

II-536 - ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO E ECONÔMICO DE UMA ETE PILOTO QUE UTILIZA SISTEMA ELETROLÍTICO COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Felipe João Carvalho Filho⁽¹⁾

Biólogo pela Universidade Federal de Goiás (UFG-GO). Mestre em Biodiversidade Vegetal pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Analista de Saneamento na Gerência de Tratamento de Esgoto da SANEAGO.

Leandro Roncato Pereira⁽²⁾

Engenheiro Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). Analista de Saneamento na Gerência de Tratamento de Esgoto da SANEAGO.

Luanna Gonçalves de Paula⁽³⁾

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). Gerente de Tratamento de Esgoto da SANEAGO.

Mildo Campos Salgado⁽⁴⁾

Técnico em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás. Coordenador de Operações das ETEs Isoladas da SANEAGO.

Endereço⁽¹⁾: ETE Dr. Hélio Seixo de Britto, AV. Perimetral Norte, St. Goiânia 2, Goiânia – Goiás – CEP: 74665-510 - Brasil - Tel: (62) 3269-9361 - e-mail: felipefilho@saneago.com.br

RESUMO

Em busca de sistemas de tratamento de efluentes doméstico que atenda os padrões de lançamento conforme a legislação ambiental vigente, diversas concepções de tratamento estão sendo avaliadas tecnicamente e economicamente, a fim de promover a melhoria do cenário atual do país no que se refere ao tratamento de esgoto.

Sendo assim, o presente trabalho busca avaliar a concepção de um modelo piloto de uma ETE que utiliza para seu tratamento a eletrólise. Foram analisados diversos parâmetros do tratamento, assim como aspectos operacionais, de manutenção e econômico do sistema e, por fim, comparou-se o custo de implantação e operação deste sistema eletrolítico em substituição ao sistema já em operação onde o piloto foi testado. A ETE do tipo eletrólise foi testada, durante 4 meses, onde foi coletado parte do efluente de uma ETE, denominada ETE X, cujo o sistema de tratamento é terciário do tipo quimicamente assistido, que desde sua implantação tem apresentado elevado custo e diversos problemas de manutenção e operação.

Os estudos realizados na estação do Tipo Eletrólise apresentaram, em escala piloto onde os testes foram realizados, resultados satisfatórios em relação aos parâmetros exigidos pela legislação vigente. Em relação aos custos, comparado a ETE X, o sistema eletrolítico apresentou mais vantajoso economicamente tanto para a implantação quanto para a operação e manutenção da unidade de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Tratamento de Efluentes, Eletrólise, Análise Econômica, Estimativa de Custos.

INTRODUÇÃO

Os processos eletrolíticos têm sido uma opção para tratamento de águas residuárias, tais como os esgotos sanitários, podendo ser empregados como processo único ou acoplados com outros processos, na busca de qualidade mais alta dos efluentes tratados além da manutenção e melhoria das águas receptoras e das condições ambientais (CLARO, et al. 2010; METCALF; EDDY, 2016).

A eletrólise é um processo que utiliza a eletricidade para quebrar moléculas de elementos químicos e biológicos (bactérias, coliformes, micro-organismos, patologias, etc.), dissociando os elementos de tal maneira a se obter água e lodo (SINOTI, 2004; METCALF; EDDY, 2016).

Em busca de sistemas de tratamento de efluentes doméstico que atenda os padrões de lançamento conforme a legislação ambiental vigente, diversas concepções de tratamento estão sendo avaliada tecnicamente e

economicamente, a fim de promover a melhoria do cenário atual do país no que se refere ao tratamento de esgoto.

Este estudo busca avaliar a concepção de um modelo piloto de uma ETE que utiliza para seu tratamento a eletrólise. Foram analisados diversos parâmetros do tratamento, assim como aspectos operacionais, de manutenção e econômico do sistema e, por fim, comparou-se o custo de implantação e operação deste sistema eletrolítico em substituição ao sistema já em operação onde o piloto foi testado. A ETE do tipo eletrólise foi testada, durante 4 meses, onde foi coletado parte do efluente de uma ETE, denominada ETE X, cujo o sistema de tratamento é terciário do tipo quimicamente assistido, que desde sua implantação tem apresentado elevado custo e diversos problemas de manutenção e operação.

