRONOGRAMA

ETAPA	PERÍODO					
	MARÇO 2018	ABRIL 2018	MAIO 2018	JUNHO 2018	JULHO 2018	JULHO 2019
Escolha da ETE piloto	X					
Definição do tipo de pós tratamento		X				
Análise da proposta de intervenção quanto ao custo benefício			X			
Compra dos materiais				X		
Construção do filtro					X	
Operação do sistema					X	
Análises laboratoriais					X	
Avaliação dos resultados						X

12 GESTÃO, ACOMPANHAMENTO E AVALIAÇÃO

O acompanhamento da entrega e disposição do material será feito por responsável técnico pela operação da referida estação de tratamento de esgoto e, possivelmente, por outros empregados da companhia. Todo o processo será gerido e avaliado por equipe técnica da Saneago.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Somente no estado de Goiás há 75 Estações de Tratamento de Esgoto constituídas por lagoas de estabilização, incluindo a ETE Bela Vista. Estes sistemas são propícios a proliferação de cianobactérias, que são carreadas no efluente para os cursos hídricos. Considerando que estes organismos conferem risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente devido às toxinas que produzem, é fundamental que se tome providências para minimizar tal risco. A solução proposta neste trabalho é o uso do filtro de pedras como unidade de pós tratamento de lagoas de estabilização. As algas sedimentam na superfície das pedras e são degradadas biologicamente. Os filtros, quando bem projetados, também produzem um efluente final com baixos valores de DBO e de SST. Além disso, constituem solução de baixo custo e de fácil operação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://portal1.snirh.gov.br/arquivos/Atlas_Esgoto/Goi%C3%A1s/Relatorio_Geral/Bela_Vista_de_Goi%C3%A1s.pdf>. Acesso em: 31 março 2018.

ANDRADA, J.G.B. **Utilização de filtros grosseiros para remoção de algas presentes em efluentes de lagoas de polimento**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos)– Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria MS N° 2.914, de 1 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011.

CASTANHEIRA, A. P, A *et al.* **Plano Municipal de Saneamento Básico. Bela Vista-GO, 2015.** Disponível em: <<http://belavista.go.gov.br/wp-content/uploads/2017/01/PMSB-BelaVistadeGoias.pdf>>. Acesso em: 31 de março de 2018.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxin cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management.** London, New York., 1999.

CYBIS, L. F.; BENDATI, M. M.; MAIZONAVE, C. R. M.; WERNER, V. R. DOMINGUES, C. D. **Manual para estudo de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa Lomba do Sabão e lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.** PROSAB 4 – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 64 p., 2006.

EPA **Wastewater technology fact sheet: Rock media polishing filter for lagoons.** United States Environmental Protection Agency, 2002. Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/tiff2png.cgi/P1000W88.PNG?-r+75+-g+7+D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C00THRU05%5CTIFF%5C00001136%5CP1000W88.TIF>>. Acesso em: 04 de abril de 2018.

FERRÃO FILHO, A. S. Bioacumulação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos. **O ecologia Brasiliensis.** v.13, n.2, p. 272-312, 2009

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano.** Ministério da Saúde. Brasília, DF, 2003.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 e área ocupada.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/bela-vista-de-goias/panorama>>. Acesso em 18 de maio de 2018.

KOMÁREK J.; KAŠTOVSKÝ J.; MAREŠ J.; OHANSEN J. R. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. **Preslia.** n.86, p. 295–335, 2014.

MARA, D. D. **Domestic wastewater: treatment in developing countries.** Ed. Earthscan. Londres, 293 p., 2004.

MARTINS, L. R. **Remoção de fitoplâncton de lagoas de estabilização em filtros de pedra de fluxo horizontal**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2012. 1. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/10640/Disserta%C3%A7%C3%A3o_PDF_Larissa%20Ribeiro%20Martins.pdf?sequence=1>. Acesso em: 31 mar. 2018.

NEDER, K. D.; QUEIROZ, T. R.; MACHADO, A. F.; LUDUVICE, M. L.; SOUZA, M. A. A. Polimento de efluentes de lagoas de estabilização utilizando *Eichhorniacrassipes* (aguapés) em escala real. **Anais: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Cancun, México. 2002.

RIBEIRO, P. C. **Análise de fatores que influenciam a proliferação de cianobactérias e algas em lagoas de estabilização**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba, 2007

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lagoas de estabilização**. 2. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 191 p.,1996.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 3. ed .Belo Horizonte: Ed. UFMG. 196 p,2002.

WHITTON, B.A.; POTTS, M. **The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space**. Dordrecht, London, Boston: Kluwer Academic Publishers. 2000.