

TECNOLOGIA ALTERNATIVA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE TANQUES DE CRIAÇÃO DE PEIXES VISANDO O REUSO DE ÁGUA EM SUBSTITUIÇÃO À CRIAÇÃO EM AÇUDES

Antônio Idivan Vieira Nunes^{1} & José Pedro Varela da Silva²*

Resumo – O presente trabalho tem por objetivo otimizar o processo da electrocoagulação (EC) no tratamento de efluentes de tanques de piscicultura, de modo a reduzir o impacto ambiental. Sendo assim, neste projeto foi estudado a viabilidade da tecnologia de tratamento de água por electrocoagulação, como alternativa de tratamento da água de tanques e criação de peixes fora do açude. A EC é uma das técnicas mais eficazes para remoção de poluentes orgânicos provenientes de águas residuárias, reduzindo, por conseguinte a quantidade de lodo formado. Para a realização deste trabalho, foi usado um reator de EC, um agitador mecânico, uma fonte de tensão, um conjunto de 4 placas de eletrodos de alumínio paralelas e equidistantes, com volume efetivo de 1500 cm³, tendo como parâmetros operacionais a densidade de corrente elétrica, o pH inicial do efluente, o tempo de eletrólise, a agitação e a condutividade da solução com o objetivo de obter os parâmetros ótimos do reator e percentual máximo de remoção de poluentes produzidos pelos peixes na água. Como resultado deste trabalho, a eficiência do processo foi avaliada pela percentagem de remoção de DQO, Nitrito, Nitrato, Fósforo total, STD e Turbidez, respetivamente.

Palavras-Chave – Piscicultura, Electrocoagulação, Açude, Tratamento de água.

ALTERNATIVE TREATMENT TECHNOLOGY OF WATER FISH TANKS IN ORDER TO ESTABLISH THE REUSE OF WATER IN REPLACING THE REARING FISH IN POND

Abstract – The present work aims to optimize the process of electrocoagulation (EC) in wastewater treatment of fishponds, in order to reduce the environmental impact. Therefore, in this project we studied the feasibility of the technology of water treatment by electrocoagulation as an alternative water tanks treatment and creating fish out of pond. The EC is one of the most effective techniques for removing organic pollutants wastewater, thereby reducing the amount of sludge formed. For this work, we used an EC reactor, a mechanical stirrer, a voltage source, a set of four plates aluminum electrodes parallel and equidistant, with effective volume of 1500 cm³, having as parameter operating, the current density electricity, the initial pH of the effluent, electrolysis time, agitation and conductivity of the solution in order to obtain the optimal parameters of the reactor and maximum percentage removal of pollutants produced by fish in the water. As a result of this work, the efficiency of the process was evaluated by the percentage of COD removal, nitrite, nitrate, total phosphorus, turbidity and TDS, respectively.

Keywords – Pisciculture, Electrocoagulation, Weir, Water treatment.

¹ Engenheiro Químico, Doutor. Professor Associado, DEHA, UFC. Campos do Pici, CEP.: 60445-760. Bloco 713. Fortaleza – Ceará. e-mail: vieiranunes@yahoo.com.br

* Autor Correspondente.

² Engenheiro Civil, Mestrando em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará. Campos do Pici, CEP.: 60445-760. Bloco 713. Fortaleza - Ceará. e-mail: diccaivarela@gmail.com.

1.0 INTRODUÇÃO

Como se sabe, a principal função dos açudes é de estocar a água acumulada durante os períodos de chuvas para que possa ser utilizada nos períodos secos, em virtude das características inerentes. Mas, no Nordeste do Brasil, essa realidade mudou um pouco, devido à prática de piscicultura dentro dos próprios açudes, sem um controle adequado, impondo limites com o intuito de preservar as características da qualidade da água dos mesmos.