OBJETIVO

O objetivo geral do sistema avaliado consiste em avaliar técnico e economicamente um piloto de um sistema de eletrólise aquosa com eletrodos reativos para tratamento de águas residuárias.

Os seguintes objetivos específicos foram buscados:

- (1) - Verificar a possibilidade do uso do sistema eletrolítico como uma alternativa para o tratamento de efluentes domésticos, a partir da análise da eficiência de diversos parâmetros, além dos aspectos operacionais, de manutenção e econômico.
- (2) - Analisar os resultados laboratoriais do tratamento sistema eletrolítico com o uso do efluente após tratamento preliminar e com o efluente após o tratamento biológico dos reatores do tipo UASB.
- (2) - Comparar os custos de implantação e de operação de um sistema do tipo eletrólise em substituição ao sistema de tratamento já existente para atender a vazão atual que chega a ETE X.

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETE X é constituída por um tratamento composto por gradeamento, desarenador, reator UASB, floculador, flotador e desinfecção UV. Para avaliação do sistema de eletrólise, foram realizados testes com o efluente após o tratamento preliminar e reator UASB. Optou-se por avaliar o sistema após o gradeamento e desarenador, objetivando verificar a eficiência do sistema para o tratamento do efluente bruto e após o reator UASB, objetivando verificar a possibilidade do uso da eletrólise como uma alternativa para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbio.

O sistema eletrolítico é composto pelo gradeamento, caixa de separação de areia, caixa primária, caixa eletrolítica, decantador e leito de secagem. O gradeamento é responsável pela remoção de sólidos grosseiros visando a proteção de dispositivos de transporte dos esgotos, das unidades de tratamento subsequentes e dos corpos receptores (VON SPERLING, 2014). A caixa de separação de areia é responsável pela remoção de material mineral como areia, pedrisco, silte, escória e cascalho, além da reduzida quantidade de matéria orgânica putrescível, objetivando evitar abrasão nos equipamentos e tubulações, reduzir possíveis avarias e obstruções nas unidades da ETE e facilitar o manuseio e transporte das fases líquidas e sólida, ao longo das unidades componentes da ETE (JORDÃO; PÊSSOA, 2016). A caixa primária serve para armazenamento do efluente, regulando o nível e estoque a ser tratado, equalizando-o. A caixa eletrolítica realiza o processo de eletrólise e floculação através de eletrodos reativos quebrando as moléculas da matéria orgânica, deixando em suspensão sólidos e nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), e potássio (K). O decantador realiza a separação do efluente por decantação, eliminando micropartículas em suspensão. O leito de secagem é responsável por separar por filtragem o líquido da parte sólida tanto do flotado na caixa eletrolítica como do lodo acumulado na caixa de decantação.

O sistema eletrolítico instalado apresenta 5 vazões:

Q_{afluente} : Vazão de entrada no sistema após o tratamento preliminar;

Q_{retorno} : Parte da vazão total que chega ao sistema retorna para o início do tratamento (vazão excedente);

$Q_{arraste}$: Parte da vazão total que chega ao sistema é direcionada através de uma comporta para realizar o arraste do lodo formado durante o processo eletrolítico;

$Q_{lodo\ do\ decantador}$: Lodo acumulado no decantador é retirado por batelada através da abertura de registro;

$Q_{efluente}$: Vazão de efluente tratado e encaminhado para lançamento no corpo receptor.

O sistema possui capacidade para tratamento de efluentes de 2000 L/h, ocupando um espaço de 4,5 m² e se apresenta como uma alternativa para o tratamento de águas residuárias devido ao seu baixo custo de implantação e operação.

A eficiência do tratamento do tipo eletrólise será avaliada através de análises afluente e efluente ao processo de tratamento dos seguintes parâmetros: DBO, DQO, temperatura, pH, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, sólidos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, turbidez, análises bacteriológicas, cor, ferro, fluoreto total, nitrato, nitrito, óleos e graxas, condutividade, alcalinidade total e classe do lodo. A previsão é que o sistema de tratamento eletrolítico funcione continuamente durante 2 (dois) meses recebendo o efluente que advém após o tratamento biológico do reator e 2 (dois) meses recebendo o efluente bruto, que passou somente pelo do tratamento preliminar.

Foram computados todos os custos de implantação da ETE X e da ETE Eletrólise, considerando também os custos de toda a infraestrutura já existente, tais como: urbanização, casa de química, guarita, cerca viva e etc.

