

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL –
MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

Fagner Pereira da Silva

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO COM
REATOR ANAERÓBIO + *WETLANDS* CONSTRUÍDOS DE CONFIGURAÇÃO
MISTA: FLUXO VERTICAL + DECANTADOR/SUPORTE FLUTUANTE +
FLUXO HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL**

Santa Cruz do Sul

2020

Fagner Pereira da Silva

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO COM REATOR
ANAERÓBIO + *WETLANDS* CONSTRUÍDOS DE CONFIGURAÇÃO MISTA:
FLUXO VERTICAL + DECANTADOR/SUPORTE FLUTUANTE + FLUXO
HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ênio Leandro Machado

Fagner Pereira da Silva

**TRATAMENTO DE EFLUENTES DE CAMPUS UNIVERSITÁRIO COM REATOR
ANAERÓBIO + *WETLANDS* CONSTRUÍDOS DE CONFIGURAÇÃO MISTA:
FLUXO VERTICAL + DECANTADOR/SUPOORTE FLUTUANTE + FLUXO
HORIZONTAL SUBSUPERFICIAL**

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Dr. Diosnel Antonio Rodríguez López
Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

Dr. Gunther Gehlen
Universidade Feevale

Dr. Ênio Leandro Machado
Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio dos meus familiares que auxiliaram na minha busca pela sabedoria e equilíbrio. Através da minha determinação consegui sempre que possível alcançar os objetivos de minha vida e criar forças diante os obstáculos, que não são poucos, mas que sempre nos fortalecem.

Agradecimentos são meras expressões em relação à gratidão que sinto por minha mãe: Maria Dina Pereira da Silva e irmã: Fernanda Pereira da Silva. Obrigado por todo apoio, pelo carinho, pela educação e ensinamento, dentre muitas outras ações em meu favor. Sem a presença de vocês não haveria caminho a trilhar!

Ao professor Ênio Machado, meu orientador, pela paciência, orientação e ensinamentos. Meu professor, meu mestre, meu espelho de educação e de exemplo profissional. Ao meu professor me faltam palavras..., todas seriam poucas diante de seu esplendor.

A Banca Examinadora: Prof. Diosnel Antonio Rodríguez López, Gunther Gehlen e Ênio Leandro Machado pela disponibilidade em me avaliar e pelas sugestões dadas neste trabalho.

A todos os amigos do LATAE, ETE e Laboratório de Engenharia Ambiental que somaram muita sabedoria e muitas alegrias à minha vida.

A vocês, muito obrigado!!!!

RESUMO

Wetlands construídos trazem oportunidades de desenvolvimento do chamado saneamento sustentável, com impactos ambientais positivos, tanto para recuperar áreas degradadas, podendo criar microcosmos com diversidade de espécies e integração com ambientes urbanos onde o saneamento ainda é inadequado ou inexistente. Também é possível observar em vários trabalhos na literatura a consolidação de pesquisas com recuperação de energia, nutrientes e reuso de águas residuárias partir de sistemas de tratamento que também podem contribuir com valores positivos para pegadas de carbono, de energia e hídrica. E este tema de pesquisa combina com a chamada gestão sustentável das águas, onde principalmente na forma de saneamento descentralizado, reforça o conjunto das tecnologias limpas. Neste artigo foram avaliadas as evoluções das pesquisas com o sistema integrado de *wetlands* de diferentes configurações, incluindo a análise de ciclo de vida, considerando verificação da sustentabilidade destes sistemas de saneamento. O uso do *Web of Science* e o aplicativo *Vosviewer* foram utilizados para a análise bibliométrica, tendo também, o software SimaPro 8.04 (Ecoinvent 3.1) sido aplicado para a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) de sistema de tratamento de efluentes integrando: a anaerobiose (RA), *Wetland* Construído de Fluxo Vertical (WCFV) + Decantador com *Vetiver* imersa/*Wetland* Construído com sistema Flutuante (D/TWF) + *Wetland* Construído de Fluxo Horizontal Subsuperficial (WCFHSS). A análise bibliométrica revelou os itens de pesquisas mais avaliados nos sistemas integrados dos *wetlands* construídos: as avaliações de impactos ambientais com ACV, seleção dos materiais de construção e de sistemas suportes, uso de sistemas sequenciais, reuso das águas e avaliação de custos. Sistemas com a configuração proposta e avaliados por ACV neste estudo não aparecem na literatura, especialmente com a configuração D/TWF. A análise de rede demonstrou que 81,9% dos impactos estão associados com a construção da unidade em escala piloto e que 14,5% e 3,6% estão associados com o efluente a ser tratado e com o efluente tratado pelo sistema. Os ensaios de tratamento demonstraram que o sistema RA + WCFV + D/TWF + WCFHSS foi eficiente para mineralização e desnitrificação, com reduções de COT de 89,5% e de nitrogênio total de 93,7%.

