

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS – CENG**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**



**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Estudo da possibilidade de reuso do efluente na indústria de conservas**

**Adriane da Silva Behling**

Pelotas, 2018

**ADRIANE DA SILVA BEHLING**

**Estudo da possibilidade de reuso do efluente da indústria de conservas**

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Adriana Gonçalves da Silva Manetti

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas

Catálogo na Publicação

B419e Behling, Adriane da Silva

Estudo da possibilidade de reuso do efluente na indústria de conservas / Adriane da Silva Behling ; Adriana Gonçalves da Silva Manetti, orientadora. — Pelotas, 2018.

40 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) — Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Aphanothece microscopica Nageli. 2. Cianobactéria.  
3. Efluente. 4. Reuso. I. Manetti, Adriana Gonçalves da  
Silva, orient. II. Título.

CDD : 628

Adriane da Silva Behling

**Estudo da possibilidade de reuso do efluente da indústria de conservas**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 27/07/2018

Banca examinadora:

.....  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Adriana Gonçalves da Silva Manetti (Orientadora), Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos/ FURG.

.....  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Vanessa Sacramento Cerqueira, Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente/ UFRGS.

.....  
M.e. Francine Vicentini Viana, Mestre em Oceanografia na Universidade de Rio grande/FURG.

*“Dedico este trabalho aos meus pais, Lenair Behling e Orlando Behling (in memoriam) e também ao meu companheiro e amigo, DrºGustavo Schneider que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram em todos os momentos desta jornada”.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a minha família, especialmente a meu pai Orlando Behling (*in memoriam*), a minha mãe Lenair Behling, e ao meu companheiro e amigo Gustavo Schneider, pessoas com quem sempre pude contar ao longo do meu percurso em todos esses anos de graduação e também de toda a minha vida.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Adriana Manetti, pela oportunidade de fazer parte deste trabalho e guiar meus caminhos para a concretização do TCC. Agradeço pela compreensão, pelos ensinamentos, e por todo o apoio dispendido nos momentos e desafiadoras etapas que envolvem a realização de um TCC, mostrando-se, assim, ser para além de excelente educadora, acima de tudo, uma pessoa especial, ímpar e querida, da qual guardarei todos os conselhos e o aprendizado por toda vida.

À Me. Francine Viana e a Prof.<sup>a</sup> Dra. Vanessa Cerqueira por aceitarem o convite para compor a banca de TCC, na condição de avaliadoras, e pelos momentos de amizade e aprendizagem que me proporcionaram, no decorrer de minha graduação e também da vida, a possibilidade de me tornar uma melhor acadêmica, e, certamente, semearam os caminhos para meu crescimento profissional e pessoal.

A todos que, de alguma forma, ajudaram na conclusão deste trabalho, especialmente aos meus professores. Cito aqui a todos que de alguma maneira me fizeram escolher este curso, e que, desde os ensinamentos mais basilares até o momento da faculdade, se tornaram todo meu alicerce, conjuntamente de minha família, para alcançar essa conquista.

Igualmente, ao meu pequeno Garoto, pelo companheirismo e pela fidelidade em se fazer presente nas silenciosas noites de pesquisa, e por ajudar a suportar os momentos de dificuldade, onde, mesmo cansado, mas com sua infinita compreensão, inerente ao amor que somente os cães podem entregar, permaneceu ao meu lado incansavelmente.

Ao final, agradeço às minhas amigas e colegas de trabalho do Samu, em especial a Cinthia, Dianne, Ângela, Adriana, Elisabete, Salete, Monique, Ana, por me ajudarem nos momentos tensos da faculdade, na qual fizeram meu dia um pouco menos pesado, me dando forças para jamais pensar em desistir.

## Resumo

BEHLING, Adriane da Silva. **Estudo da possibilidade de reuso do efluente da indústria de conservas**. 2018. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso — Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

A cidade de Pelotas, popularmente conhecida como a cidade do doce, é responsável por grande parte de compotas doces e salgadas da região proporcionando um fator econômico significativo, por este fato produz alta quantidade de efluentes que de algum modo alguns destes são lançados irregularmente ao meio ambiente e posteriormente gerando resultados negativos ao entorno. Dentro desse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a possibilidade do reuso do efluente da indústria de conservas tratado por cianobactéria. Para isso os experimentos foram conduzidos em reator em sistema descontínuo de mistura completa com capacidade de 5L com inóculo em torno de 200mg/L de células de *Aphanothece*. Um volume de cultura equivalente ao requerido foi sedimentado, separado do sobrenadante, e transferido para o reator sob aeração constante, pH 7,8, 25°C, ausência de luminosidade e tempo de detenção hidráulico 16 horas. A separação da biomassa foi realizada após 15 minutos desta decantada. O efluente antes e após tratamento com *Aphanothece microscopica* Nägeli foi caracterizado segundo os parâmetros de reuso em sistemas de refrigeração, segundo os parâmetros descritos em *Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report*. De acordo com os resultados obtidos, ficou evidenciado que o efluente da indústria de conservas, nas condições avaliadas, apresentou elevado potencial de reuso em sistemas de refrigeração. *Aphanothece microscopica* Nägeli demonstrou importante potencial para sua aplicação no tratamento de efluentes da indústria de conservas. No que se refere ao reuso da água residuária, os resultados demonstraram que a associação com o tratamento por *Aphanothece*, quando se visa o reuso, do efluente de conserva, foi eficaz.

**Palavras-chave:** *Aphanothece microscopica* Nägeli, cianobactéria, efluente, reuso.

## Abstract

BEHLING, Adriane da Silva. Study of the possibility of reuse of effluent from the canning industry. 2018. 40f. Course Completion Work - Environmental and Sanitary Engineering Course. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2018.

The city of Pelotas, popularly known as the city of sweet, is responsible for much of the sweet and salty jams of the region providing a significant economic factor, because of this fact produces high amount of effluent that some of these are somehow thrown irregularly in half environment and subsequently generating negative results to the environment. In this context, the objective of this work was to evaluate the possibility of reuse of the effluent from the canning industry treated by cyanobacteria. For this the experiments were conducted in a reactor in a 5L capacity complete blended batch system with inoculum around 200mg / L of *Aphanothece* cells. A culture volume equivalent to that required was pelleted, separated from the supernatant, and transferred to the reactor under constant aeration, pH 7.8, 25 ° C, absence of light and hydraulic holding time 16 hours. The biomass separation was performed after 15 minutes of this decantation. The effluent before and after treatment with *Aphanothece microscopica* Nägeli was characterized according to the reuse parameters in refrigeration systems, according to the parameters described in Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report. According to the results, it was evidenced that the effluent from the canning industry, under the conditions evaluated, presented a high reuse potential in refrigeration systems. *Aphanothece microscopica* Nägeli demonstrated important potential for its application in the treatment of effluents from the canning industry. Concerning the reuse of wastewater, the results demonstrated that the association of the treatment with *Aphanothece*, when aiming the reuse, of the effluent of canning, was effective.

Key words: *Aphanothece microscopica* Nägeli, cyanobacteria, effluent, wastewater.



