

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Flávio de Lima Olímpio Júnior**

**DESINFECÇÃO DE EFLUENTES DE ESGOTO  
SANITÁRIO POR ELETRÓLISE**

**Taubaté - SP**  
**2018**

**Flávio de Lima Olímpio Júnior**

**DESINFECÇÃO DE EFLUENTES DE ESGOTO  
SANITÁRIO POR ELETRÓLISE**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica  
da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcio Abud  
Marcelino

**Taubaté – SP  
2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias

O46d      Olímpio Junior, Flávio de Lima  
Desinfecção de efluentes de esgoto sanitário por  
eletrólise. / Flávio de Lima Olímpio Júnior. - 2018.  
34f. : il; 30 cm.  
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –  
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia  
Mecânica e Elétrica, 2018  
Orientador: Prof. Dr. Marcio Abud Marcelino,  
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.  
1. Patógenos. 2. Tratamento de esgoto. 3.  
Desinfecção. 4. Eletrólise. I. Título.

*Flávio de Lima Olímpio Júnior*

**DESINFECÇÃO DE EFLUENTES DE ESGOTO  
SANITÁRIO POR ELETRÓLISE**

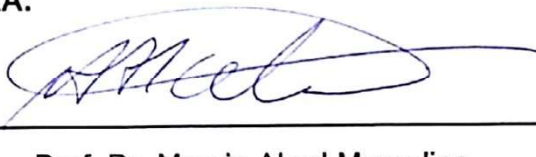
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO




Prof. Me. Luiz Ricardo Prieto Hercos  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. Marcio Abud Marcelino  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Prof. Me. Ivair Alves dos Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Taubaté, 22 de Junho de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, arquiteto e mantenedor do universo.

À minha antiga universidade, UNIFEI, por ter me proporcionado uma base sólida para continuar meus estudos de engenharia.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que possibilitou minha participação em diversos projetos que favoreceram enormemente meu crescimento pessoal e profissional.

À Universidade da Coreia pela oportunidade de ampliar meus horizontes. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por mais de uma vez fomentar meus estudos.

Aos meus professores, em especial o Prof. Msc Ivair Alves dos Santos, e aos meus colegas, em especial Filipe Ferreira Caetano, que muito me ensinaram até aqui e que, com certeza, muito me ensinarão durante minha vida.

À minha colega, amiga e namorada Taiana Michel Carvallo Cortes por não só me motivar no meu caminho, mas também por caminhá-lo ao meu lado.

Aos meus pais Rosemilda Ribeiro de Lima e Flávio dos Santos Olímpio, que proporcionaram as condições de meus estudos e todo o apoio para que eu chegasse até aqui. Também à minha irmã Larissa de Lima Olímpio pelo cuidado e apoio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio Abud Marcelino por me propor esse desafio e me auxiliar durante todo o processo.

Ao pessoal da empresa Aratú Ambiental que propiciou um ambiente adequado e apoio para a realização do trabalho.

“Estude muito o que mais lhe interessa  
da maneira mais indisciplinada,  
irreverente e original possível”

(RICHARD FEYNMAN)

## RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo e a fabricação de uma célula reduzida para um processo de desinfecção de patógenos de efluentes de esgoto sanitário por eletrólise. O processo é usado em substituição aos convencionais processos de desinfecção química por compostos oxidantes, que costumam ser nocivos ou gerar subprodutos nocivos ao corpo humano. A relevância do trabalho está em apresentar um meio de substituir o principal tratamento usado atualmente no Brasil, que consiste na cloração da água, um processo que promove a formação de compostos carcinogênicos na água. Em trabalhos anteriores, o processo eletrolítico provou-se eficaz na desinfecção mínima da água, tornando-se desnecessária a adição de cloro. A metodologia usada envolve o uso de projeto assistido por computador, com programas específicos, e a confecção de células reduzidas. Obteve-se o desenho e um protótipo funcional de uma célula de desinfecção de efluentes em fluxo contínuo para aplicação em miniestações de tratamento de esgoto sanitário pelo método eletrolítico. Em ensaios futuros espera-se obter com ele o menor tempo de detenção necessário e o menor consumo energético para a desinfecção mínima exigida pela legislação e normas vigentes.

