

TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA UTILIZANDO A TECNOLOGIA DE ELETROCOAGULAÇÃO

Visconcin, Kiane Cristina Leal¹; Silva, Ariovaldo José da².

¹Engenheira Agrônoma formada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) – Campus Inconfidentes, estudante de mestrado na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) – Unicamp, (35)99855-6652, kivisconcin@gmail.com.

²Graduação em Tecnólogo Sanitarista Modalidade Saneamento pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Engenheiro Civil formado pela Escola de Engenharia de Piracicaba, mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP), doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela USP e pós-doutorado no Departamento de Hidráulica e Saneamento na USP, atualmente professor da UNICAMP, (19)3521-1025, arijs@unicamp.br.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO

Sabe-se da grande importância da piscicultura para inúmeros países do mundo, por isso há a necessidade de solucionar os principais desafios com o seu manejo, tais como, a contaminação e poluição das águas dos tanques. Um método alternativo de tratamento de efluentes é a tecnologia de eletrocoagulação. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do uso dessa técnica no tratamento de efluente de tanques de piscicultura, visando a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos em suspensão. Foi utilizado um reator simples, em escala laboratorial, montado utilizando uma célula de vidro transparente, uma fonte chaveada estabilizada (30v 5a 120w) de corrente contínua, dois eletrodos metálicos (ânodo e um cátodo). Foi utilizado voltagem de 30 voltz, distância de 7 cm entre os eletrodos e tempo de 60 minutos. A tecnologia de eletrocoagulação se mostrou eficiente para o tratamento de água residuária de piscicultura.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrólise; Tratamento eletroquímico; Limpeza da água,

TREATMENT OF WASTEWATER OF PISCICULTURE USING ELECTROCOAGULATION TECHNOLOGY

ABSTRACT

It is well known that fish farming is of great importance for many countries around the world, so there is a need to solve the main challenges with their management, such as the contamination and pollution of the water of the tanks. An alternative method of effluent treatment is electrocoagulation technology. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the efficiency of the use of this technique in the treatment of effluent from fish farms, aiming at the removal of suspended organic and inorganic compounds. A simple, laboratory-scale reactor was used using a transparent glass cell, a stabilized switched source (30v 5a 120w) of direct current, two metal electrodes (anode and a cathode). Voltage of 30 volts was used, distance of 7 cm between the electrodes and time of 60 minutes. The electrocoagulation technology proved to be efficient for the treatment of wastewater from fish farming.

KEYWORDS: Electrolysis; Electrochemical treatment; Cleaning the water.

INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma técnica de manejo de peixes, realizada principalmente em sistema semi-intensivo e intensivo, que são diferenciados conforme a densidade de estocagem dos animais, práticas de manejo e uso de insumos. Ambos os sistemas incluem a maioria das culturas de peixes em tanques escavados, onde são mantidos e criados durante todo o período de cultivo (OSTRENSKY; BORGHETTI; SOTO, 2008).

É notável o crescimento da piscicultura à medida que se esforça para satisfazer a crescente demanda da população por animais aquáticos. No ano de 2018, o Brasil produziu 277.560 toneladas de peixes, segundo os dados do Anuário da Piscicultura levantados pela Associação Brasileira da Piscicultura PEIXE BR, superior a 4,5% sobre as toneladas do ano anterior (BAPTISTA et al., 2018).

Vicente, Elias e Fonseca-Alves (2014) afirmaram que o cultivo da espécie de peixe *Oreochromis niloticus* conhecida como tilápia do Nilo cresce constantemente em todo o mundo, devido a sua fácil reprodução, baixos custos de produção, poder ser cultivada em locais com alta salinidade e baixas temperaturas, além disso, possui carne branca de alta qualidade nutricional.

Todavia, conforme o setor da piscicultura cresce, aumenta também a preocupação com a sustentabilidade, e uma maneira de abordar essa questão é o manejo de peixes em sistema de recirculação, ou seja, sistemas de tanques com peixes confinados, nos quais a maior parte da água é reutilizada após ter sido submetida a algum tipo de tratamento (ELALOUF et al., 2018).

O manejo de animais aquáticos confinados acarreta no aumento da concentração de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, favorecendo o crescimento excessivo de algas. Este fenômeno denominado de eutrofização, traz inúmeras consequências, tais como, aumento da demanda biológica de oxigênio, alteração no pH, turbidez, liberação de toxinas, podendo ocasionar a morte dos peixes (AVELLAR; COTTA; NEDER, 2015).