## Lista de Figuras

Figura 1	Fluxograma da estação de tratamento de efluentes da indústria de conserva.....	19
Figura 2	Reuso indireto não planejado da água.....	22
Figura 3	Reuso direto planejado da água.....	22
Figura 4	Classificação dos parâmetros do efluente conforme o tipo de reuso.....	23
Figura 5	Tipos de reuso associado a riscos de saúde.....	24
Figura 6	Localização da Oderich S/A.....	27
Figura 7	Representação esquemática da planta de tratamento de efluentes da indústria de conservas.....	28
Figura 8	Etapas de tratamento visando reuso da água.....	30

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Parâmetros dos efluentes do processamento de conservas.....	19
Tabela 2	Composição do meio de cultura BG-11.....	29
Tabela 3	Caracterização do efluente de conserva e após tratamento com <i>Aphanothece</i> , quanto aos parâmetros indicados por <i>Environmental Protection Agency Report</i> , bem como a eficiência de remoção.....	32

## Lista de Abreviaturas e Siglas

CaCl <sub>2</sub>	Cloreto de cálcio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Kg	Quilogramas
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Fosfato (mono)ácido de potássio
L	Litros
m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos
mg·L <sup>-1</sup>	Miligramas por Litro
MgSO <sub>4</sub>	Sulfato de magnésio
MnCl <sub>2</sub>	Cloreto de manganês
Na <sub>2</sub> EDTA	Sal dissódico
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	Molibdato de potássio
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato de sódio
NaNO <sub>3</sub>	Nitrato de sódio
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
pH	Potencial Hidrogeniônico
P-PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Fósforo
ST	Sólidos Totais
SS	Sólidos Suspensos
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
ZnSO <sub>4</sub>	Sulfato de zinco
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Ácido bórico
CuSO <sub>4</sub>	Sulfato de cobre (II)

## Sumário

1 Introdução.....	13
2 Objetivos.....	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3 Revisão Bibliográfica.....	17
3.1 Efluentes da indústria de conservas.....	17
3.2 Tratamento de efluentes Industriais com uso de cianobactérias.....	19
3.3 <i>Aphanothece microscopica</i> Nägeli .....	20
3.4 Reuso de água residuária.....	21
4 Materiais e Metodos.....	27
4.1 Obtenção do Efluente.....	27
4.2 Preparação do inóculo.....	29
4.3 Esquema para reuso da água residuária.....	29
4.4 Desenvolvimento dos experimentos.....	30
4.5 Análise de dados.....	31
5 Resultados e Discussão.....	32
6 Conclusões.....	36
7 Referências.....	37

## 1 Introdução

A cidade de Pelotas, localizada ao Sul do Estado do Rio Grande do Sul, é tradicionalmente uma zona de produção de alimentos, dando início pelo charque na qual foi a primeira economia da região, a posteriori para o arroz, o beneficiamento da soja e industrialização de frutas. Em fins do século XIX e início do século XX, as indústrias de conservas de hortaliças e frutas manifestaram estabelecendo várias pequenas fábricas junto às propriedades de produtores rurais (FERREIRA, 2011).

A fabricação de doces, conservas de diferentes frutas e legumes se tornou a principal atividade econômica de Pelotas e municípios vizinhos até fins dos anos 1980. Porém, ao longo da década de 1990, a maioria das empresas, não suportando a concorrência dos empreendimentos mais avançados em termos de produtividade, encerra suas atividades. As que continuaram em funcionamento se reestruturaram e, hoje, atingem uma produtividade sem precedentes no setor, sendo responsáveis por 98% das compotas de pêsego produzidas no mercado brasileiro. Dentro deste contexto, a indústria de conservas despeja nos corpos receptores de 4 a 10L de água residuária por kg de matéria-prima processada, dependendo desta, poderá apresentar altas concentrações de matérias orgânica e nutrientes (SILVA et al, 2007; SILVA-MANETTI & OLIVEIRA, 2016).

Segundo Russo et al. (2011), o efluente oriundo do processamento da indústria de conservas tem sido tratado pelas plantas de tratamento industrial ou municipal com sobrecargas do sistema, ocasionando sério problema em relação ao descarte deste tipo de efluente devido ao volume em que é gerado. Mesmo tratado e dentro dos padrões de qualidade, estas águas residuárias contém consideráveis quantidades de matéria orgânica, nitrogênio entre outros compostos que, quando lançadas ao meio ambiente causam algum impacto às águas.

Dentro deste contexto, a redução de volume de efluentes, bem como das cargas poluidoras geradas nos processos industriais, tem-se mostrado de fundamental importância na compatibilização das atividades produtivas com o meio ambiente (CONSEMA, 2006). Nesse sentido, sabe-se que um sistema de tratamento de efluente visa atender as exigências do desenvolvimento sustentável, de forma a controlar o lançamento direto das águas residuárias. No entanto, faz-se necessário providenciar ações à proteção do meio ambiente, como reciclagem e valorização dos compostos poluentes, visando o possível reuso destas águas residuárias.

De modo geral, a gestão de Recursos Hídricos no Brasil tem tido avanços significativos em termos de capacitação técnico-científica e humana, porém ainda persistem importantes carências de caráter técnico. Estas impõem ao setor de saneamento básico uma necessidade de pesquisa e desenvolvimento buscando novos processos, ou alternativas tecnológicas, para equacionar de maneira viável desafios ambientais e contribuir para o avanço científico, formação de recursos humanos na área ambiental e transferência das inovações ao setor produtivo (DEZOTTI, 2008).

Dentro deste contexto, técnicas avançadas de tratamento de efluentes líquidos exercem um papel fundamental no tratamento e gerenciamento de efluentes domésticos e industriais, com o objetivo de atingir padrões de qualidade sustentáveis para o ambiente aquático, proteção da saúde pública e para reuso e recirculação da água (PEREIRA, 2014). As técnicas de tratamento convencionais e avançadas consistem de uma combinação de processos físicos, físico-químicos e biológicos para remover sólidos sedimentáveis, em suspensão e dissolvidos, matéria orgânica, metais, ânions, nutrientes e organismos patogênicos. Na ótica do desenvolvimento sustentável, os processos de tratamento de efluentes líquidos devem ser encarados como fluxogramas para recuperação de insumos e energia, e não apenas adequação da qualidade da água (QUEIROZ et al., 2007). Esta visão favorece o investimento em tecnologias inovadoras, pois a água adquire valor econômico como alternativa de suprimento de água e diminuição de custos.

Ao avaliar tecnologias otimizadas de tratamento de efluentes visando o reuso da água, as principais considerações são a confiabilidade operacional de cada processo ou operação unitária e a capacidade global de tratamento a fim de atender aos padrões de qualidade requeridos por critérios de reaproveitamento de água, dependendo do uso. Além disso, a escassez de áreas para disposição dos resíduos sólidos gerados nos processos convencionais traz a necessidade de que estes sejam empregados como insumo em processos industriais e agrícolas. Processos dirigidos à sustentabilidade devem levar em conta a minimização e a produção de resíduos com maior potencial de aproveitamento (FILHO, 2014).

Com isso, o uso da biotecnologia empregando cianobactérias no tratamento de efluentes oferece uma alternativa interessante para os sistemas de tratamento de efluentes convencionais e promove uma série de vantagens: a biomassa utilizada é proveniente de ecossistemas naturais; não causa uma poluição secundária e a

biomassa produzida pode ser reutilizada; as cianobactérias não só apresentam capacidade de remover substâncias orgânicas como nitrogênio e fósforo, como também remover metais pesados (PROULX et al., 1994; TRAVIESO et al., 1996; SILVA-MANETTI & BRACHER, 2015; SILVA-MANETTI & AMARO, 2017; SILVA-MANETTI & OLIVEIRA, 2016).