**Palavras-chave:** Patógenos. Tratamento de esgoto. Desinfecção. Eletrólise.

## **ABSTRACT**

This work presents the study and the manufacture of a reduced cell for a process of sewage effluent pathogens disinfection by electrolysis. This process is used instead of the conventional chemical disinfection processes that utilize oxidizing compounds, which are usually harmful or which can generate harmful by-products to the human body. The relevance of this work is in presenting a means to replace the main treatment currently used in Brazil, which consists in the chlorination of effluents, a process that causes the formation of carcinogenic compounds in water. In previous works, the electrolytic process was proven effective in the minimum disinfection of water, making the addition of chlorine unnecessary. The methodology used in this work involves the use of computer aided design, with specific programs, and the manufacture of reduced cells. Both a design and a functional prototype of a continuous flow effluent disinfection cell were obtained for the application of sanitary sewage treatment by the electrolytic method. In future tests the shortest necessary holding time and the lowest energy consumption for the minimum disinfection required by current legislation and standards are expected to be obtained.

**Keywords:** Pathogens. Sewage treatment. Disinfection. Electrolysis





## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sequência das fases do projeto.....	20
Figura 2 – Evolução do conceito .....	23
Figura 3 – Evolução do desenho técnico mecânico.....	24
Figura 4 - Projeto final do vaso para a célula de desinfecção .....	25
Figura 5 - Estrutura de polipropileno .....	27
Figura 6 - Adição das placas de alumínio .....	27
Figura 7 - Terminais e elementos fixadores .....	28
Figura 8 - Placas com silicone e terminais .....	28
Figura 9 - Terminais adicionados .....	29
Figura 10 - Registro de esfera roscável .....	29
Figura 11 - Usinagem para a adição do segundo registro.....	30
Figura 12 - Registros de esfera instalados .....	30
Figura 13 – Conexão espigão fixo adicionado .....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de materiais.....	26
------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>Cl</b>	Cloro
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>Cu</b>	Cobre
<b>cm</b>	Centímetro
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxigênio
<b>E.coli</b>	Escherichia coli
<b>ETE</b>	Estação de tratamento de esgoto
<b>Fe</b>	Ferro
<b>H</b>	Hidrogênio
<b>L</b>	Litros
<b>mm</b>	milímetro
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>O</b>	Oxigênio
<b>OH</b>	Hidroxila
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>Ti</b>	Titânio
<b>THM</b>	Trihalometanos
<b>UFC</b>	Unidade de Formação de Colônias
<b>V</b>	Volts

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO	15
1.2 OBJETIVO GERAL	16
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	16
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
<b>2 PROCESSO ELETROLÍTICO</b>	<b>18</b>
2.1 ELETRÓLISE	18
2.2 PROCESSO ELETROLÍTICO PARA DESINFECÇÃO	18
<b>3 METODOLOGIA DO ESTUDO</b>	<b>20</b>
3.1 FASES INICIAIS	20
3.2 ENSAIOS	21
3.3 ANÁLISE DO RESULTADO	21
<b>4 DESENVOLVIMENTO PROJETO E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO</b>	<b>23</b>
4.1 PROJETO E DESENHO TÉCNICO MECÂNICO	23
4.2 REVISÕES	23
4.3 FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO	26
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sales (2008, p. 16) explicita como o tratamento inadequado de efluentes pode levar a sérios problemas de saúde por permitir que agentes patogênicos sejam difundidos por áreas extensas, podendo causar até mesmo endemias e epidemias a populações que se beneficiam direta ou indiretamente das águas então contaminadas.

Otenio (2008) explica que além do risco biológico de águas insuficientemente tratadas há também o risco químico advindo do próprio tratamento da água. No Brasil o processo mais utilizado na desinfecção de efluentes é a adição de cloro que ao entrar em contato com matéria orgânica forma trihalometanos (THM), produtos cancerígenos.

O presente trabalho apresenta a desinfecção por eletrólise como alternativa ao processo de cloração. São usados no projeto eletrodos de alumínio, que atuarão tanto como anodo quanto como catodo.

Segundo Santos *et al.* (2015) o processo eletrolítico normalmente é usado em tratamento primário e por batelada. Isso leva ao consumo de uma grande quantidade de energia, o que pode comprometer a viabilidade do processo. Tendo isso em conta, nesse trabalho é utilizado um processo por filetes e com fluxo contínuo do efluente, objetivando a minimização do consumo energético.

Diferentemente do que acontece em processos convencionais, o objetivo é a desinfecção no pós-tratamento dos efluentes de uma miniestação de tratamento de esgoto sanitário com uma meta de desinfecção mínima de efluentes como as permitidas pelas normas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Essa meta permite reduções no consumo energético e no tempo de detenção do efluente.