O nitrogênio presente nas águas residuárias de piscicultura é resultante principalmente da proteína das rações, na qual parte é excretada pelos peixes na forma de amônia, enquanto o restante é eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico. O fósforo é encontrado nos fertilizantes orgânicos, compostos vegetais e/ou esterco de animais utilizados na forma de adubo curtido e nas rações. Estima-se que as taxas de excreção de nutrientes por peixes que recebem alimentação contendo 35-40% de proteína são cerca de 0,025 kg de nitrogênio e 0,033 kg de fósforo, atribuídos para cada quilo de peixe produzido (DELAIDE et al., 2016).

Existem inúmeras técnicas para o tratamento de águas residuárias, no entanto, para isso, são necessários investimentos consideráveis, mão de obra, tempo, grandes áreas e, além do mais, não há garantia que o tratamento seja eficiente na eliminação total dos contaminantes (GOMES, 2014).

Segundo Moussa et al. (2016) as tecnologias de tratamento de águas residuais podem ser classificadas em três grandes grupos: processos físicos (filtração), químicos (adição de reagentes) e/ou biológicos (nitrificação e desnitrificação). No tratamento de água residuária de piscicultura se faz uso de processos físicos e biológicos.

Os Wetlands Construídos, (em inglês, Constructed Wetlands) são um tipo de tratamento que envolvem processos físicos e biológicos. São compostos por água, brita, areia e plantas vasculares. Esses componentes podem ser configurados de inúmeras opções a fim de otimizar o desenvolvimento de uma comunidade de microrganismos e invertebrados aquáticos naturalmente adaptados ao ambiente local (DAVIS, 1995).

Esses sistemas removem sólidos e matéria orgânica, com especial atenção para a remoção de fósforo e nitrogênio (GOTTSCHALL et al., 2007). Todavia, os Wetlands Construídos

necessitam de grandes áreas para a implantação de seus tanques de alvenaria para realização do tratamento.

Para remoção de nitrogênio geralmente utilizam-se processos biológicos de nitrificação e desnitrificação, sendo que na primeira etapa, as bactérias *Nitrosomonas* que são responsáveis pela oxidação da amônia à nitrito, enquanto, na segunda etapa as bactérias *Nitrobacter* são responsáveis pela conversão de nitrito à nitrato. Sendo a nitrificação aeróbia e a desnitrificação um processo anaeróbio (SCHIMIDELL et al., 2007).

As águas residuárias de piscicultura são caracterizadas pela alta concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a presença de matéria orgânica e inorgânica, por isso a eficiência desses processos nessas águas pode ser prejudicada (CHÁVEZ-PORRAS et al., 2018).

Uma proposta alternativa para o tratamento da água residuária de piscicultura é a aplicação da tecnologia de eletrocoagulação.

A tecnologia de eletrocoagulação apresenta vantagens, tais como, o uso de materiais de baixo custo, fácil operação, não necessita de grandes áreas para sua implantação, o processo de tratamento é localizado, requer menor quantidade de mão de obra, reduz os impactos ao meio ambiente e é capaz de remover a matéria orgânica e os poluentes de forma eficiente (PESSOA, 2008).

Para a aplicação dessa tecnologia é necessário o uso de uma fonte de corrente contínua, na qual uma certa densidade de corrente elétrica é aplicada à eletrodos (MORENO-CASILLAS et al., 2007).

Na eletrocoagulação ocorrem reações de oxidação e redução com a dissolução anódica do metal e a produção de hidróxidos através da hidrólise da água, ocorrendo a formação de hidróxidos gelatinosos que desestabilizam e agregam as partículas (KOPARAL; OUTVEREN, 2002).

Como a aplicação da eletrocoagulação em águas residuárias de piscicultura ainda não foi estudada, não se sabe quais os parâmetros ótimos para o seu funcionamento. Para que a eletrocoagulação tenha bons resultados, alguns parâmetros devem ser avaliados, pois interferem na eficiência da tecnologia de tratamento, tais como, o material constituinte do eletrodo, tempo, corrente elétrica e temperatura.