É uma alternativa para aumentar a produção de peixes e diminuir o impacto ambiental, assegurando a proteção das características da água do açude, séria a produção desses peixes em tanques construídos fora do açude, utilizando apenas a água do açude. Com a necessidade da recirculação da água dos tanques, devido à alta concentração dos nutrientes nela contida, utilizando a tecnologia de tratamento para a remoção desses poluentes que degradam e alteram as suas características e só no final devolver essa água ao açude, evitando a sua eutrofização, que se dá com o passar do tempo, se essa produção for feito diretamente no interior desses açudes [Baccarin e Camargo (2005)].

A EC é um processo simples, de confiança e de um excelente custo-benefício no que diz respeito ao tratamento de efluentes, sem a necessidade de se adicionar nenhum produto químico fazendo com que não haja a formação de uma poluição secundária. Outra característica deste processo é a redução significativa da quantidade de lodo formado. A técnica da EC usa uma fonte de corrente elétrica que é aplicada aos eletrodos imersos no efluente, fazendo com que ocorra a dissolução do metal, funcionando como coagulante [Jing-Wei *et al.* (2007)]. Geralmente são utilizados eletrodos de alumínio para tratamento de água e eletrodos de ferro para o tratamento de águas residuais [Chen G, (2004)]. A EC desenvolve o mesmo princípio da coagulação, ou seja, após a dissolução, os íons do metal, num pH adequado, os compostos de hidróxidos do metal desestabilizarão as partículas poluidoras pela introdução de cargas positivas em sua superfície, de acordo com as leis físicas que definem a dupla-camada, fazendo com que as partículas poluidoras se agreguem e formem os flocos que dependendo da densidade pode ocorrer à precipitação ou flotação [Chen X. *et al.* (2000)].

Os metais mais usados no processo de EC são o ferro e o alumínio ou uma combinação dos dois. No caso do alumínio as principais reações são:



Os íons Al^{3+} e OH^{-} são gerados pelas reações (1) e (2) formando várias espécies monoméricas que finalmente se transformam em $\text{Al(OH)}_3(\text{s})$ [Borba *et al.* (2010)].

Existem dois métodos em que ocorre a coagulação-floculação das partículas: a desestabilização por adsorção e a desestabilização por varredura. Uma vez que os flocos são formados, estes poderão ser separados por precipitação ou flotação devido ao hidrogênio formado pela reação (2) [Ge, J. *et al.* (2004) e Chen X. *et al.* (2000)].

2.0 METODOLOGIA

2.1. Matérias e métodos

Para a realização deste estudo, foram coletadas amostras de água em tanques de piscicultura do centro de criação de peixes do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará entre Maio de 2012 e Abril de 2013.

O conjunto experimental incluindo a célula de EC e acessório foi montado de acordo como ilustrado na Figura 1. A célula foi construída com material acrílico com dimensões 100 x 150 x 180 mm, equipado com 4 placas de alumínio com dimensões iguais de 50 x 110 x 3 mm de forma paralelas e equidistantes em 15 mm, sendo 2 cátodos e 2 ânodos. O sistema de eletrodos foi conectado de forma monopolar a uma fonte de tensão (LAMBDA GENH 60-12,5 60 V e 12,5 A). O volume tratado de cada amostra foi de 1500 cm³. A agitação foi realizada através de um agitador mecânico (QUIMIS, Q250M). Os parâmetros otimizados do reator foram pH, condutividade, tempo de eletrólise, agitação e intensidade de corrente elétrica. O ajuste do pH inicial foi realizado utilizando soluções de NaOH (0,5N e 1N) e H₂SO₄ (0,5N e 1N) e a condutividade com NaCl.