### 1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A estratégica de desinfecção mínima por filetes de água, em função das baixas vazões de miniestações de tratamento de esgoto, objetiva explorar as vantagens dos processos com soluções mecânicas, elétricas e eletrônicas, com esperada redução no consumo de energia, e aumento na confiabilidade do sistema como um todo. Além disso, na literatura os processos de desinfecção eletrolítica estão voltados na transformação da água para o consumo direto humano, o que envolve

parâmetros e exigências que não estão presentes no caso de uma miniestação de tratamento de esgoto sanitário.

## **1.2 OBJETIVO GERAL**

O ponto central desse estudo é o desenvolvimento de uma célula reduzida de desinfecção eletrolítica de efluentes em fluxo contínuo. O estudo irá acompanhar diversas etapas do processo da criação do protótipo.

## **1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Podem ser mencionados como objetivos específicos:

- Projeto de uma célula reduzida de desinfecção de efluentes pelo método eletrolítico.
- Confecção de um protótipo da célula reduzida.

## **1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

O projeto da célula de desinfecção foi desenvolvido na empresa Aratú Ambiental em Taubaté. O presente trabalho se limita ao desenvolvimento de um protótipo de planta de desinfecção eletrolítica em escala reduzida.

O estudo tem como foco apenas o processo em fluxo contínuo.

## **1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho está estruturado em capítulos e subcapítulos. No capítulo 1, é exposta a introdução do trabalho, apresentando justificativa do estudo, o escopo do trabalho, os objetivos.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre os processos eletrolíticos e seus usos na desinfecção de águas.

O capítulo 3 explica a metodologia adotada, pelas quais foram abordadas a confecção do desenho e a construção da célula em escala reduzida no projeto apresentando.

O capítulo 4 apresenta os passos e o resultado da confecção do desenho técnico mecânico e da construção da célula.

O capítulo 5 apresenta a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas neste trabalho.



## 2 PROCESSO ELETROLÍTICO

Para realização desse trabalho, foi aplicada pesquisa de múltiplas fontes bem fundamentadas para justificar os objetivos do trabalho e para adquirir conhecimento das necessidades para realiza-lo.

### 2.1 ELETRÓLISE

A eletrólise é uma reação química não-espontânea, que consiste na aplicação de uma diferença de potencial por uma fonte externa. Isso produz um fluxo de corrente em uma célula eletrolítica. A tensão da célula deve exceder o potencial de corrente zero, alcançando uma corrente capaz de anular processos eletroquímicos espontâneos no meio. O valor da tensão da fonte deve ser igual ao módulo da diferença de potencial da pilha formada pelos eletrodos mais um sobrepotencial, característico de cada eletrodo, que é necessário na prática para o início da reação.

Nos processos eletrolíticos, o eletrodo que aceita elétrons, produzindo redução, é chamado de catodo ao passo que o eletrodo que cede elétrons, produzindo a oxidação, é denominado anodo.

### 2.2 PROCESSO ELETROLÍTICO PARA DESINFECÇÃO

Efluentes de esgoto sanitário submetidos a tratamentos orgânicos comuns são ricos em amônia. Quando esses efluentes ricos em amônia são desinfetados por processos eletroquímico, eles acabam por gerar cloro residual por meio das seguintes reações:



Ching *et al.* (2001) explica que o processo eletroquímico gera espécies com maior potencial oxidativo que o cloro. Esses oxidantes, como a hidroxila ( $\text{OH}\cdot$ ) podem atacar as paredes celulares e as membranas das bactérias alvo da desinfecção.

Feng *et al.* (2003) mostra que em um anodo de óxido de titânio e rutênio, por exemplo, a hidroxila é produzida de acordo com a seguinte equação:



Santos *et al.* (2015) explicam também como o hidrogênio e o oxigênio moleculares formados pela eletrólise são adsorvidos pelos flocos de hidróxidos, levando-os até a superfície com outras impurezas, dando origem a um processo o chamado de eletroflotação.