O material constituinte dos eletrodos tem efeito interferente na eficiência do tratamento. Portanto, é importante que se realize um estudo prévio do material para que seja feita a escolha adequada. Os materiais mais utilizados na tecnologia de eletrocoagulação são, alumínio, ferro e aço inox, isso porque são de fácil disponibilidade e baixo custo (SILVA, 2013). Geralmente são utilizados eletrodos de alumínio e aço inox para tratamento de água e eletrodos de ferro para o tratamento de esgoto (CHEN, 2004).

Quando se utiliza o eletrodo de alumínio, o efluente final apresenta aspecto claro não deixando coloração residual. Contudo, quando se faz uso de eletrodos de ferro, a água tratada fica com uma cor verde ou amarela, durante e após o tratamento. Esta coloração é proveniente dos íons Fe^{2+} (cor verde) e Fe^{3+} (cor amarela) gerados durante o tratamento (SILVA, 2013).

De acordo com Borba et al., (2010), que avaliaram a eficiência do processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de alumínio, para o tratamento de efluente de uma indústria avícola, obtiveram redução de 99,4% da cor e 97,6% turbidez.

Ensaio realizados com eletrodos de aço inox e alumínio, para verificar a eficiência da eletrocoagulação na remoção da cor do efluente, o eletrodo de aço inox teve rendimento menor que 30% e o eletrodo de alumínio alcançou 92% na remoção de cor (CAMBOIM, 2010).

Resultados do trabalho apresentado por Kobya et al., (2003), “tratamento de efluentes têxteis por eletrocoagulação” utilizando eletrodos de ferro e alumínio, demonstraram que as maiores

eficiências de remoção foram obtidas com eletrodos de alumínio, apresentando remoção de 98% para turbidez e 65% para Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Com base nesses estudos se conclui que os eletrodos de alumínio garantem a máxima eficiência de remoção dos principais poluentes de diferentes águas residuárias.

O tempo de funcionamento da tecnologia de eletrocoagulação também é um fator interferente, pois quanto menor o tempo gasto, menor será o gasto com energia elétrica, porém esse tempo precisa estar atrelado a uma boa eficiência da limpeza do efluente. Geralmente, o tempo normal varia entre 15 e 175 minutos para que se obtenha a máxima remoção possível (MURTHY e PARMAR, 2011).

A tensão está relacionada com o consumo de energia elétrica e conseqüentemente eficiente no processo de eletrocoagulação (HOLKAR et al., 2016).

Portanto, diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se a tecnologia de eletrocoagulação é eficiente no tratamento de águas residuárias de piscicultura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Saneamento Ambiental da Faculdade de Engenharia Agrícola na UNICAMP/Campinas.

As amostras para realização dos ensaios foram coletadas em setembro de 2018 no tanque de cultivo de tilápias da Fazenda Escola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) Campus Inconfidentes.

O equipamento utilizado para a realização da eletrocoagulação foi um reator simples, em escala laboratorial, montado utilizando uma célula eletrolítica, uma fonte chaveada estabilizada (30V 5A 120W) de corrente contínua, dois pares de eletrodos de alumínio (ânodo e um cátodo). O eletrodo foi arranjado dentro de uma célula eletrolítica de forma monopolar em paralelo e fios condutores.

Para a realização da pesquisa foi utilizada uma célula eletrolítica de vidro transparente, constituída de um recipiente retangular, com capacidade de 2,5 L. As dimensões da célula foram 15 centímetros (cm) de comprimento, 11 cm de largura e 16 cm de altura.

Também foram utilizadas duas placas retangulares de alumínio para atuarem como eletrodos, sendo um ânodo e um cátodo, com as seguintes características: 7,5 cm de comprimento, 15,5 cm de altura e 0,5 cm de espessura.

Para a realização do experimento utilizou-se a tensão de 30 voltz, a distância entre eletrodos de 7 cm e o tempo de 60 minutos.

Foram coletadas amostras antes e depois da aplicação da eletrocoagulação (amostra bruta e tratada) para medição dos parâmetros, tais como, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, cor, fósforo total, nitrito, nitrato e demanda química de oxigênio. As análises foram realizadas em triplicata e com base nos procedimentos descritos no Standard Methods for Water and Wastewater 21th ed (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se os resultados das análises antes do tratamento eletroquímico.

Tabela 1 – Resultados das análises da água residuária de piscicultura sem tratamento.

	pH	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	Turb. (NTU)	Cor (Pt/Co)	P total (mg/L)	DQO (mg/L)
Amostra sem tratamento	6,70	4,98	0,45	25,30	8,75	131	1,84	29,99

Ao analisar se a água residuária sem tratamento atende os limites máximos permitidos pela resolução do CONAMA 357, observa-se um desacordo com a norma, portanto necessitando de um tratamento (MANCUSO, 2013).