Palavras-chave: Tratamento com *Wetlands* com Suporte *Floating* (TWF), *Wetlands* Construídos, Efluentes Urbanos.

ABSTRACT

Constructed wetlands bring opportunities for the development of the so-called sustainable sanitation, with positive environmental impacts, both to recover degraded areas, and can create microcosms with species diversity and integration with urban environments where sanitation is still inadequate or non-existent. It is also possible to observe in several works in the literature the consolidation of research with energy recovery, nutrients and reuse of wastewater from treatment systems that can also contribute with positive values for carbon, energy and water footprints. This research theme combines with the so-called sustainable water management, where mainly in the form of decentralized sanitation, it reinforces the set of clean technologies. In this article, the evolution of research with the integrated system of wetlands of different configurations was evaluated, including life cycle analysis, considering verification of the sustainability of these sanitation systems. The Web of Science and the Vosviewer application were used for bibliometric analysis, and the SimaPro 8.04 software (Ecoinvent 3.1) was also applied for the Life Cycle Assessment (LCA) of an effluent treatment system integrating: anaerobiosis (RA), Constructed Wetland of Vertical Flow (CWVF) + Decanter with immersed Vetiver / Constructed Wetland with Floating system (D / FTW) + Constructed Wetland of Subsurface Horizontal Flow (CWHSSF). The bibliometric analysis revealed the research items most evaluated in the integrated systems of the built wetlands: assessments of environmental impacts with LCA, selection of construction materials and support systems, use of sequential systems, water reuse and cost evaluation. Systems with the proposed configuration and evaluated by ACV in this study do not appear in the literature, especially with the D/FTW configuration. The network analysis showed that 81.9% of the impacts are associated with the construction of the unit on a pilot scale and that 14.5% and 3.6% are associated with the effluent to be treated and the effluent treated by the system. The treatment tests demonstrated that the AR + CWVF + D/FTW + CWHSSF system was efficient for mineralization and denitrification, with reductions in COT of 89.5% and total nitrogen of 93.7%.