O interesse pelo emprego de tratamentos biológicos de água residuárias utilizando cianobactérias, uma vez que, estes microrganismos apresentam habilidade de se desenvolverem na ausência de luminosidade às expensas de compostos orgânicos (FAY, 1983; ANUPAMA & RAVINDRA, 2000; YANG, 2004). Com isso, a utilização de cianobactérias no tratamento de efluentes tem demonstrado alta eficiência na redução de matéria orgânica e nutriente, como nitrogênio e fósforo dissolvidos em despejos urbanos e industriais (MARTINEZ et al., 2000; NUNEZ et al., 2001; SILVA-MANETTI & BRACHER, 2015; SILVA-MANETTI & OLIVEIRA, 2016; SILVA-MANETTI & AMARO, 2017). Nesse processo a água residuária gerada pode ser reciclada após incorporação de seus nutrientes em uma biomassa com o propósito de redução da carga poluidora através da remoção de nutrientes bem como a possibilidade do uso da biomassa gerada.

Independente da biomassa gerada pesquisas tem sido desenvolvida no sentido de aproveitamento da água gerada após tratado por esses microrganismos. Dentre estes microrganismos a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli tem sido amplamente estudada visando, não somente o tratamento de efluente assim como seu possível reuso (SILVA-MANETTI, 2013; SILVA MANETTI, 2008; SILVA-MANETTI & BRACHER, 2015; SILVA-MANETTI & OLIVEIRA, 2016; SILVA-MANETTI & AMARO, 2017).

Dentro deste cenário, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a possibilidade do reuso do efluente da indústria de conservas tratado por cianobactéria, em sistemas de refrigeração.

## **Objetivos**

### **2.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a possibilidade do reuso do efluente da indústria de conservas tratado por cianobactéria.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar o efluente gerado pela indústria de conservas.
- Avaliar o potencial de reuso do efluente de conservas.
- Investigar o uso de *Aphanothece microscopica* Nägeli no tratamento do efluente de conservas visando o reuso desta água residuária.



### 3 Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Efluentes da Indústria de Conservas

A indústria de conserva de frutas e vegetais é dividida em setores organizacionais estruturais e geralmente suas matérias-primas são frutas da própria região. Os processos que percorrem vão desde o processo de lavagem das frutas, descasque, cozimento das matérias-primas classificada como etapa inicial de preparo até ser embalado para a comercialização. Destacamos então, os resíduos de calda e salmoura, tanto nos seus preparos como nas operações de enchimento, exaustão e recravação dos recipientes que são incorporados no efluente e descartados os restos não aproveitados (KOETZ, 1986).

O manuseio da água no sistema industrial traz consigo modificações consideráveis de suas qualidades e características, por meio da aglomeração de substâncias, definida como efluente, as particularidades podem discernir num determinado espaço de tempo e dependendo da indústria, deve-se dar importância ao seus processos industriais e sistema organizacional de cada indústria (BERARDINO et al., 2000; GUERRERO et al., 1999).

O descarte de efluentes das indústrias em corpos hídricos pode causar alterações: físicas, químicas e/ou biológico no meio ambiente. Nas alterações físicas, o descarte destes efluentes pode aumentar significativamente a turbidez e a quantidade de sólidos suspensos, além de alterar o gosto da água e sua respectiva coloração. Já nas alterações químicas, podem causar aumento e/ou diminuição de pH devido a formação de ácidos e bases, aumento da concentração de sal na água, aumento da concentração de nutrientes e matéria orgânica, diminuição do teor de oxigênio dissolvido, além de conter substâncias tóxicas aos organismos presentes no corpo receptor hídrico. Nas alterações Biológicas, tais efluentes em um corpo hídrico, pode acarretar o crescimento de micro-organismos indesejáveis afetando os organismos que sobrevivem naquele ambiente aquático, em casos extremos levar até a eutrofização da água (PATWARDHAN, 2008).

As indústrias produzem um alto valor de efluente no sistema de esgoto, mais precisamente de 30 (trinta) indústrias com seu descarte diário produzido em média, 10.200 m<sup>3</sup>/dia de efluentes, são tratadas. Uma parte da porcentagem porem 4.400 m<sup>3</sup>/dia são lançadas no Sistema de Esgotos. Destacamos que 19 (dezenove)

indústrias são alimentícias produzindo especificamente 5,3 ton. DBO/dia, e deste dado 2,2 ton. DBO/dia são ejetadas no sistema de esgoto. Os efluentes das indústrias de alimentos são caracterizados por alto conteúdo de compostos carbonados, nitrogenados e fosforados (WANG et al, 2005).

A Tabela 1 demonstra os parâmetros encontrados por Silva et al. (2007) na caracterização do efluente de processamento de conserva.

Tabela 1 - Parâmetros iniciais dos efluentes do processamento de conservas

Parâmetros	Tipos de conserva	
	Milho	Figo e Pêssego
Temperatura (°C)	30	25
Ph	5,44	8,9
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	5675,28	7968,68
N-NTK (mg.L <sup>-1</sup> )	74,97	68,58

Fonte: SILVA et al. (2007)

### 3.2 Tratamento de efluentes Industriais com uso de cianobactérias

O tratamento mais comum no Brasil para tratamentos biológicos de águas residuárias, é o reator UASB, figura abaixo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), conforme Figura 1.

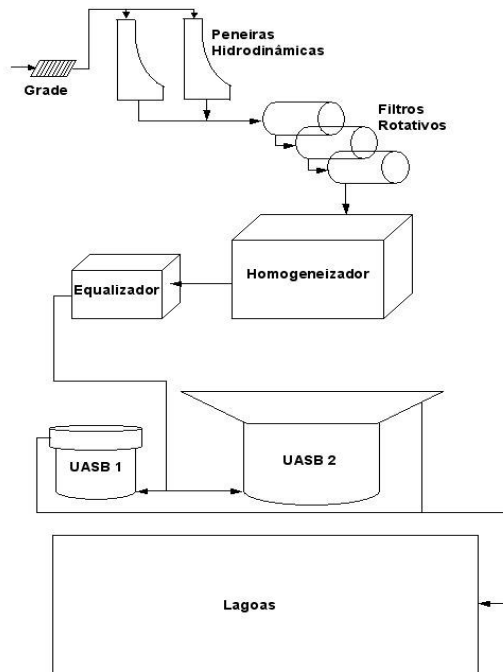


Figura 1 - Fluxograma da estação de tratamento de efluentes da indústria de conserva

Fonte: HUBER (2007)

A vantajosa utilização desse método está na capacidade de remoção da concentração de biomassa com alta velocidade de fluxo ascensional e produção de biogás isso se deve devido a reduzida taxa de crescimento dos microrganismos no sistema anaeróbio, o custo baixo e a baixa produção de biomassa e a simplicidade operacional como fatores do sucesso desse sistema de tratamento no Brasil. E tem sido mostrado como opção viável, apresentando reduções da demanda química de oxigênio (DQO) maiores que 93 % e tempo de detenção hidráulica de inferior a 12h. Não obstante, os reatores UASB trazem consigo uma determinada dificuldade na retirada de fósforo com sua remoção de apenas 12,5% do fósforo presente no efluente (LOPES & CAMPOS, 1996; TRNOVEC & Britz,1998; SOUZA, 2011; VIEIRA, 1988;).