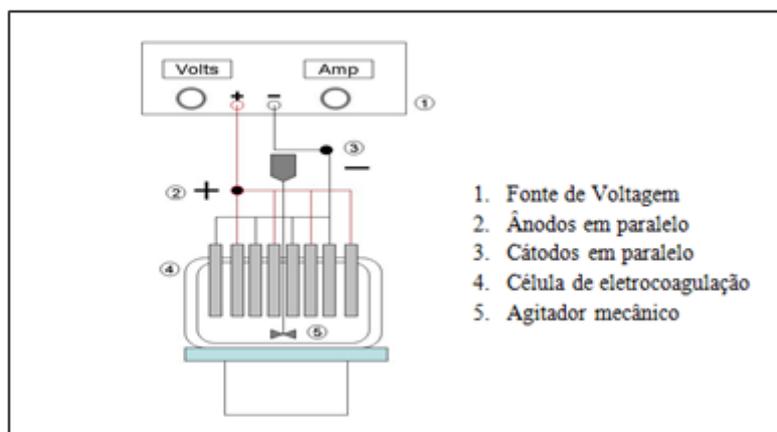


Figura 1- Fluxograma do Processo de Eletrocoagulação

O planejamento experimental foi feito por intermédio do Software “Statgrafics”, efetuando todas as possíveis combinações entre as variáveis independentes escolhidas.

Na Tabela 1, estão os valores mínimos, intermediários e máximos de cada uma das variáveis independentes, que combinadas entre si mostraram os efeitos das melhores e piores condições operacionais do sistema, permitindo assim escolher as condições ótimas de trabalho.

Tabela 1- Valores dos parâmetros de operação e níveis codificados no experimento realizado.

Parâmetros	Níveis		
	- 1	0	+ 1
pH inicial	4	6	8
Condutividade (µs)	1000	2500	4000
Tempo de eletrólise (min.)	15	25	35
Agitação (rpm)	200	400	600
Intensidade da corrente (A)	1	1,75	2,5

2.2. Análise química

Ao final de cada ensaio, foram analisados parâmetros como pH, condutividade, turbidez, STD usando equipamentos multiparâmetros de análise de água e em seguida realizou-se análises de DQO, Nitrito, Nitrato e Fósforo total em duplicata para todos os 35 experimentos de acordo com o “Standard Methods for Water and Wastewater”, de forma a avaliar a adequabilidade da tecnologia de tratamento [Souza e Libânio (2009)].

Antes da realização de cada análise a amostra foi filtrada para que não houvesse interferências e os eletrodos foram lavados com água e sabão, secos e pesados para avaliação do custo de tratamento.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a medição dos parâmetros e análises de Turbidez, DQO, Nitrito, Nitrato e Fósforo total em duplicata, calculou-se a percentagem média de remoção de cada parâmetro para cada experimento realizado, conforme mostrado na Tabela 2, juntamente com os valores das variáveis independentes utilizadas para a realização dos experimentos. A escolha dos melhores parâmetros de operação do reator, para tratamento de efluente de piscicultura se deu no 17º experimento, pois com a combinação dessas variáveis independentes, foi possível alcançar máxima percentagem de remoção de poluentes (84,95% para DQO, 98,06% para nitrito, 82,43% para nitrato, 98,05% fósforo total e 95,32% para a turbidez).

Tabela 2- Resultados do planejamento experimental

EXPER.	PARÂMETROS MONITORADOS					PERCENTUAL DE REMOÇÃO				
	pH	Condut. (µs)	Tempo (min.)	Agitação (RPM)	Corrente (A)	DQO (%)	NITRITO (%)	NITRATO (%)	FÓSFORO (%)	TURBIDEZ (%)
1	4	1000	35	200	2,5	75,52	100,00	82,41	94,17	47,51
2	4	1000	15	600	1,0	75,52	100,00	82,58	85,73	96,18
3	4	4000	15	600	2,5	70,23	100,00	54,90	95,22	99,14
4	8	1000	15	200	1,0	76,25	100,00	59,94	86,84	91,57
5	8	1000	15	200	2,5	79,15	100,00	65,49	87,66	90,39
6	6	2500	25	400	1,75	52,06	100,00	37,13	99,83	83,33
7	8	4000	15	600	1,0	57,54	100,00	69,52	98,94	99,10
8	8	1000	15	600	2,5	52,41	100,00	57,12	98,76	99,30
9	8	4000	15	600	2,5	62,11	94,53	50,92	95,47	99,17
10	4	4000	35	200	1,0	52,64	100,00	69,55	98,08	94,20
11	4	1000	15	600	2,5	77,61	94,32	28,65	92,97	98,48
12	8	4000	15	200	2,5	71,97	95,96	42,20	95,09	91,27
13	4	4000	35	600	2,5	58,75	100,00	24,07	92,92	98,83
14	4	1000	35	600	2,5	75,76	95,04	73,80	95,39	88,10
15	4	4000	15	200	2,5	68,74	100,00	74,49	94,53	95,00