Os custos da ETE X foram coletados do orçamento estimado do projeto básico em que a obra foi licitada. Os custos para implantação do sistema eletrolítico foram fornecidos por um fabricante especialista neste tipo de sistema.

Os custos de operação e manutenção foram levantados por meio de dados disponibilizados pela empresa que opera a ETE X e de informações do fabricante da ETE Eletrólise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da eficiência dos resultados laboratoriais realizados durante o piloto da ETE do tipo eletrólise no efluente, tanto após o tratamento preliminar como após o reator UASB, se mostraram satisfatórios e estão em conformidade com a legislação ambiental como podemos observar nas figuras 1 e 2.

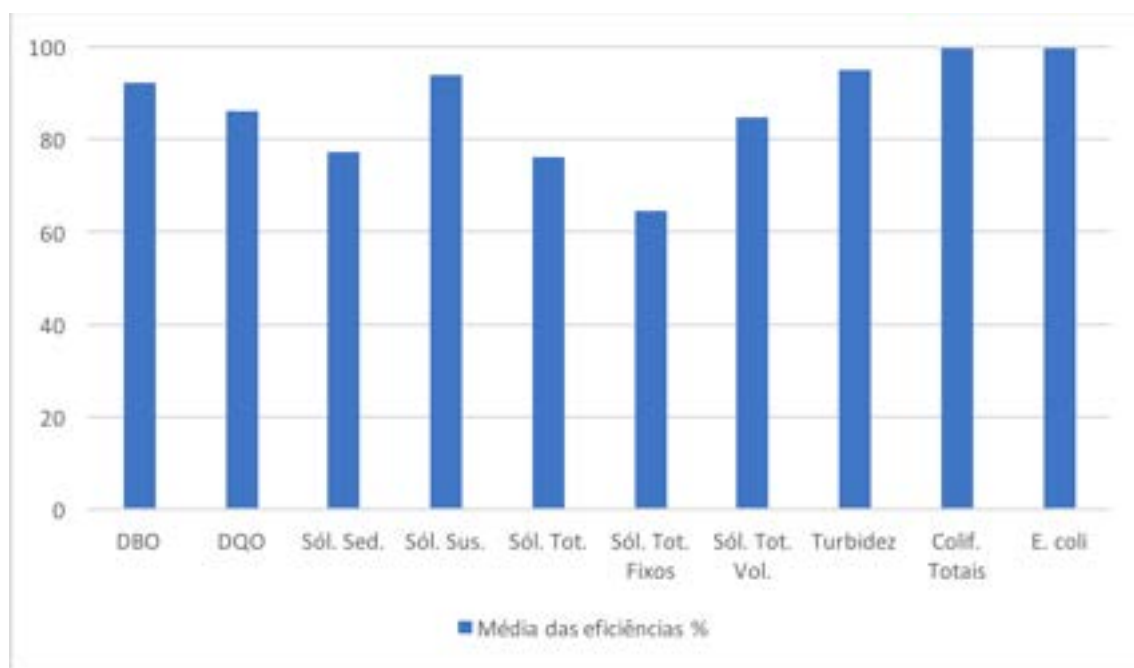


Figura 1: Média das eficiências dos parâmetros analisados no efluente após tratamento preliminar no sistema eletrolítico, ETE-X.