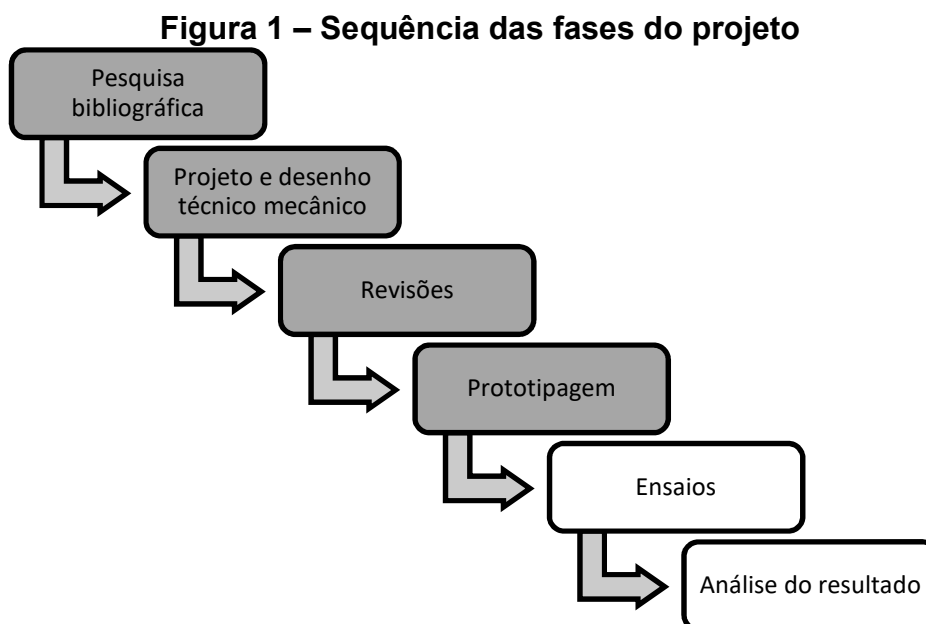
Gusmão; Moraes e Bidoia (2006) demonstram a eficácia do processo de eletrólise na redução das colônias das bactérias *E. coli* e *S. aureus* e sugerem que o processo pode ser um bom tratamento alternativo para desinfecção de microrganismos resistentes à cloração.

### 3 METODOLOGIA DO ESTUDO

#### 3.1 FASES INICIAIS

Gil (1991) define a pesquisa técnica científica como a obtenção de resultados fundamentados na realização de procedimentos com uma apuração lógica com o objetivo de buscar informações necessárias para resolução de certo empecilho. Nesse espírito, explicita-se a seguir a metodologia da pesquisa.

A Figura 1 apresenta a sequência planejada das fases do projeto. As fases representadas nos espaços preenchidos estão inseridas no escopo do presente trabalho, ao passo que as demais fases (ensaios e análise do resultado) deverão ser realizadas em trabalhos futuros.



Fonte: autor (2018)

O trabalho é continuação de um conjunto de obras acadêmicas. Além dos recursos já produzidos pela equipe, foram utilizados livros, monografias e artigos acadêmicos.

O projeto e desenho técnico mecânico foram realizados utilizando o conhecimento prévio do projeto, adquirido pela pesquisa bibliográfica, a experiência do orientador e as orientações da empresa Aratú Ambiental.

O projeto teve um desenvolvimento iterativo, passando por diversas revisões de acordo com o feedback do professor orientador e da empresa. A partir disso foi feito um protótipo do reator eletrolítico de desinfecção.

A construção célula de desinfecção em escala reduzida foi feita em parceria com a empresa Aratú Ambiental. O principal material utilizado foram placas de polipropileno. A partir dela e por processos de soldagem e usinagem foi possível realizar a construção de toda a estrutura básica da célula. Essa então foi povoada por seus elementos complementares, como conectores elétricos, hidráulicos e eletrodos.

### **3.2 ENSAIOS**

A execução dos passos de ensaios e análise dos resultados foge ao escopo desse trabalho, mas considerá-los durante todas as suas fases é essencial para o sucesso do projeto.

O protótipo deverá, no futuro, ser validado a partir de testes com um kit microbiológico para determinação simultânea da redução nas colônias de bactérias E.Coli e dos coliformes totais.

No ensaio será determinado o mínimo tempo de detenção e o menor consumo energético necessários para uma desinfecção mínima do efluente.

O manual do fabricante indica que após incubação por 15 horas a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ , deve ser realizada a contagem das colônias azul escuro a violeta como E. Coli e as colônias róseas a vermelho somadas às azuis à violeta como coliformes totais.

O kit a ser utilizado (Colipaper™ modelo 65) tem faixa de operação de 80 à 25000 UFC/100mL. Em microbiologia, UFC refere-se à unidade de formação de colônias, uma medida que estima o número de bactérias viáveis. Diferentemente das contagens microscópicas convencionais, na contagem UFC as bactérias mortas não são consideradas, o que permite observar com maior facilidade a eficácia do processo de desinfecção.

Por testes iterativos será determinado o menor tempo necessário para a desinfecção mínima prescrita pelas normas vigentes. A vazão será regulada por uma válvula agulha segundo testes empíricos para garantir tempos de detenção de 1, 5, 10 e 15min. Os testes serão realizados com os eletrodos alimentados por uma fonte de bancada ajustada para a tensão de 15V e então repetidos para 30V.