16	4	1000	15	200	1,0	66,19	97,17	31,65	95,98	95,12
17	8	1000	35	200	2,5	84,95	98,06	82,43	98,05	95,32
18	8	1000	35	600	2,5	72,24	100,00	88,18	97,95	97,73
19	8	1000	35	600	1,0	71,44	100,00	89,07	95,62	98,33
20	4	4000	15	200	1,0	79,76	98,82	28,30	98,96	97,86
21	8	4000	35	200	1,0	70,11	100,00	41,67	98,73	98,58
22	4	1000	15	200	2,5	79,37	100,00	53,08	97,65	90,94
23	8	4000	35	600	2,5	78,47	100,00	78,65	95,19	99,05
24	4	1000	35	200	1,0	82,73	100,00	70,21	99,23	82,46
25	4	1000	35	600	1,0	76,22	100,00	70,92	99,26	98,19
26	4	4000	35	200	2,5	50,35	60,15	28,20	97,32	96,30
27	8	4000	35	200	2,5	41,99	92,39	42,73	97,51	96,43
28	8	1000	15	600	1,0	20,39	90,05	25,53	91,10	96,30
29	8	4000	15	200	1,0	49,83	98,52	39,90	97,36	98,61
30	8	1000	35	200	1,0	34,38	100,00	26,36	95,01	98,01
31	4	4000	15	600	1,0	33,97	98,42	24,36	99,35	98,48
32	4	4000	35	600	1,0	42,39	98,48	38,88	88,97	93,10
33	8	4000	35	600	1,0	45,16	98,42	26,28	99,80	90,63
34	6	2500	25	400	1,75	52,06	100,00	37,13	99,83	83,33
35	6	2500	25	400	1,75	52,06	100,00	37,13	99,83	83,33

3.1. Análise da Eficiência de Remoção da DQO

Analisando a (Figura 2a e 2b) pode-se observar um comportamento similar, com a região da máxima remoção compreendida no tempo de eletrólise entre 15 e 20 min, pH inicial entre 4 e 6 e o valor da corrente elétrica entre 2 e 2,5 A. Assim como, fixando o valor da corrente em 1,75 A (Fig. 2c), verifica-se que a região da máxima remoção está numa região de valores de pH entre 4 e 5 e corrente variando de 2 a 2,5 A.

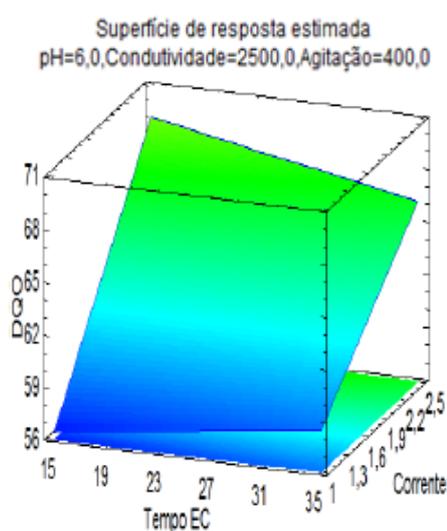


Figura 2a)– Percentual de remoção da DQO, mantendo fixo pH inicial.