Keywords: Wetlands Treatment with Floating Support (TWF), Constructed Wetlands, Urban Effluents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais configurações dos WCs e TWF.....	16
Figura 2 - Integração de WCs e TWF.....	17
Figura 3 - Vista geral da ETE UNISC.....	20
Figura 4 - Montagem da estrutura flutuante.....	21
Figura 5 – Tanques pulmão utilizados.....	22
Figura 6 – Etapas da construção do abrigo do sistema flutuante.....	23
Figura 7 - Mudanças de <i>Vetiveria zizanioides</i> sendo preparadas para o plantio.....	24
Figura 8 - Preparação do substrato e do meio suporte	25
Figura 9 - Mudanças de <i>Vetiveria zizanioides</i> plantadas na estrutura flutuante.....	25
Figura 10 – Sistema Integrado de Tratamento com RA, WCFV e WCFHSS.....	26
Figura 11 artigo 2 - Unidade de estudos do sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF + WCFHSS.....	72
Figura 12 artigo 2 - Condições climáticas e efeito da estufa na unidade TWF no sistema RA + WCFV + TWF + WCFHSS.....	73
Figura 13 artigo 2 - Desempenho do sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF + WCFHSS quanto a Turbidez, Cor Aparente e Condutividade.....	74
Figura 14 artigo 2 - Desempenho do sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF + WCFHSS quanto a STD, pH e Oxigênio Dissolvido.....	75
Figura 15 artigo 2 - Desempenho do sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF + WCFHSS quanto a COT, CT e CI.....	76
Figura 16 artigo 2 - Desempenho do sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF + WCFHSS quanto a DQO e Nitrogênio Total.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Desempenho dos sistemas 1, 2 e 3 desenvolvidos por Mietto et al., 2013.....	19
Tabela 2 artigo 2 - Dados de caracterização dos efluentes estudados a partir do tanque equalizador da ETE UNISC - Unidade de Santa Cruz do Sul.....	27
Tabela 3 artigo 2 - Problemas estruturais e operacionais e sugestões de melhoria.....	<u>70</u>
Tabela 4 artigo 2 - Dados de caracterização dos efluentes tratados com o sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF + WCFHSS a partir do tanque equalizador da ETE UNISC	<u>78</u>

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEV	Carga Eutrofizante Volumétrica
CHV	Carga Hidráulica Volumétrica
CI	Carbono Inorgânico
COT	Carbono Orgânico Total
COV	Carga Orgânica Volumétrica
CT	Carbono Total
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DESA	Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPE	Equivalente Populacional
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FTW	<i>Floating Treatment Wetlands</i>
IWA	<i>International Water Association</i>
NT	Nitrogênio Total
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PT	Fósforo Total
RA	Reator Anaeróbio
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SST	Sólidos Suspensos Totais
TWF	Tratamento com <i>Wetlands</i> Flutuantes
WCs	<i>Wetlands</i> Construídos
WCFHSS	<i>Wetland</i> Construído de Fluxo Horizontal Subsuperficial
WCFV	<i>Wetland</i> Construído de Fluxo Vertical
WCFVSF	<i>Wetland</i> Construído de Fluxo Vertical Sistema Francês
WCSL	<i>Wetland</i> Construído de Superfície Livre

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos.....	15
3	ESTADO DA ARTE SOBRE <i>WETLANDS</i> CONSTRUÍDOS INTEGRADOS	16
4	METODOLOGIA	20
4.1	Montagem da Estrutura Flutuante e dos Reservatórios de <i>Wetlands</i>	21
4.2	Construção do Abrigo do Sistema Flutuante.....	22
4.3	Plantio das Mudas.....	24
4.4	Sistema Integrado de Tratamento	26
4.5	Coleta e Análise dos Dados.....	26
1	ARTIGO 1 – REVISÃO/ESTADO DA ARTE – PROPOSTA EM DESENVOLVIMENTO	27
2	INTRODUÇÃO	29
2	MATERIAIS E MÉTODOS	32
2.1	Caracterização da Unidade de Estudo	32
2.2	Caracterizações Analíticas	33
2.3	Análise Bibliométrica.....	33
2.4	Inventário Direto dos Dados para ICV e ACV com o Ecoinvent 3.1	34
2.5	Análise do Ciclo de Vida	37
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1	Análise Bibliométrica.....	38

3.2 Mapeamento Bibliométrico	40
4 ACV do Sistema RA + WCFV + DECANTADOR/TWF +WCFHSS	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	1354
6 AGRADECIMENTOS.....	55
7 REFERÊNCIAS.....	55
8 ARTIGO 2.....	60
9 INTRODUÇÃO.....	61
10 METODOLOGIA.....	62
11 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
11.6 Potenciais de reuso dos efluentes tratados com o sistema no tratamento dos efluentes do tanque equalizador da ETE UNISC	64
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
13 AGRADECIMENTOS.....	81
14 REFERÊNCIAS.....	81
15 CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS	86