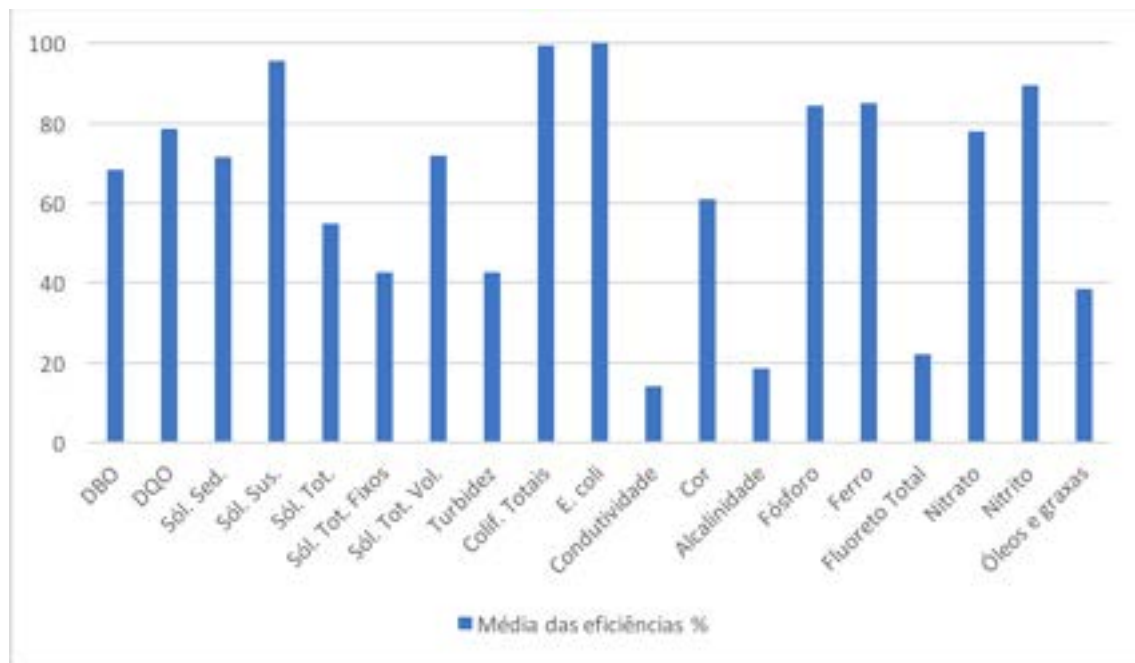


Figura 2: Média das eficiências dos parâmetros analisados no efluente após reator UASB no sistema eletrolítico, ETE-X.

Foi realizada análise do lodo gerado pelo processo de tratamento eletrolítico e o mesmo foi classificado como Classe II A – Resíduo Não Inerte.

A bomba utilizada necessitava de um pré-tratamento bastante eficiente para operar sem obstruções, a grade com espaçamento de 9 mm da estação não foi suficiente para evitar que o resíduo não retido no gradeamento obstruísse o cesto gradeado para proteção da bomba, necessitando cuidado constante do operador quanto a manutenção do sistema. Portanto, não foi verificado o funcionamento do sistema recebendo sólidos grosseiros não retido no gradeamento, uma vez que os mesmos eram retidos no cesto gradeado para proteção da bomba.

Apesar de o sistema possuir capacidade de 2000 L/h, a estação operou com vazão média de 570 L/h, portanto não foi testado com a capacidade máxima operacional do equipamento. Não foi possível trabalhar com vazão máxima uma vez que a ETE não possui tanque de equalização para trabalhar com a vazão constante que o sistema exige. Por esse motivo, a maior parte da operação foi realizada entre as 08:00 e 20:00 horas, no qual a ETE possuía vazão suficiente para operar com vazão constante.

Realizou-se 4 medições de vazão durante a operação do sistema. Constatou-se que da vazão total de entrada no sistema, 69% retornou para o início do tratamento, 11% foi utilizado para o arraste de lodo flotado e 20% foi encaminhado ao corpo receptor como efluente final. Não foi quantificado o lodo do decantador uma vez que não foi necessário o descarte do mesmo durante a operação do sistema.

O controle das vazões de arraste e vazão de efluente encaminhado para a cuba eletrolítica foram controlados através de comportas com regulação de nível de forma manual. Portanto o volume de efluente tratado e de arraste de lodo pode variar conforme o ajuste das comportas.

O arraste de lodo utilizando efluente bruto, aproximadamente 11% da vazão afluyente necessita de leitos de secagem apropriados para o volume produzido. Considerando ainda que a vazão de arraste é regulada de forma manual pelo operador, o volume total pode alterar bastante conforme a operação.

O custo de implantação de uma ETE Tipo Eletrolise, para atender a 10 m³/h, contendo 1 caixa de vazão, 2 caixas eletrolíticas com jogo de placas e eletrodos de ferro, foram orçados em R\$ 355.216,76. O custo de aquisição do gerador foi orçado em R\$ 30.800,00.

Os custos atuais de operação e manutenção da ETE X e da ETE do tipo eletrólise serão apresentados a seguir.