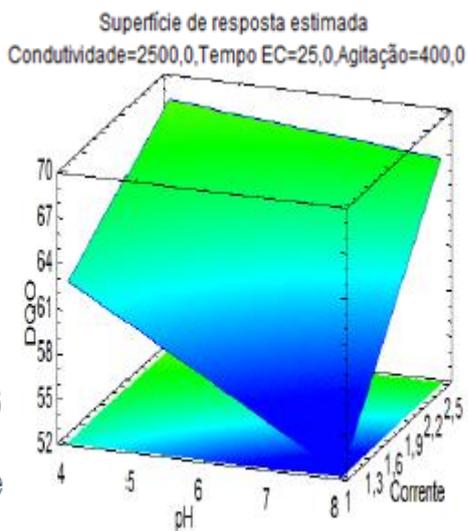


Figura 2b)– Percentual de remoção da DQO, mantendo fixo tempo de eletrólise.

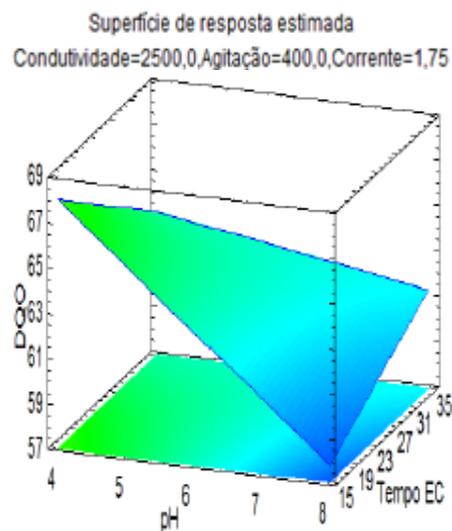


Figura 2c)– Percentual de remoção da DQO, mantendo o valor da corrente elétrica.

3.2. Análise da Eficiência de Remoção do Fósforo total

Na Figura 3a, fixando o tempo em 25 min, nota-se que há pouca variação ao longo de toda a região da máxima remoção do Fósforo total. Já não se pode dizer o mesmo quando a corrente elétrica é fixada em 1,75 A (Figura 3b), pois há uma variação substancial, com a região da máxima remoção compreendida no tempo entre 30 e 35min e pH inicial entre 7 e 8. Por outro lado, mantendo o pH inicial fixo em 6 (Fig. 3c), pode-se verificar que a região da máxima remoção está numa região compreendida no tempo entre 30 e 35 minutos e o valor de corrente entre 1 e 1,5 A.