Por este motivo sugerimos então a participação das cianobactérias para a remoção de determinados elementos como o fosforo já citado anteriormente no presente trabalho. Então, as cianobactérias são microrganismos procariontes capazes da realização da fotossíntese para a síntese de energia, encontrados de forma abundante no ambiente (WHITTON, 2012). A capacidade de fixação de cianobactéria em sintetizar nitrogênio molecular através de células específicas, denominadas de heterocistos, permite que sobrevivam à ausência de luminosidade

(ESTEVEES, 1998; MADIGAN et al., 2004; LOURENÇO, 2006), esses microrganismos são capazes de remover matéria orgânica e nitrogênio em uma única etapa. (ORTIZ et al., 1997; XING et al., 2000; QUEIROZ et al., 2007).

O uso da cianobactéria *Aphanothece microscopica Nägeli* demonstrou potencial no tratamento de efluente de curtume, apresentando uma taxa de remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, de 72,3%, 51,9% e 94,7%, respectivamente. Além da eficiência de remoção na ordem de 99,8% de cromo total e 97,1% de ferro total. (BRÄCHER, 2015).

### 3.3 *Aphanothece microscopica Nägeli*

*Aphanothece microscopica Nägeli* é encontrada principalmente na Lagoa dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul, segundo diversos estudos, demonstrou grande potencial de aplicabilidade no tratamento e reuso de efluentes do setor agroindustrial, principalmente, devido a sua capacidade de remover de nutrientes como fosforo, enxofre dentre outras, e matéria orgânica presentes no mesmo (BASTOS; PADILHA e BENERI, 1999; QUEIROZ et al., 2001; QUEIROZ et al., 2002; BASTOS et al., 2004; SILVA et al., 2007; SILVA-MANETTI, 2008; SILVA-MANETTI, 2012; BONINI e BASTOS, 2013; BRÄCHER, 2015).

A cianobactéria *Aphanothece microscopica Nägeli* é uma cianobactéria de coloração verde acinzentada, sua aparência celular pode ser: oval, elipsoidal ou cilíndrica. Seu tamanho pode ter variações de comprimento e largura entre 9 a 9,5 µm e 4,2 µm, respectivamente. A divisão celular destas cianobactérias acontece pela fissão binária, por sucessivas gerações (HALPERIN, 1974; FRANCESCHINI et al., 2010)

O cultivo de *Aphanothece microscopica Nägeli* no efluente gerado no processo de parborização de arroz na ausência de luminosidade, foi estudado por Bastos et al. (2004) no qual verificaram a viabilidade de cultivo neste meio, devido aos resultados de crescimento da concentração celular e remoção de nitrogênio e matéria orgânica (SILVA-MANETTI & OLIVEIRA, 2016).

Segundo estudos realizados por Silva-Manetti (2012), *Aphanothece microscopica Nägeli* demonstrou-se aplicável ao tratamento de efluentes da indústria de laticínios, com respectiva remoção do efluente cerca de 86% de N-NTK, 75% de fósforo, 81% de Amônia, 69% de ferro e 78% de DQO. No tratamento deste efluente

pela cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli foi associado ao uso de coagulantes e posterior microfiltração, todas as eficiências de remoção avaliadas foram aumentadas, chegando em eficiências de remoção em torno de 95% para quase todos os parâmetros. Posteriormente foi fonte de estudo, também, as características do efluente após tratamento com os parâmetros recomendados para reuso de efluentes para sistemas de refrigeração e de potabilidade desta água concluído que a associação das técnicas de tratamento foi eficaz quando se diz respeito ao reuso do efluente de refrigeração para departamento de laticínios respeitando as características de potabilidade de água.

### **3.4 Reuso de água residuária**

A preocupação com a água potável e sua possível escassez tem gerado fontes de estudos para que seja usada de forma consciente, pois seu uso exacerbado juntamente com contaminação por meios industriais tem concentrado os esforços de diversos pesquisadores com o intuito de encontrar uma maneira e/ou alternativa para um aproveitamento das águas. Cabe definirmos, desta forma, que existem dois tipos de reuso da água: o direto e o indireto.

Desde os primórdios do conceito conservacionista nos quais trata que para manter a fertilidade do solo, ou a redução de poluição dos rios, tem seu enfoque que o reuso da água deve ser feito para fornecer água para as zonas áridas. Porém, devido as exigências ambientais referente ao tratamento de efluentes ejetados no corpo d'água, demonstrou-se mais vantajosa e lucrativo a reutilização do efluente antes de realizar seu descarte final (FIESP/CIESP, 2005).

A Conferência de Dublin, 1992 traz a relação de vastos problemas no que diz respeito à disponibilidade da água potável e estabeleceu 4(quatro) princípios para a gestão de água sustentável, são eles:

- I- Água doce é um recurso finito, vulnerável, essencial a vida e ao meio ambiente;
- II- Gerenciamento baseia-se na participação de usuários, formuladores de políticas, em todos os seus níveis;
- III- Os homens desempenham um papel essencial no gerenciamento e proteção da água;

#### IV- O valor econômico da água.

As conclusões da Conferência de Dublin sobre a água foram trazidas pela ECO-92, em RJ, 1992, onde sua principal preocupação era a sustentabilidade. O reuso da água após seu tratamento tem o objetivo de minimizar os impactos causados pelo lançamento de esgotos, com a ideia de preservar o meio ambiente e preservar os recursos hídricos. Podemos citar, Rodrigues (2005), na qual apresenta a classificação para o reuso da água demonstrados na Figura 2 e 3.



Fonte: Rodrigues, 2005

Figura 2: Reuso Indireto não planejado da água



Fonte: Rodrigues, 2005

Figura 3: Reuso Direto planejado da água

Para Rodrigues (2005) a classificação de reuso está ligado a intenção de realização:

Reuso Intervencional ou planejado: ocorre quando há conhecimento de que o reuso está sendo realizado, e com isso, todos os cuidados necessários para sua prática são previstos. Reuso não Intervencional, não planejado ou inconsciente: normalmente ocorre quando há o reuso indireto, e aqueles que fazem uso das águas a jusante dos lançamentos de efluentes, não tem consciência desta ocorrência (p.177).

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES, 1992, classificou o reuso de água em água potável e não potável (MORELLI, 2005).

Sendo assim, reuso potável está dividido em duas categorias, o uso direto sendo definido como o esgoto recuperado após tratamento avançado, reutilizado no sistema de água potável; uso indireto onde refere-se ao esgoto, que após seu tratamento é disposto na coleção de águas subterrâneas para captação, tratamento, purificação e posteriormente ser utilizada como água potável, por exemplo.

O reuso de água não potável é redirecionado a chuveiros, lavagem de veículos, máquinas de lavar, irrigação de jardins, e atividades correlatas com o intuito de economizar a água potável. Podemos citar tal reuso conforme a **NBR 13.969/97**, esquematizado no quadro abaixo (figura 4):

Classes	Parâmetros	Comentários
<b>Classe 1</b> – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· turbidez - &lt; 5 UNT;</li> <li>· coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml;</li> <li>· sólidos dissolvidos totais &lt; 200 mg/l</li> <li>· pH entre 6.0 e 8.0;</li> <li>· cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l</li> </ul>	Nesse nível, serão geralmente necessários tratamentos aeróbios (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguidos por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante.
<b>Classe 2</b> – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:	<ul style="list-style-type: none"> <li>· turbidez - &lt; 5 UNT;</li> <li>· coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;</li> <li>· cloro residual superior a 0,5 mg/l</li> </ul>	Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
<b>Classe 3</b> – Reuso nas descargas das bacias sanitárias	<ul style="list-style-type: none"> <li>· turbidez - &lt; 10 UNT;</li> <li>· coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;</li> </ul>	Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão.
<b>Classe 4</b> – Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml;</li> <li>· oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l</li> </ul>	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Fonte: ABNT – NBR 13.969/97.