Portando, aplicou-se a eletrocoagulação na água residuária de piscicultura e verificou-se se as amostras respeitavam os limites máximos permitidos pela resolução do CONAMA 357. Na Tabela 2 encontram-se os resultados do ensaio após o tratamento eletroquímico.

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas dos ensaios após o tratamento eletroquímico.

Voltagem (VOLTz)	Tempo (minutos)	Distância (cm)	pH	OD (mg/L)	NO₂ (mg/L)	NO₃-N (mg/L)	Turb. (NTU)	Cor (Pt/Co)	PTotal (mg/L)	DQO (mg/L)
30	60	7	7,09	3,07	0,088	3,33	2,86	3	0	0

OD: Oxigênio dissolvido, NO₂: Nitrito, NO₃-N: Nitrato, Turb: Turbidez, PTotal: Fósforo total, DQO: Demanda química de oxigênio.

Para o pH o ensaio esteve de acordo com a legislação do CONAMA nº. 357/2005. Quando comparado o pH da amostra bruta com os ensaios observa-se uma elevação, porque com a aplicação da eletrocoagulação temos reações que produzem hidroxilas (OLIVEIRA JUNIOR; MARTINS; OLIVEIRA, 2006). Em relação ao nitrito esteve de acordo com a regulamentação e para nitrato ultrapassou os limites máximos permitidos pelo CONAMA nº 35, isso porque a distância entre os eletrodos pode estar dificultando as reações físico-químicas. Para turbidez e cor esteve de acordo com a legislação. Os parâmetros fosforo e DQO se enquadraram na legislação.

Na Tabela 3 estão os resultados da porcentagem de remoção dos elementos analisados na amostra após o tratamento eletroquímico.

Tabela 3 - Resultados da porcentagem de remoção dos elementos após o tratamento eletroquímico.

Voltagem (VOLTz)	Tempo (minutos)	Distância (cm)	%Rem NO₂	%Rem NO₃-N	%Rem Turb	%Rem Cor	%Rem PTotal	%Rem DQO
30	60	7	80,44	86,84	67,32	97,71	100	100

%RemNO₂: Porcentagem de remoção de nitrito, %RemNO₃-N: Porcentagem de remoção de nitrato, %RemTurb: Porcentagem de remoção da turbidez, %RemPTotal: Porcentagem de remoção de fósforo total, %RemDQO: Porcentagem de remoção da demanda química de oxigênio.

Todos os elementos demonstraram grande remoção após a aplicação da eletrocoagulação, principalmente os elementos fósforo e DQO que chegaram a 100% de remoção. Os autores Visconcin, Barbosa e Medina (2017) em seu estudo com água residuária de aquicultura no México, também obtiveram esses resultados, constando total eficiência da eletrofloculação para remoção de fósforo em água residuária de aquicultura. O mesmo cabe a remoção da DQO.

CONCLUSÕES

A tecnologia de eletrocoagulação é eficiente para o tratamento de água residuária de piscicultura, no entanto, ainda se busca as condições ótimas para o seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 th. ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1.194 p., 2005.

AVELLAR, I. G. J. de; COTTA, T. A. P. G.; NEDER, A. V. F. Aplicação de eletrocoagulação na remoção de fosfatos em efluente doméstico artificial preparado a partir de bebida. **Revista Virtual de Química**, Brasília-DF, v. 20, n. 20, p.1-19, out 2015.

BAPTISTA, C. et al. **Anuário da Piscicultura levantados pela Associação Brasileira da Piscicultura PEIXE BR**.2018. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BIASSIO, V. C. **Tratamento de efluente na indústria de eucalipto utilizando eletroflotação**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestra em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017. Disponível em:<http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/324996/1/Biassio_VanessaCristinaDe_M.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2019.

BORBA, F. H.; MANENTI, D. R.; MÓDENES, A.; NASCIMENTO, R. Avaliação da eficiência da técnica de Eletro-floculação no tratamento de efluentes de indústrias de subprodutos avícolas. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.36-47, 6 jul. 2010. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/ete.2010.61.04>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/251066033_Avaliacao_da_eficiencia_da_tecnica_de_Eletro-floculacao_no_tratamento_de_efluentes_de_industrias_de_subprodutos_avicolas>. Acesso em: 22 mai. 2019.