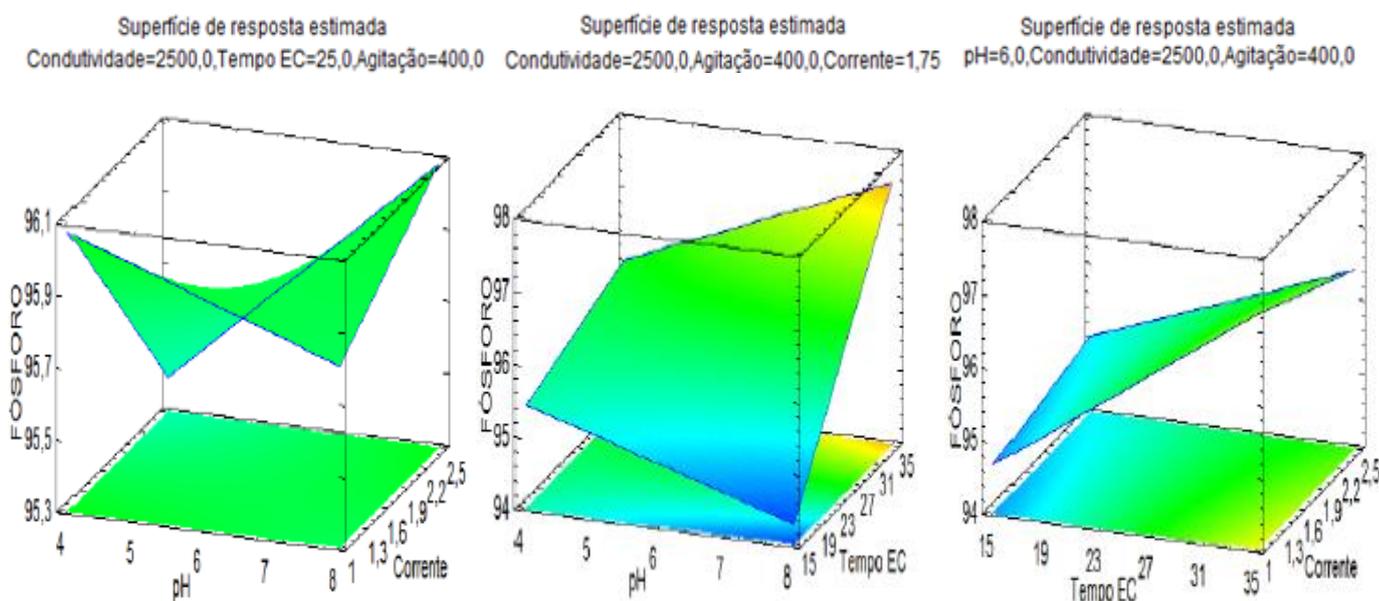


Figura 3a) – Percentual de remoção do Fósforo total, mantendo fixo o tempo de eletrólise.

Figura 3b) – Percentual de remoção do Fósforo total, mantendo fixo o valor da corrente elétrica.

Figura 3c) – Percentual de remoção do Fósforo total, mantendo fixo pH inicial.

3.3. Análise da Eficiência de Remoção do Nitrito

Analisando a (Figura 4a e 4b) pode-se observar um comportamento similar, com o percentual máximo de remoção alcançado no tempo entre 30 e 35 minutos. Na Figura 4a, mantendo fixo esse tempo de eletrólise e o pH inicial em 6, pode-se observar que a região da máxima remoção se encontra numa região compreendida no valor da corrente elétrica entre 1 e 1,6 A. Assim como na Figura 4b, mantendo fixo o mesmo tempo de eletrólise e o valor da corrente elétrica em 1,75 A, pode-se observar que a região da máxima remoção está compreendida entre o pH inicial 7 e 8. Na Figura 4c, fixando tempo de eletrólise em 25 minutos, pode-se verificar que a região da máxima remoção também está compreendida entre o pH inicial de 7 e 8 e o valor da corrente elétrica entre 1,3 e 1,6 A.

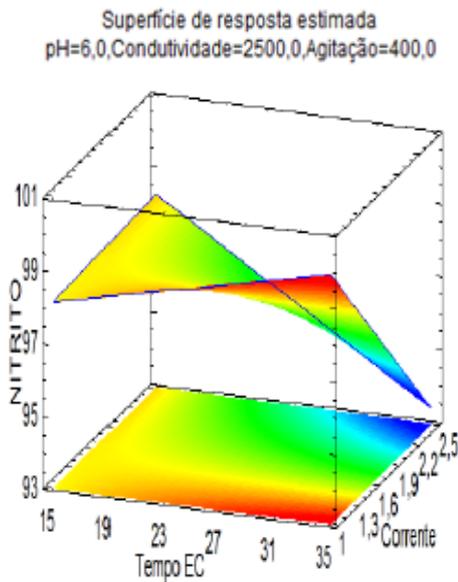


Figura 4a) – Percentual de remoção do Nitrito, mantendo fixo o pH inicial.

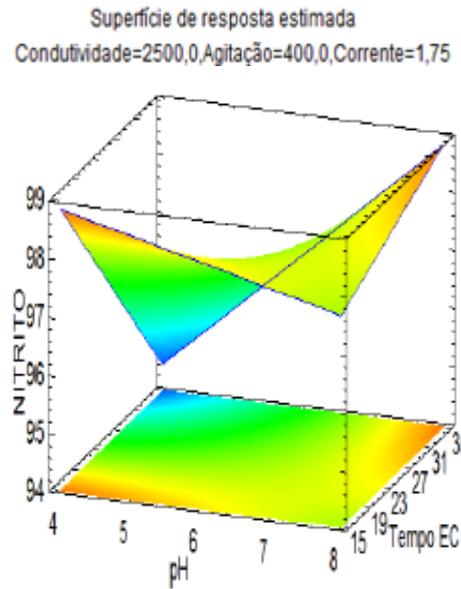


Figura 4b) – Percentual de remoção do Nitrito, mantendo fixo o valor da corrente elétrica.