Figura 4: Classificação dos parâmetros do efluente conforme o tipo de reuso.

O artigo 2º da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH classifica essas águas pela seguinte categorização: “esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

Os riscos trazidos pela utilização do reuso da água recuperada, para melhor compreendimentos foi listado na figura 5, os principais riscos trazido a comunidade populacional em diferentes setores.

FORMA DE REÚSO	RISCOS À SAÚDE
<b>Agrícola</b>	Contaminação de consumidores de alimentos contaminados com organismos patogênicos e/ou substâncias químicas tóxicas; Contaminação direta de trabalhadores Contaminação do público por aerossóis Contaminação de consumidores de animais que se alimentam de pastagens irrigadas, ou que sejam criados em lagoas contaminadas.
<b>Industrial</b>	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso Se utilizada como água de processo, pode haver contaminação de produtos comestíveis; Contaminação direta de trabalhadores
<b>Recreacional</b>	Doenças de veiculação hídrica, infecção nos olhos, ouvidos e nariz; Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosas, devido aos efluentes industriais; Contaminação direta de trabalhadores
<b>Recarga de Aquífero</b>	Contaminação de aquíferos utilizados como fonte de água potável Contaminação direta de trabalhadores
<b>Reuso urbano não potável</b>	Conexão cruzada entre sistemas de água potável e de reúso; Contado como água recuperada utilizada para irrigação de parques e jardins ou lavagem de ruas ; Contaminação direta de trabalhadores
<b>Reúso Potável</b>	Ingestão de contaminantes biológicos e químicos Contaminação direta de trabalhadores

Fonte: Rodrigues, 2005.

Figura 5- Tipos de reuso associados aos riscos à saúde.



As novas tecnologias otimizadas de tratamento de efluentes traz consigo o reuso da água, com credibilidade de cada processo unitário e a capacidade global de tratamento com o intuito de atender aos padrões de qualidade requeridos por critérios de reaproveitamento de água, dependendo de sua utilização. Junta-se ao fato de que a escassez de áreas para disposição dos resíduos sólidos gerados nos processos convencionais traz a necessidade de que estes sejam empregados como insumo em processos industriais e agrícolas. Processos dirigidos à sustentabilidade devem levar em conta a minimização e a produção de resíduos com maior potencial de aproveitamento.



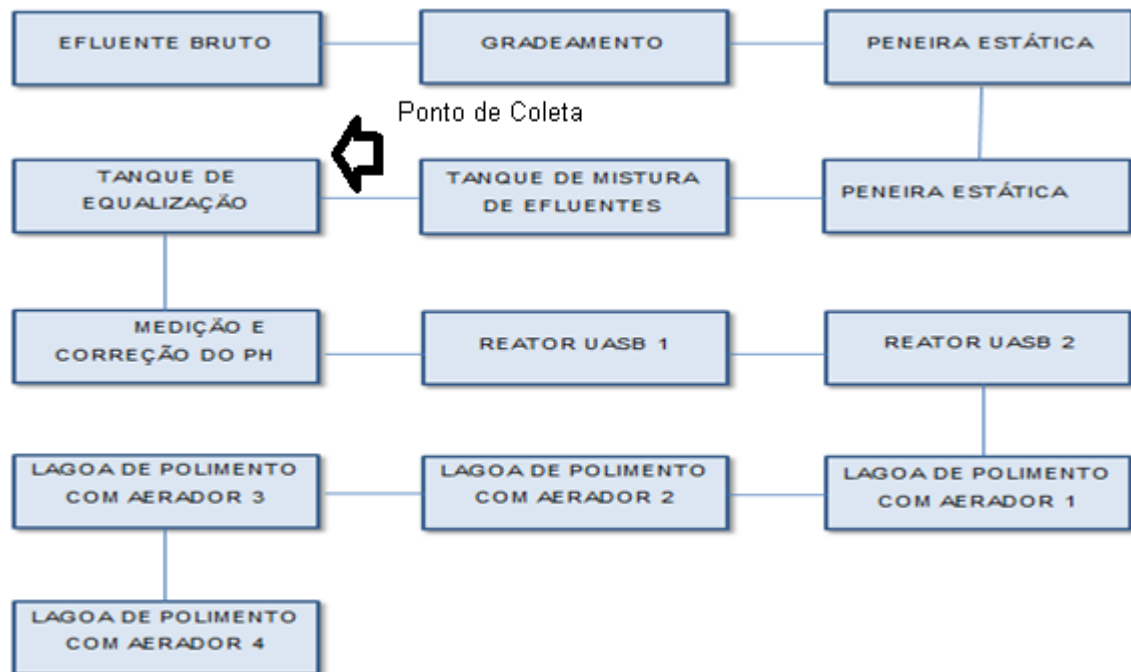


Figura 7: Representação esquemática da planta de tratamento de efluentes da indústria de conservas

O sistema de depuração do efluente é constituído de um gradeamento, duas peneiras estáticas, tanque de equalização, tanque de mistura, dois reatores UASB e quatro lagoas de polimento aeradas. Os parâmetros analisados seguiram as determinações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005) com base nos componentes indicados por Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report para reuso de águas em sistemas de refrigeração (EPA, 1992), sendo eles: sílica, amônia, ST, SS, turbidez, DQO, dureza, pH, sulfato, fósforo. Os coliformes totais foram determinados através do método dos tubos múltiplos (SILVA, 1997). A turbidez foi medida em turbidímetro da marca Termo Orion, modelo Aquafast II. Os parâmetros coliformes totais, alumínio, cálcio, magnésio, manganês e ferro foram analisados no Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambientais (LAQIA)/Depto. de Química/CCNE – Universidade Federal de Santa Maria.

## 4.2 Preparação do inóculo

Suspensões de *Aphanothece microscopica* Nägeli foram mantidas em meio BG-11 (Braun – Grunow Medium), (RIPPKA et al., 1979), por 120 horas, à 25°C, pH 7,8, fotoperíodo de 12h e luminosidade constante (QUEIROZ, 1998). A concentração celular foi determinada gravimetricamente, através da filtração de volume conhecido de meio de cultura, na fase exponencial de crescimento, em filtro de diâmetro 0,45µm, seco a 60°C por 24 horas. Na Tabela 2, é apresentado a composição do meio BG-11.

Tabela 2 - Composição do meio de cultura BG-11.

Componentes	Concentração (g.L <sup>-1</sup> )
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> . 3H <sub>2</sub> O	0,04
MgSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	0,075
Na <sub>2</sub> EDTA	0,001
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	1,81
ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	0,222
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O	0,39
CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	0,079
CaCl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O	0,04
Ácido cítrico	0,006
Citrato férrico e amônio	0,006
NaNO <sub>3</sub>	15
pH	7,4 – 7,6

Fonte: RIPKA et al., 1979

## 4.3 Esquema para reuso da água residuária

O procedimento de reuso da água residuária foi estabelecido segundo esquema expresso na Figura 8 (SILVA-MANETTI, 2008).