A análise econômica do sistema eletrolítico e da ETE x consistiu basicamente em:

- Levantamento de todos os custos em comum referente a implantação da ETE do tipo Eletrólise e da ETE tipo x. Os custos totalizados em R\$174.738,46 que são similares as duas unidades de tratamento são, respectivamente: tratamento preliminar, leito de secagem, portaria, emissão e urbanização.
- O custo para a implantação da ETE tipo Eletrólise ficou em R\$ 355.216,76. Logo, o custo total, incluindo o tratamento preliminar (R\$174.738,46 + R\$355.216,76) resultou em R\$529.955,22. Na Tabela 1, observa-se a estimativa de Custo para implantação da ETE tipo Eletrólise.
- O custo para a implantação da ETE X ficou em R\$ 2.565.075,31 Logo, o custo total, incluindo o tratamento preliminar (R\$174.738,46 + R\$ 2.565.075,31) resultou em R\$ 2.739.813,77. Na Tabela 2, verifica-se a estimativa de Custo para implantação da ETE X – Terciária Quimicamente Assistida.
- Tanto a ETE X como a ETE tipo eletrólise funciona 24hs necessita de operador em tempo integral. Foram computados todos os custos com os 5 operadores que trabalham na unidade, sob regime de escala de 6h x 6h e todos os encargos sociais, o que resultou em um custo estimado de R\$386.004,53/ano para os 5 operadores da unidade.
- Tanto a ETE do tipo Eletrólise como a ETE X necessitam de geradores para realizar o tratamento ambos completos e o custo deste gerador que pode atender sistemas ficou em R\$31.200,00/ano.
- O sistema de tipo Eletrólise consome cerca de 14kw/h, o que resulta em um consumo de R\$78.624,00/ano. A ETE X, conforme média realizada desde o início da operação, possui um consumo de R\$87.000,00/ano.
- Os custos relacionados ao contrato de conservação da área aplicado tanto para ETE eletrólise quanto para ETE X, refere-se a um contrato de jardinagem e limpeza da unidade que possui um custo de R\$51.207,12/ano e prestação de serviço do limpa-fossa e caçambas para sistemas de remoção e destinação correta dos resíduos aplicados a ambos sistemas (eletrólise e ETE x) ficou R\$6.669,00/ano.
- O custo de manutenção orçado pela empresa fornecedora do equipamento, incluindo todos os serviços de mecânica, elétrica, automação com possíveis troca de peças, ficou em R\$240.000,00/ano.
- O custo de manutenção estimado pelo departamento de manutenção da Companhia de Saneamento, baseado nas médias de custos desde o início de operação da ETE X é cerca de R\$600.000,00/ano.
- Foi computado o custo de R\$20.000,00/ano (com encargos) de um técnico em saneamento, conforme a solicitação do fabricante para acompanhar todos as atividades relacionadas ao funcionamento da ETE do tipo Eletrólise. Atualmente, a ETE X possui como técnico responsável um Engenheiro Ambiental, devido à complexidade da operação, cujo o custo com encargos é de aproximadamente R\$240.000,00/ano.
- Na Tabela 3 e 4 foram indicadas as estimativas de custos anual de operação e manutenção da ETE X – Terciária Quimicamente Assistida e da ETE Eletrólise.

Tabela 1: Estimativa de Custo para implantação da ETE tipo Eletrólise

Custo de Implantação ETE do Tipo Eletrólise		
Tratamento Preliminar	Tratamento Eletrólise	Custo Total
R\$ 174.738,46	R\$ 355.216,76	R\$ 529.955,22

Tabela 2: Estimativa de Custo para implantação da ETE X – Terciária Quimicamente Assistida

Custo de Implantação ETE X		
Tratamento Preliminar	Tratamento Terciário Quimicamente Assistido	Custo Total
R\$ 174.738,46	R\$ 2.565.075,31	R\$ 2.739.813,77

Tabela 3: Estimativa de Custo Anual de Operação e Manutenção da ETE tipo Eletrólise

Custo Operacional e de Manutenção da ETE do Tipo Eletrólise (ano)							
Operadores	Gerador	Energia	Contrato Conservação	Contrato Resíduos	Contrato Manutenção	Responsável Técnico	Custo Total (Soma)
R\$ 386.004,53	R\$ 31.200,00	R\$ 78.624,00	R\$ 51.207,12	R\$ 6.669,00	R\$ 240.000,00	R\$ 120.000,00	R\$ 913.704,65