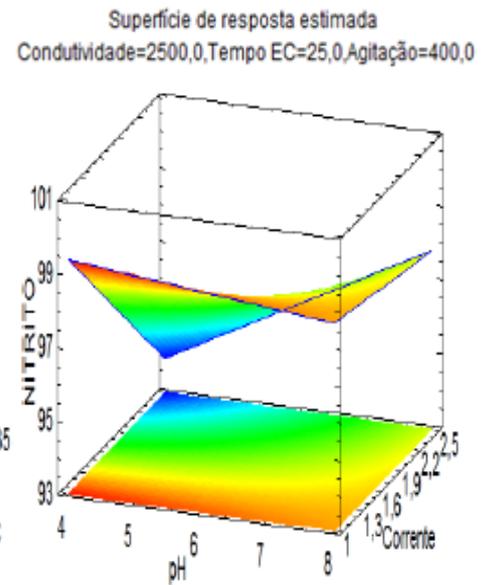


Figura 4c) – Percentual de remoção do Nitrito, mantendo fixo o tempo de eletrólise.

3.4. Análise da Eficiência de Remoção do Nitrato

Na Figura 5a, fixando o pH inicial em 6, pode-se verificar que a região da máxima remoção está numa região de valores de corrente entre 2,0 e 2,5 A e no tempo de 30 e 35 minutos. Da mesma forma, fixando o valor da corrente elétrica em 1,75 A (Fig. 5b), pode-se observar que a região da máxima remoção está compreendida na região do intervalo de tempo de eletrólise entre 25 e 35 minutos e no valor do pH inicial entre 7 e 8. Olhando para (Figura 5c) pode-se concluir claramente que a região da máxima remoção do Nitrato, está compreendida na região de valores de corrente elétrica entre 2,0 e 2,5 A e no pH inicial entre 7 e 8, respectivamente.

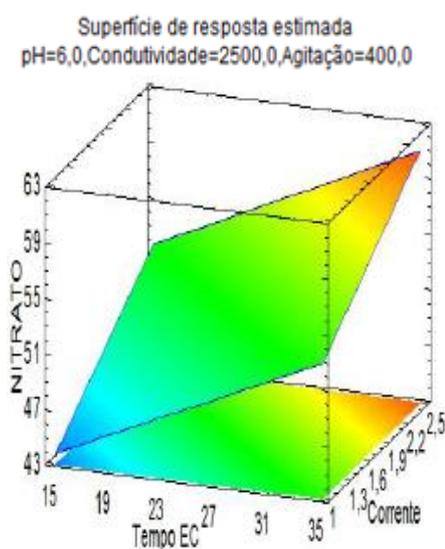


Figura 5a) – Percentual de remoção do Nitrato, mantendo fixo o pH inicial.

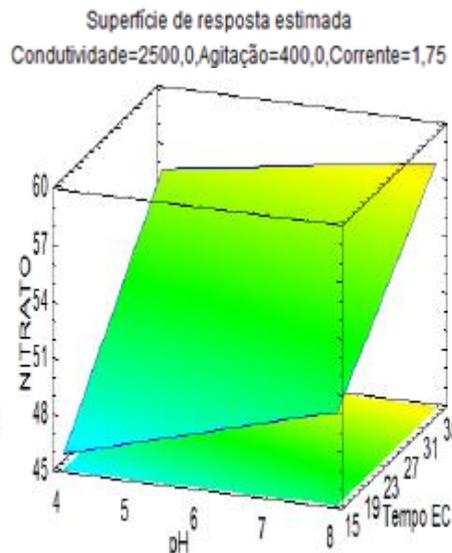


Figura 5b) – Percentual de remoção do Nitrato, mantendo fixo o valor da corrente elétrica.