1 INTRODUÇÃO

O tratamento descentralizado para efluentes urbanos não é apenas uma demanda para os chamados países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. A Itália, por exemplo, tem pesquisas para o tratamento de efluentes domiciliares em áreas rurais com sistemas integrados com *wetlands* construídos para tratar efluentes de 150, 500 e até 3000 pessoas equivalentes. Ou seja, o equivalente da população ou a unidade de carga *per capita* (EP) no tratamento de águas residuais é o número que expressa a razão entre a soma da carga de poluição produzida durante 24 horas, por instalações e serviços industriais e, a carga de poluição individual no esgoto doméstico produzido por um pessoa ao mesmo tempo (Mietto et al., 2013).

No entanto, quando retornamos a realidade do Brasil, vale lembrar os dados do Atlas Esgotos (Despoluição de Bacias Hidrográficas), da Agência Nacional das Águas (2017), que considera que aproximadamente 25% da população brasileira não tem acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgotos. Se forem observadas apenas as condições da região Nordeste, estes dados chegam aos alarmantes 63%. Se fosse considerada a relação de precário e ausente, o Brasil teria 45% de esgotos urbanos impactando a qualidade de vida das pessoas e dos ecossistemas, bem como, o meio urbano.

As informações sobre o saneamento no Brasil, o ranking de Saneamento 2018 do Instituto Trata Brasil (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018) mostram, por exemplo, o caso de Porto Alegre: com 1.481.019 habitantes a capital gaúcha tem os indicadores de atendimento à coleta de esgoto urbano com 89,99%, sendo que o esgoto tratado por água consumida é de 53,54%. Em Caxias do Sul este mesmo indicador é de apenas 37,05%. Já em Santa Cruz do Sul, a partir dos dados do ministério de Desenvolvimento Regional – SNIS (<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>, 2019) o índice citado para as cidades anteriores é de 18,18%. Não deve ser esquecido que mesmo sendo uma cidade referência no Vale do Rio Pardo, as áreas descentralizadas para o atendimento de esgotos podem ser elevadas. Isto será ainda mais crítico nas cidades restantes, pois no SNIS sequer são encontrados dados dos efluentes coletados para o tratamento.

Neste sentido, pesquisar tratamento de efluentes com unidades descentralizadas, onde os equivalentes populacionais sejam de até 3000 pessoas, poderá ser útil como saída

estratégica para grande parte dos municípios gaúchos e, mesmo para os chamados municípios pólo das várias regiões do estado do RS, bem como, do restante do Brasil, uma vez que para atingirem o saneamento dos esgotos de forma mais extensiva possível, será necessário combinar processos com anaeróbio + lodos ativados, anaerobiose + lagoas, somente lagoas, anaerobiose e biofiltros. Aliás, isto já é uma exigência para obtenção do “Habite-se”, de acordo com a Art. 138, da Lei Complementar, número 66, de 17 de janeiro de 2001, instituída com o código de obras do município de Santa Cruz do Sul.

Assim sendo, pesquisar a combinação do operacional de sistemas mistos de tratamento de esgotos é uma parte do saneamento ambiental que poderá gerar empregos, renda e menores gastos com saúde pública. Os *Wetlands* Construídos (WCs) podem ser agregados como alternativa sustentável para reduzir o potencial eutrofizante que efluentes apenas tratados por processos anaeróbios ou mistos tenham quanto a carência de reduzir eutrofização, permitindo associar saneamento com paisagismo, recuperação de nutrientes, reuso das águas residuárias tratadas e recuperação de energia.

Em uma das variações entre os sistemas que envolvem o uso de lagoas e WCs vem sendo pesquisados os sistemas de Tratamento com *Wetlands* Flutuantes (TWF), do inglês *Floating Treatment Wetlands* (FTW). A existência de *wetlands* flutuantes naturais ocorre em muitas áreas do mundo (Duzer 2004). Os *Wetlands* construídos flutuantes são sistemas artificiais que buscam reproduzir com maior eficiência os processos que ocorrem nos sistemas naturais (Chang 2015).