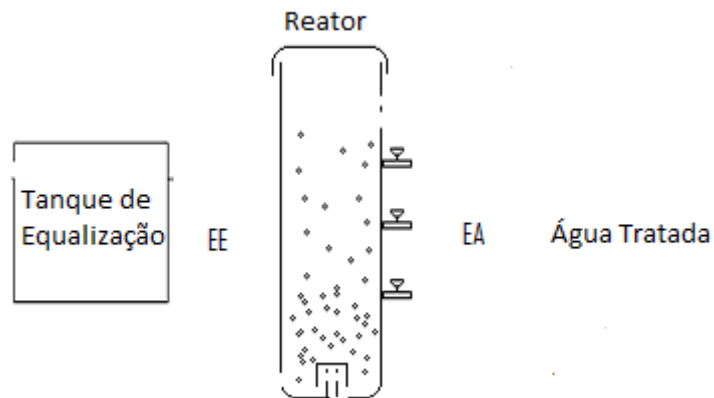


Figura 8: Etapas de tratamento visando o reuso de água. ; EA (efluente do tratamento por *Aphanothece*; EE (efluente do tanque de Equalização). Fonte: SILVA-MANETTI, et al., 2008).

A cada etapa do processo a água residuária gerada foi caracterizado, segundo os parâmetros descritos em *Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report* para reuso de águas em sistemas de refrigeração (EPA, 1992), visando sua reutilização em sistemas de refrigeração.

A eficiência de remoção de cada parâmetro a cada etapa foi calculada segundo a Equação 1.

$$Eficiência : \left[ \frac{(EE - EA)}{EE} \right] X 100 \quad \text{Equação 1}$$

Na qual:

EE: Efluente tanque equalização

EA: Efluente após *Aphanothece*

#### 4.4 Desenvolvimento dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em reator em sistema descontínuo de mistura completa com capacidade de 10L, com volume útil de 5 litros. Foi utilizado inóculo em torno de 200mg/L de células de *Aphanothece*, na fase exponencial de

crescimento. Um volume de cultura equivalente ao requerido foi sedimentado, separado do sobrenadante, e transferido para o reator sob aeração constante, pH ajustado a 7,8, 25°C, ausência de luminosidade e tempo de detenção hidráulico 16 horas (HORNES & QUEIROZ, 2004; OLIVEIRA & SILVA-MANETTI, 2016). A separação da biomassa foi realizada através do processo de decantação, em que, após o tempo de detenção hidráulico, deixou-se a biomassa decantar, por 15 minutos, para caracterização do sobrenadante conforme os parâmetros de reuso (SILVA-MANETTI, 2008).

#### **4.5 Análise de Dados**

As diferenças das médias, dos resultados obtidos, foram analisadas pelo teste de Tukey.

## 5 Resultados e Discussão

Na Tabela 3 estão expressos a caracterização do efluente da indústria de conservas, do tanque de equalização e após *Aphanothece*, com base nos parâmetros indicados no *Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report* para reuso de águas em sistemas de refrigeração bem como os limites impostos por esta resolução e eficiência de remoção após tratamento com a cianobactéria.

Tabela 3. Caracterização do efluente de conserva e após tratamento com *Aphanothece*, quanto aos parâmetros indicados por *Environmental Protection Agency Report*, bem como a eficiência de remoção.

Parâmetros	EPA (1992)	EE	EA	E(%)
Sílica	50	1,05 <sub>a</sub>	1,01 <sub>a</sub>	3,80
Amônia	1	2,20 <sub>a</sub>	0,42 <sub>b</sub>	80,90
ST	1000	701 <sub>a</sub>	710 <sub>a</sub>	-1,28
Turbidez	50	198,5 <sub>a</sub>	352,37 <sub>b</sub>	-0,77
DQO	75	11.147 <sub>a</sub>	793,70 <sub>b</sub>	92,88
Dureza	650	35,20 <sub>a</sub>	33,70 <sub>a</sub>	4,26
Ph	6,9 a 9	3,45 <sub>a</sub>	7,8 <sub>b</sub>	-
Sulfato	200	108,05 <sub>a</sub>	75,15 <sub>b</sub>	30,44
Fósforo	4	4,87 <sub>a</sub>	0,22 <sub>b</sub>	95,50
Alumínio	0,1	0,10 <sub>a</sub>	0,062 <sub>b</sub>	38,00
Cálcio	50	23,50 <sub>a</sub>	22,26 <sub>a</sub>	0,52
Magnésio	0,5	0,55 <sub>a</sub>	0,54 <sub>a</sub>	1,81
Manganês	0,5	0,22 <sub>a</sub>	0,20 <sub>a</sub>	9,09
Ferro	0,5	0,17 <sub>a</sub>	0,15 <sub>a</sub>	11,76
Coliformes Totais	2,2	< 2	< 2	

Fonte: valores médios de 3 repetições. EE: efluente do tanque de equalização; EA: efluente tratado por *Aphanothece*; E (%): eficiência de remoção. **\*Combinações de letras diferentes indicam diferença significativa após teste estatístico de Tukey ( $p \leq 0,05$ );** Parâmetros expressos em mg/L; exceto turbidez (UNT - Unidade Nefelométrica), dureza em mg/L CaCO<sub>3</sub>; sílica: mg/L SiO<sub>2</sub>. Coliformes totais: NMP/100mL.

Através dos resultados obtidos, pode-se observar através da Tabela 3, após teste Tukey, que, para a maioria dos parâmetros em estudo houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) do efluente bruto (tanque de equalização – EE) e após tratamento por *Aphanothece microscopica* Nägeli (EA).

Como se sabe, o reuso da água utilizada nas indústrias implica em benefícios ao meio ambiente, pois diminui a descarga de poluentes e a coleta de água de alta qualidade de aquíferos subterrâneos e de superficiais. Além disso, a reciclagem de efluentes permite diminuir os custos dos processos de depuração e utilização de água potável (MARCUCCI & TOGNOTTI, 2002). Visto isso, pode-se observar através da Tabela 5 que o efluente da indústria de conservas, apresenta potencial de reuso em sistemas de refrigeração. Observa-se que, quase todos, os parâmetros se encontram dentro do limite estabelecido pelo *Guidelines for Water Reuse, US Environmental Protection Agency Report* para os limites de reuso em sistemas de refrigeração, exceto amônia, turbidez, DQO, Mg. No que se refere ao parâmetro turbidez, é notório o aumento destes constituintes pós-tratamento com a cianobactéria, o que é atribuído ao crescimento celular.

Observa-se que especificar qualidade de água para uso em caldeira exige conhecimentos da variação de pressão em cada uma das caldeiras, uma vez que é requerida uma qualidade de água diferenciada. Uma água que contenha sólidos totais em torno de  $700 \text{ mg.L}^{-1}$  só pode ser usada em caldeira que trabalha com uma pressão menor do que 10 bar; para pressões maiores do que 10 bar a concentração de sólidos deve ser menor do que  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  e para pressões maiores do que 50 bar de sólidos a restrição ainda é maior e a concentração de sólidos deverá ser menor do que  $200 \text{ mg.L}^{-1}$ . Este exemplo corrobora com a preocupação de alguns autores, principalmente Mancuso e Santos (2002), que associam a conceito da qualidade da água ao uso a que se aplica. Através dos resultados obtidos para este parâmetro, o estudo constatou, nas condições experimentais, concentrações na ordem de  $700 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Em relação ao pH, o efluente apresentou valor de 3,45. Trnovec e Britz (1998) e Silva et al. (2007), caracterizaram o efluente de frutas e milho em conserva, respectivamente, e obtiveram valores de pH na ordem de 5,44. Os baixos valores do pH é outra característica comum desse tipo de resíduo, ocasionando a necessidade



do ajuste a valores ideais ao tratamento biológico. A partir dessa constatação, para o efluente da indústria de conservas, faz-se necessário o ajuste do pH em torno de 7,6, que é o valor ideal de cultivo da *Aphanothece microscópica* Nägeli, entre 7,6 e 7,8 (RIPKA et al., 1979).