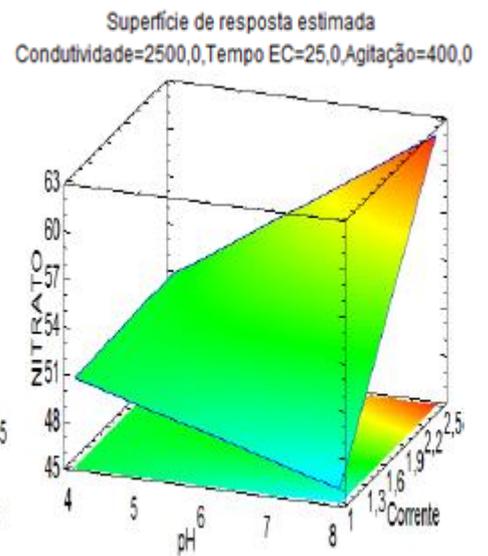


Figura 5c) – Percentual de remoção do Nitrato, mantendo fixo o tempo de eletrólise.

4.0 CONCLUSÕES

Considerando o resultado obtido, ótimo e coerente com o esperado, que foi de atingir a maior remoção possível dos poluentes presentes no efluente de piscicultura, através da aplicação do processo da eletrocoagulação, o planejamento experimental proposto sugere que as melhores condições de operação do reator são: pH inicial=8, condutividade=1000 μ s, tempo=35 min, agitação=200RPM e corrente elétrica=2,5 A.

Operando o reator sob essas condições, foi possível alcançar eficiência de remoção de 84,95% para DQO, 98,06% para nitrito, 82,43% para nitrato, 98,05% para fósforo total e 95,32% para a turbidez. Esses parâmetros, assim como outros que foram analisados (pH, temperatura, STD), com exceção da DQO enquadrando-se dentro das condições estabelecidas pela Resolução CONAMA Nº357/05 e pela Portaria Nº154/2002, para lançamento do efluente final em corpos receptores. Podendo assim concluir claramente que a eletrocoagulação é um processo alternativo, eficiente e promissor, tendo um papel de grande relevância no tratamento de efluentes de piscicultura.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WPCF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed., American Public Health Association, Washington, DC.
- BACCARIN, A.E.; CAMARGO, A.F.M. (2005). Characterization and evaluation of the impact of feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. Brazilian Archives of Biology and Technology, v.48, p.81-90.
- BORBA, F.H.; MANENTI, D.R.; MÓDENES, A.N.; MORA, N.D.; ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; PALÁCIO, S.M.; YASSUE, P.H.; NASCIMENTO, R. (2010). “Avaliação da eficiência da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes de indústria de subprodutos avícolas”. Estudos tecnológicos. V.6, p.36-47.
- CHEN, X.; CHEN, G.; YUE, P.L. (2000). Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. Separation and Purification Technology, v.19, p.65-76.
- CHEN, G. (2004). Electrochemical technologies in wastewater treatment. Separation and Purification Technology, v.38, p.11-41.
- GE, J.; Qu, J.; Lei, P.; Liu, H. (2004). New bipolar electrocoagulation – electroflotation process for the treatment of laundry wastewater, Separation and Purification Technology, v.36, p.33–39.
- SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente - C.E. Portaria Nº154, de 22 de Julho de 2002 (DOE – 01.10.2002). Disponível em: <http://antigo.semace.ce.gov.br/integracao/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=95>. Acesso em: 26/08/2013.
- SOUZA, M.E.T.A.; LIBÂNIO, M. (2009). “Proposta de índice de Qualidade para Água Bruta afluenta a estações convencionais de tratamento”. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.14, n.4, p. 471-478.