Os sistemas TWF_s são compostos por vegetação emergente contida em estruturas flutuantes. Nestes dispositivos as raízes se estendem para baixo da coluna de água realizando a remoção de nutrientes na medida em que a planta se desenvolve. (Pavlineri et al., 2017). O desempenho da eficiência dos TWF_s depende do estabelecimento de um sistema de raízes denso e extenso, onde ocorrem processos físicos, químicos e biológicos (Mendzil 2014 e Li 59). A assimilação dos nutrientes fósforo e nitrogênio pelos tecidos das raízes e brotos tem correlação positiva com a eficiência do sistema de tratamento (Keizer - Vlek et al., 2014; Kyambadde et al., 2004; White and Cousins, 2013). Um aspecto a se considerar no caso dos TWF_s é que a eficiência de remoção de nutrientes depende em grande parte da espécie de

planta usada no sistema e das bases de suportes usadas no sistema (Headley and Tanner, 2012; Li and Guo, 2017)

Desta forma, neste trabalho foi verificada a efetividade de um sistema integrado de tratamento de efluentes de campus universitário com diferentes configurações de *wetlands* construídos combinado com processo de anaerobiose, associando inovações para os sistemas flutuantes constituintes dos *wetlands*, trazendo destaque para a chamada bioeconomia no saneamento.

13 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos apoios de bolsa e financeiro a CAPES, FAPERGS e CNPq, com os projetos CNPQ 307257/2015-0 e Edital 02/2017- PqG.

14 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (2017) Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA. 88 p. il. ISBN: 978-85-8210-050-9

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington, D.C.: APHA/AWWA/WEF.

ASSIRATI, D.M. (2005) Desinfecção de efluentes de ETE com ozônio para uso agrícola. 152 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 13969: 1997 Projeto, Construção e Operação de Unidades de Tratamento Complementares e Disposição Final dos Efluentes de Tanques Sépticos: Procedimentos. Rio de Janeiro.

CHEN, H-S. (2015) *Establishment and Applied Research on Wetland Ecosystem Evaluation Model in Taiwan Sustainability*, 7, 15785–15793; <https://doi.org/10.3390/su71215785>.

CHIANG, P. C.; KO, Y.-W.; LIANG, C.-H.; CHANG, E.-E. (1999). *Modeling an ozone bubble column for predicting its disinfection efficiency and control of DBP formation*.

Chemosphere, vol. 39, Issue 1, July 1999, Pages 55-70. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(98\)00588-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(98)00588-8).

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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 dá outras providências.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrão de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

CONSEMA. *CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE*– Resolução nº 355 de 2017. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.

DRH/SEMA - Departamento de Recursos Hídricos/Secretaria Estadual de Meio Ambiente (2004), Consolidação do Conhecimento sobre os Recursos Hídricos da Bacia do Rio Pardo e Elaboração do Programa de Ações da Sub-Bacia do Rio Pardinho. 255 f.

DUPONT, A. (2010) *Avaliação da Eficiência da Estação De Tratamento de Esgoto da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil*. 159 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul.

FLAMM, D. L. (1977) *Analysis of Ozone at Low Concentrations With Boric Acid Buffered Potassium Iodide*. *Environ. Sci. Technol.*, 11 (10), p 978–983.

HORN, T.B. (2011) Integração de Sistemas Wetlands Construídos + Fotoozonização Catalítica no Tratamento de Efluentes de Campus Universitário. 157 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul.

HORN, T.B.; ZERWES, F.V.; KIST, L.T.; MACHADO, Ê.L. (2014). *Constructed Wetland and Photocatalytic Ozonation for University Sewage Treatment*. *Ecological Engineering*, v. 63, p. 134-141. [http:// dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.012](http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.012).