O principal objetivo do tratamento de efluentes em escala industrial é eliminar substâncias dissolvidas geradas nos processos para a proteção da integridade dos equipamentos, qualidade dos produtos e enquadramento do efluente final aos padrões legais de lançamento no corpo receptor ou reuso deste. Visto assim, através dos resultados obtidos após tratamento com *Aphanothece microscópica* Nägeli, verifica-se importantes eficiências de remoção dos parâmetros estudados. As cianobactérias agem como agentes de purificação altamente eficientes não somente pela oxigenação da água como também por sua eficiência de remoção de nutrientes e metais (SANCHO et al., 1999; QUEIROZ et al., 2001; SILVA-MANETTI, 2013; BRACHER et al., 2018).

Avaliando-se comparativamente os dados registrados após tratamento com a cianobactéria *Aphanothece microscópica* Nägeli (EA) com os resultados do efluente oriundo do tanque de equalização da indústria de conservas (EE), observa-se importantes remoções dos componentes da água residuária salientando principalmente amônia, DQO e P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> com eficiências de remoção de 80, 92% e 95%, respectivamente, e atingindo concentrações de amônia inferiores ao indicado para reuso em sistemas de refrigeração de acordo EPA (1992). SILVA-MANETTI et al. (2013) obtiveram remoções de matéria orgânica expressas como DQO na ordem de 89% por *Aphanothece microscópica* Nägeli, no efluente da indústria de pesca a fim de reuso deste efluente em sistemas de refrigeração. Valor este equivalente ao registrado neste trabalho para o efluente da indústria de conservas. As altas eficiências de remoção de matéria orgânica são explicadas devido à habilidade de algumas espécies de cianobactérias crescem em metabolismo heterotrófico assimilando compostos orgânicos na ausência de luminosidade (QUEIROZ et al., 2007; SILVA-MANETTI et al., 2013; BRACHER et al., 2018). O alto índice de remoção de fósforo (95%) constatado está de acordo com o reportado por HORNES & QUEIROZ (2004) que obtiveram 100% de remoção de P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> utilizando o microrganismo em estudo no tratamento do efluente da indústria da pesca. Assim como, com os resultados obtidos por Silva-Manetti et al. (2013), que obtiveram até 98% de remoção deste constituinte.

No que se refere à amônia, pode-se observar importante índice de remoção (80%) e este constituinte, após tratamento com *Aphanothece*, se adequou para finalidade. Este resultado é de suma importância quando se visa o reuso de água em sistemas de refrigeração, uma vez que, a amônia ocasiona problemas de corrosão severa em trocadores de calor quando em concentrações acima do permitido na legislação (EPA, 1992). As cianobactérias têm sido indicadas como importantes agentes removedores de nitrogênio amoniacal (QUEIROZ et al., 2001; QUEIROZ et al., 2002; HORNES & QUEIROZ, 2004) sendo registradas eficiências de remoção de até 100% por estes microrganismos inclusive para a cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli.

Quantos as exigências microbiológicas, no que se refere a parâmetros, a *US Environmental Protection Agency Report*, indica 2,2 NMP/100mL para a possibilidade de ser reutilizada em sistemas de refrigeração. Foram obtidos índices inferiores a 2 NMP/100mL. Sendo assim, os resultados microbiológicos obtidos neste trabalho atendem a exigência da legislação.

## 6 Conclusões

O efluente da indústria de conservas, nas condições avaliadas, apresentou elevado potencial de reuso em sistemas de refrigeração.

*Aphanothece microscopica* Nägeli demonstrou importante potencial para sua aplicação no tratamento de efluentes da indústria de conservas, com importantes resultados de remoção de amônia, DQO e P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> com eficiências de remoção de 80, 92% e 95%, respectivamente.

No que se refere ao reuso da água residuária, os resultados demonstraram que a associação do tratamento com *Aphanothece*, quando se visa o reuso, do efluente de conserva, foi eficaz.

## 7 Referências Bibliográficas

\_\_\_ **NBR 13969**: Tanques sépticos- Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos- Projeto, construção e operação. RJ, set. 1997.

**AGENDA 21**. Disponível em: < [www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global](http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global)>. Acesso em: 02 maio, 2018.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, 2005.

BASTOS, R. G. et al. **Remoção de nitrogênio e matéria orgânica do efluente da parboilização do arroz por *Aphanothece microscopica* Nägeli na ausência de luminosidade**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 9, n. 2, p. 112-116, 2004.

BERARDINO, S. Di; COSTA, S.; CONVERTI, A. **Semi-continuous anaerobic digestion of a food industry wastewater in an anaerobic filter**. Bioresource Technology. v. 71, p. 261-266, 2000.

BONINI, Monica de Albuquerque; BASTOS, Reinaldo Gaspar. **Produção de biomassa de *Aphanothece microscopica* e *Chlorella vulgaris* por cultivo heterotrófico a partir de Glicose**. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 33, n. 2, p. 151-160, 2013.

BRÄCHER, Gustavo Holz. **Avaliação do potencial de aplicação de *Aphanothece microscopica* Nägeli no tratamento de efluente de curtume**. 2015. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

BRÄCHER, Gustavo Holz; POSSA, Thais Magalhães; FLORES, Rubia; SILVA-MANETTI, Adriana Gonçalves. Artigo aceito na revista Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, intitulado "**Biorefinaria a partir do tratamento de efluentes de curtume**" (RICA V09 N07 2018).

CONSEMA - **Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução nº 128, de 24 de novembro de 2006**. Porto Alegre. 9p. 2006.

COSTA, F. C.; RODRIGUES, F. A. M.; FONTOURA, G. A. T.; CAMPOS, J. C.; SANT'ANNA JR., G. L.; DEZOTTI, M. **Tratamento do efluente de uma indústria química pelo processo de lodos ativados convencional e combinado com carvão ativado**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 8, n. 4, p. 274-284, 2003.

EPA, **Guidelines for water reuse**, US Environmental Protection Agency Report, EPA/625/R-92/004, US Agency for International Development, Washington, DC, 1992.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência/Finep, 1988.

FAY, P. **The blue-greens (Cyanophyta-Cyanobacteria)**. First published in Great Britain. p. 01 - 88, 1983.

FERREIRA, Laura Senna. Setor de conservas da região de Pelotas (RS): **mudanças na produção e conservadorismo nas relações de trabalho**. Em Debate, n. 5, p. 47-63, 2011.

FILHO, A. T. **Guia técnico ambiental da indústria de laticínios**. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG e Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM. 70p.

FRANCESCHINI, I. M. et al. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Artmed, 2010.

GUERRERO, L.; OMIL, F.; MÉNDEZ, R. **Anaerobic hidrolisis and acidogenesis of wastewaters from food industries with high content of organic solids and protein**. *Water Research*. v. 33, n. 15, p. 3281-3290, 1999.

HALPERIN, D. R.; DE CAIRE, G. Z.; ZACCARO, M. C. Contenido, **Proteico de Aphanothece stagnina** (Sprengel). A. Braun (Cyanophyta, Chorococcaceae) *Physissección B*, Buenos Aires, v. 33, p. 87, 1974.