Tabela 4: Estimativa de Custo Anual de Operação e Manutenção da ETE X – Terciária Quimicamente Assistida

Custo Operacional e de Manutenção da ETE X – Terciária Quimicamente Assistida (ano)								
Operadores	Produto Químico	Gerador	Energia	Contrato Conservação	Contrato Resíduos	Contrato Manutenção	Responsável Técnico	Custo Total (Soma)
R\$ 386.004,53	R\$ 28.252,80	R\$ 31.200,00	R\$ 87.000,00	R\$ 51.207,12	R\$ 6.669,00	R\$ 600.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 1.430.333,45

RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que o sistema tenha medidores de vazão em todas as etapas do processo de tratamento. Considerando que a ETE possui diversas vazões em seu sistema é necessário a instalação de algum dispositivo para ajuste e controle das vazões.

Como o sistema de tratamento possui uma vazão de retorno (volume excedente e volume drenado nos leitos de secagem) e precisa trabalhar com uma vazão constante é necessário que a ETE seja projetada com um tanque de equalização.

Verifica-se, que nos próximos projetos realize o tratamento preliminar acrescidos de peneira do tipo fina, pois o sistema eletrolítico fica prejudicado com a presença de resíduos.

Verifica-se, na concepção dos projetos do tipo eletrólise, a necessidade da instalação de um gerador para garantir a funcionamento do sistema em sua plenitude mesmo quando houver ausência de energia.

Para a fase sólida, recomenda a digestão do lodo ou alguma medida para controle com larvicidas, visto que foi constatado o surgimento de larvas no leito de secagem.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Das condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários (Resolução CONAMA nº 430/2011 e DECRETO Nº 1.745/79 que regulamenta a LEI nº 8544/78 que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no estado de Goiás, os resultados dos laudos das análises laboratoriais foram satisfatórios, tanto para o efluente bruto quanto para o efluente pós-reator.

Em todas as análises os parâmetros de DBO 5 dias, 20°C foram atendidos com no máximo 60 mg/L e/ou com redução de 80% da DBO. Temperatura, Óleos e Graxas, Fluoreto Total e Ferro em todas análises foi

respeitado o valor máximo permitido. O parâmetro Sólidos Sedimentáveis em 86% das análises realizadas foi atendido o valor máximo permitido na legislação. O parâmetro pH em apenas 31% das análises realizadas obteve resultados dentro dos padrões de lançamento.

Será necessário corrigir o pH efluente para adequá-lo aos padrões de lançamento vigentes uma vez que em apenas 31% das análises o mesmo atendeu os padrões.

Em relação a análise de custos, A ETE X – Terciária Quimicamente Assistida apresentou um custo para implantação 5,19 vezes maior em relação a ETE Eletrolise. A ETE X – Terciária Quimicamente Assistida apresentou um custo de operação e manutenção 1,56 vezes maior em relação a ETE Eletrolise.

Conclui-se que a ETE do Tipo Eletrolise apresentou, em escala piloto onde os testes foram realizados, resultados satisfatórios em relação aos parâmetros exigidos pela legislação vigente. Em relação aos custos, comparado a ETE X, o sistema eletrolítico apresentou mais vantajoso economicamente tanto para a implantação quanto para a operação e manutenção da unidade de tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CLARO, E.M.T.C., OTENIO, M.H., BIDÓIA, E.D., SILVA, N.M.M.G., SANTOS, V. Avaliação (em escala laboratorial) da aplicação do processo eletrolítico em efluente de lagoa de estabilização de esgoto urbano. Química Nova, vol.33, n.3, p.557-561, 2010.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 28 jan. 2017.
3. GOVERNO ESTADO DE GOIÁS. Decreto nº 1.745, de 06 de dezembro de 1979. Aprova o Regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. 22 p. Disponível em: http://www.mp.go.gov.br/nat_sucroalcooleiro/Documentos/legislacao/especifica/03.pdf. Acesso em: 28 jan. 2017.
4. JORDAO, E.P.; PÉSSOA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. 7ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2016. 906 p.
5. METCALF & EDDY. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH. 1980 p., 2016.
6. SINOTI, A.L.L. Processo eletrolítico no tratamento de esgotos sanitários: um estudo da sua aplicabilidade e mecanismos associados. Dissertação de mestrado, Publicação PTARH.DM - 12 / 04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 143 p., 2004.
7. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995.