CAMBOIM, R. A. **Técnica de eletroflotação aplicada na remoção de cores de efluentes têxteis**. Dissertação - UNICAMP. Campinas, 2010.

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation and Purification Technology**, v. 38, p.11-41, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586603002636>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

DAVIS, L. **A handbook of constructed wetlands: a guide to creating wetlands for: agricultural wastewater, domestic wastewater, coal mine drainage, stormwater in the Mid-Atlantic Region**. 1995. ISBN 0-16-052999-9.

DELAIDE, B., GODDEK, S., GOTT, J., SOYEURT, H., Jijakli, H.M.. Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Sucrino*) growth performance in complemented solution encourages the development of decoupled aquaponics. **Water**, [s.l.], 2016, 1-11.

ELALOUF, H. et al. Optimal operation policy for a sustainable recirculation aquaculture system for ornamental fish: Simulation and response surface methodology. **Computers & Operations Research**, [s.l.], v. 89, p.230-240, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2017.05.002>

GOMES, L. de M. et al. Development of a system for treatment of coconut industry wastewater using electrochemical processes followed by Fenton reaction. **Water Science And**

Technology, [s.l.], v. 69, n. 11, p.2258-2264, 22 mar. 2014. IWA Publishing.
<http://dx.doi.org/10.2166/wst.2014.129>.

GOTTSCHALL, N., BOUTIN, C., CROLLA, A., KINSLEY, C., CHAMPAGNE, P. The role of plants in the removal of nutrients at a constructed wetland treating agricultural (dairy) wastewater, Ontario, Canada. **Ecol. Eng.** 2007, 29, 154–163.

HAKIZIMANA, J. N. et al. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. **Desalination**, [s.l.], v. 404, p.1-21, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>.

HOLKAR, C. R. et al. A critical review on textile wastewater treatments: Possible approaches. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 182, p.351-366, nov. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.090>.

IBRAHIM, D. S.; DEVI, P. S.; VEERABABHU, C e BALASUBRAMANIAN, N. Treatment of petroleum effluent using a tubular electrochemical reactor. **Petroleum Science and technology**, v32, n16, p. 1932-1939, 2013.

KOBYA, M.; CIFTCI, C.; BAYRAMOGLU, M.; SENSOY, M.T. Study on the treatment of waste metal cutting fluids using electrocoagulation. **Separation and Purification Technology**, v. 60, p. 285-291, 2008. Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586607004066>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

KOPARAL A. S.; OUTVEREN, U. B. Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation. **Journal of Hazardous Materials**, v. 89 n. 1, p. 83-94, 2002.

MORENO-CASILLAS, H. A.; COCKE, D. L.; GOMES, J. A. G.; MORKOVSKY, P.; PARGA, J. R.; PETERSON, E. Electrocoagulation mechanism for COD removal. **Separation and Purification**, v.56, p. 204-211, 2007. Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586607000846>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

MOUSSA, D. T. et al. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. **Journal Of Environmental Management**, [s.l.], v. 186, p.24-41, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.032>.

MURTHY, Z.V.P.; PARMAR, S. Removal of strontium by electrocoagulation using stainless steel and aluminum electrodes. **Disalination**, v. 282, p. 63-67, 2011. Disponível em: <
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916411007764>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca. Brasília, DF, 2008.

PORRAS, Á. C.; CONTRERAS, T. R.; ORTEGA, N. C.. Nitrificación en el tratamiento de lodos de lixiviados en un reactor biológico discontinuo secuencial - SBBR. **Producción + Limpia**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.75-82, jun. 2018. Corporacion Universitaria Lasallista. <http://dx.doi.org/10.22507/pml.v13n1a8>. Disponível em:

<http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552018000100075>.
Acesso em: 12 jun. 2019.

SCHMIDELL, W.; SOARES, H.M.; ETCHEBEHERE, C.; MENES, R.J.; BERTOLE, N.C.; CONTRERAS, E.M. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Florianópolis, 2007

SILVA, J. P. V. da. **Tratamento de efluentes de tanques de piscicultura aplicando a tecnologia de eletrocoagulação**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em:
<http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7978/1/2013_dis_jpvsilva.pdf>. Acesso em: 01 mai 2019.

VICENTE, I.S.T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C.E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**. V.37, pag 392-398, 2014