HORNES, M.; QUEIROZ, M.I. **Evaluation of the growth of cianobacterium Aphanothece microscopica Nägeli in effluent of fishing industry**. In: CHISA – 16th International Congress of Chemical and Process Engineering. Prague, 2004.

HUBER, Charles Soares. **Minimização de efluentes e avaliação de sistema biológico de tratamento de águas residuárias em uma indústria de conservas vegetais**. 2007. 59f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Agrícola. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

KOETZ, P. R. **Características físicas, químicas e bioquímicas dos resíduos da agroindústria de conservas vegetais**. Informativo da Embrapa, n.5, p.6-12, jun./jul,1986.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos: Rima, 2006.

LOPES, D. D.; CAMPOS, J. R. **Efeito do N-amoniaco na atividade metanogênica específica durante a degradação de glicose**. SEMINARIO-TALLER LATINOAMERICANO SOBRE TRATAMIENTO DE ÁGUAS RESIDUALES, v. 4, p. 19-22.

MADIGAN, M. T. et al. **Microbiologia de Brock**. Artmed, 2004.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água**. Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri, SP; Manole, 2003.

MARCUCCI, M.; TOGNOTTI, L. **Reuse of wastewater for industrial needs: the Pontedera case**. *Resources, Conservation and Recycling*, Italy, v.34, n. 4, mar 2002.

MOHSEN, M.S.; JABER, J.O.. **Potential of industrial wastewater reuse**. *Desalination*. p. 281, 2002.

MORELLI, Eduardo Bronzatti. **Reuso da água na lavagem de veículos**. Dissertação. 107 páginas, São Paulo, 2005. Disponível em: [http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art\\_1120048943\\_reuso\\_d\\_e\\_agua\\_de\\_lavagen\\_de\\_veiculos.pdf](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Lib/Image/art_1120048943_reuso_d_e_agua_de_lavagen_de_veiculos.pdf). Acessado em 21 maio de 2018.

OLIVEIRA, Davi Sarubbi de. **Avaliação a cinética de crescimento e consumo de substratos por *Aphanothece microscopica* Nägeli no efluente de conservas**. 2016. 48f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

ORTIZ, C.P; STEYER, J.P; BORIES, A. **Carbon and nitrogen removal from wastewater by *Candida utilis*: kinetic aspects and mathematical modeling**. Process Biochemistry (32), 179–189, 1997.

PATWARDHAN, A. D. **Industrial waste water treatment**. PHI Learning Pvt. Ltd., 2008.

PEREIRA, Heron da Silva. **Estudo da caracterização do efluente do Campus Universitário Capão do Leão e possibilidade de reuso**. 2014. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

QUEIROZ, M. I. et al. **The kinetics of the removal of nitrogen and organic matter from parboiled rice effluent by cyanobacteria in a stirred batch reactor**. Bioresource Technology, v. 98, n. 11, p. 2163-2169, 2007.

RIPPKA, R.; DERUELLES, J.; WATERBURY, J. B.; HERDMAN, M.; STANIER, R. Y. **Generic assignments strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria**. Journal of General Microbiology, v. 111. p. 01 - 61, 1979

RODRIGUES, Raquel dos Santos. **As dimensões legais e institucionais do reuso da água no Brasil: Proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. Dissertação (Mestrado) EPUSP-PHD- São Paulo, 2005.

RUSSO, D.A.M.T. **Estudo do crescimento da microalga *Chlorella vulgaris* numa água residual tratada, sob diferentes condições de fotoperíodo e temperatura**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Energia e Bioenergia) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SANCHO, M.E.M.; CASTILLO, J.M.J.; YOUSFI, F. **Photoautotrophic consumption of phosphorus by *Scenedesmus obliquus* in a continuous culture. Influence of light intensity**. Process Biochemistry, v.34, p.811-818, 1999.

SILVA-MANETTI, A. G. **Avaliação do potencial de reuso da água industrial oriunda de uma indústria processadora de pescado utilizando *Aphanothece microscopica* Nägeli**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

SILVA-MANETTI, A. G.; HORNES, M. O.; MITTERER, M.L. ; QUEIROZ, M. I. **Fish processing wastewater treatment by combined biological and chemical**

**processes aiming at water reuse.** Desalination and Water Treatment, v. 29, p. 196-202, 2013

SILVA-MANETTI, A. G. **Produção de Carboidratos a Partir do Efluente de Laticínios Tratado por Cianobactéria.** 2013. 227f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

SILVA, N. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** Valéria Christina Amstalden - São Paulo : Livraria Varela, 1997, p. 31.

SILVA-MANETTI, A. G.; LOPES, E. J.; VIEIRA, J. G.; STREIT, N. M. ; QUEIROZ, M. I. **produção de carboidratos extracelulares por cianobactéria cultivada no efluente de laticínios.** In: SINAIFERM, Foz do Iguaçu, 2013.

SILVA, E. B. et al. **Remoção de nutrientes em águas residuárias da indústria de conservas utilizando *Aphanothece microscopica* Nägeli.** *Vetor*, Rio Grande, v. 15, n. 1, p. 19-23, 2005.

SILVA, E. B., ISOLDI, L. A., QUEIROZ, M. I., KOETZ, P. R., & PIEDRAS, S. R. N. **Remoção de nutrientes em águas residuárias da indústria de conservas utilizando *Aphanothece microscopica* Nägeli.** *VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias*, v. 15, n. 1, p. 19-23, 2007.

SILVA-MANETTI, A. G. **Avaliação do potencial de reuso da água industrial oriunda de uma indústria processadora de pescado utilizando *Aphanothece microscopica* Nägeli.** 2008.

SILVA-MANETTI, A. G.; HORNES, M. O.; MITTERER, M.L. ; QUEIROZ, M. I. **Fish processing wastewater treatment by combined biological and chemical processes aiming at water reuse.** Desalination and Water Treatment, v. 29, p. 196-202, 2011.

SILVA-MANETTI, A. G. **Produção de Carboidratos a Partir do Efluente de Laticínios tratado por Cianobactéria.** 2012.

SOUZA, Daniel Tassoni. **Tratamento biológico para remoção de nitrogênio de efluentes de curtumes.** 2011

TRNOVEC, W.; BRITZ, T. J. **Influence of organic loading rate and hydraulic retention time on the efficiency of a UASB bioreactor treating a canning factory effluent.** *Water S. A.*, v. 24, n. 2, p. 147-152, 1998.

VIEIRA, S. M. M. **Anaerobic treatment of domestic wastewater in Brazil: research and full-scale experience.** *Advanced Water Pollution Control*, n.5, p.185-196, 1988.

WANG, Y.; HUANG, X.; YUAN, Q. **Nitrogen and carbon removals from food processing wastewater by an anoxic/aerobic membrane bioreactor.** *Process Biochemistry*, v.40, n. 5, p. 1733-1739, 2005.

WHITTON, B. A. **Ecology of Cyanobacteria II.** Springer, New York, 2012.

XING, X. H.; JUN, B. M.; YANAGIDA, M.; TANJI, Y.; UNNO, H. **Effect of C/N values on microbial simultaneous removal of carbonaceous and nitrogenous substances in wastewater by single continuous-flow fluidized-bed bioreactor containing porous carrier particles.** Biochemical Engineering Journal, v. 5, p. 29 - 37, 2000.