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento (2018) Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/realatorio-completo.pdf>. Acessado em 20/102019.

LUO, X.; YAN, Q.; WANG, C.; LUO, C.; ZHOU, N.; JIAN, C. (2015) Treatment of Ammonia Nitrogen Wastewater in Low Concentration by Two-Stage Ozonation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. p.11975-11987.

MANDER Ü.; DOTRO, G.; EBIE, Y.; TOWPRAYOON, S.; CHIEMCHAISRI, C.; NOGUEIRA, S.F.; JAMSRANJAV, B.; KASAK, K.; TRUU, J.; TOURNEBIZE, J.; MITSCH W. J. (2014) Greenhouse Gas Emission in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A review. *Ecological Engineering*, 66, 19 –35 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.006>.

MIRANDA, N. D.; OLIVEIRA, E. L.; SILVA, G. H. R. (2014) *Study of Constructed Wetlands Effluent Disinfected With Ozone*. *Water Science and Technology*, Vol. 70, n. 1, p. 108-113.

MORERA, S.; COROMINAS, L.; POCH, M.; ALDAYA, M.M.; COMAS, J. (2016) *Water Footprint Assessment In Wastewater Treatment Plants*. *Journal of Cleaner Production*, 112,4741 e 4748.

PENRU, Y; ANTONIUCCI, D; AMORES BARRERO, M. J.; CHEVAUCHÉ, C. (2016) *Water Footprint Calculation: Application to Urban Water Cycle. Int. J. Interact Des Manuf.* 10:213–216. <https://doi.org/10.1007/s12008-016-0327-2>.

RABUSKE. A. C. (2017) Unidade Integrada UASB + Wetland Construído De Fluxo Livre Com Suporte Flutuante (WCFLF) Em Escala Piloto + Ozonização No Tratamento De Efluentes Urbanos. 85 p. Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC para a disciplina de TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC II.

SALIBA, P.D.; VON SPERLING, M. (2017) *Performance Evaluation of a Large Sewage Treatment Plant in Brazil, Consisting of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor Followed by Activated Sludge.* <https://doi.org/10.2166/wst.2017.284>. 2017.

SALLANKO, J.; OKKONEN J. (2008) *Effect of Ozonation on Treated Municipal Wastewater. Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 44:1, 57-61.

SHARIF F. (2013) *Use of Ozonation and Constructed Wetlands to Remove Contaminants of Emerging Concern From Wastewater Effluent.* A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, August, 228 p.

SILVEIRA, E. O.; WINK, M.; ZAPPE, A. L.; KIST, L. T.; MACHADO, Ê. L. (2019). Sistema Integrado com Microalgas e *Wetland* Construído de Fluxo Vertical no Tratamento de Efluentes Urbanos. *Eng. Sanit. Ambient.* vol. 24, no.2. Rio de Janeiro Mar./Apr. Epub May 30. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019161655>

SILVEIRA, D. (2010). Estudos Fenológicos Da Macrófita *Hymenachne Grumosa* (*Magnoliophyta - Poaceae*) na Aplicação de Wetlands Construídos para o Tratamento de Efluentes Secundários de Campus Universitário. 103 f. Dissertação (Programa de Pós-

Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul.

SUBTIL, E. L.; SANCHEZ, A.A.; CAVALHERO, A. (2016) *Ciência e Tecnologia Ambiental. Sistemas Descentralizados de Tratamento de Esgoto e Reuso de Água*. Cap. 8. pg. 201-210. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309429650_Sistemas_descentralizados_de_tratamento_de_esgoto_e_reuso_de_agua. Acessado em: 07/10/2019.

TRIPATHI, S.; TRIPATHI, D. M.; TRIPATHI, B. D. (2011) *Removal of Organic Content and Color From Secondary Treated Wastewater in Reference With Toxic Potential of Ozone During Ozonation. Hydrology Current Research*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7587.1000111>. Acesso em : 20 de Novembro de 2017.