### **3.3 ANÁLISE DO RESULTADO**

Com a célula construída espera-se descobrir o menor tempo necessário para a desinfecção mínima do efluente, além do menor consumo necessário para o mesmo. Com os resultados do projeto, objetiva-se atingir o estado da arte em sistemas de desinfecção mínima por processos eletrolíticos.

## 4 DESENVOLVIMENTO PROJETO E FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

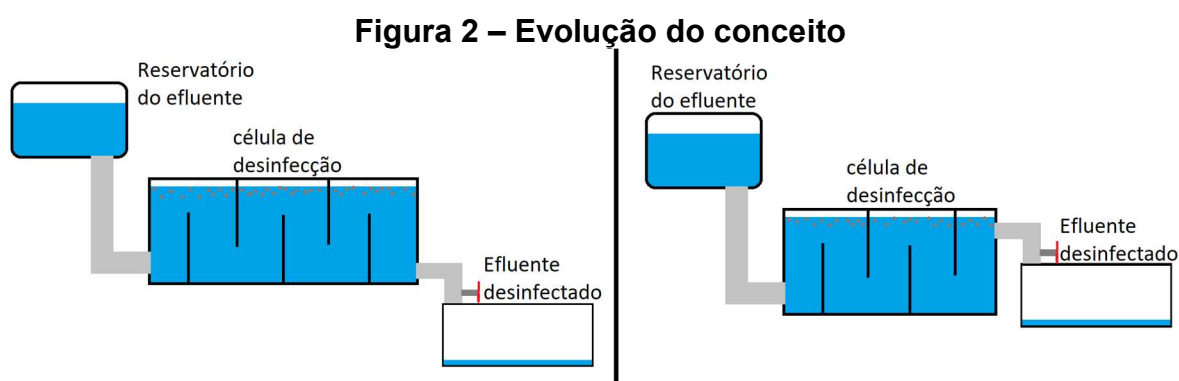
### 4.1 PROJETO E DESENHO TÉCNICO MECÂNICO

O projeto foi realizado com base nas experiências com os trabalhos anteriores.

Os principais objetivos do projeto mecânico foram a ampliação do tempo de exposição do efluente aos eletrodos e a evacuação do material flotado. O desenho foi feito com a ferramenta de software de CAD Autodesk® Inventor Professional 2018™.

### 4.2 REVISÕES

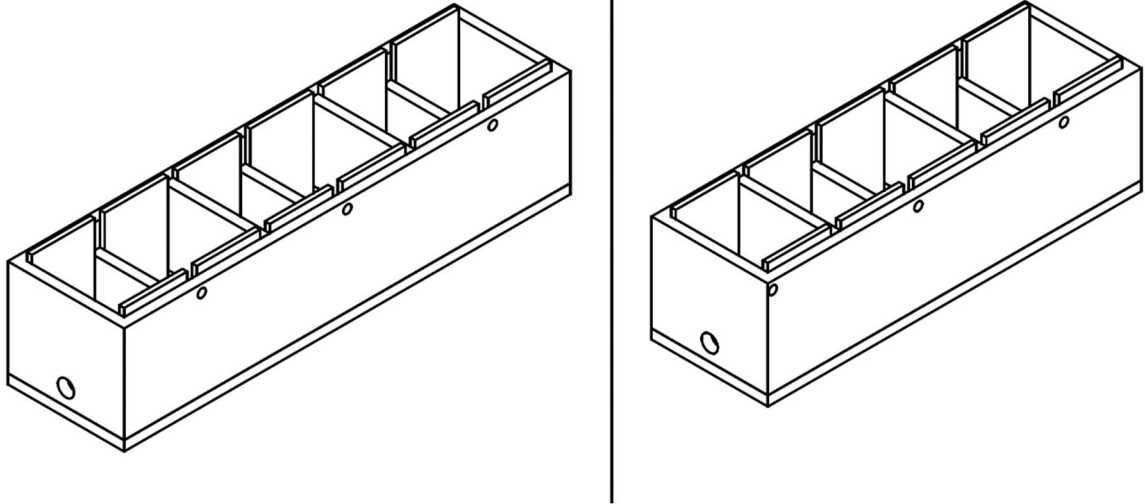
O projeto passou por ciclos iterativos de revisões, de acordo com o feedback das partes interessadas. A Figura 2 demonstra algumas mudanças conceituais no processo.



Fonte: Autor (2018)

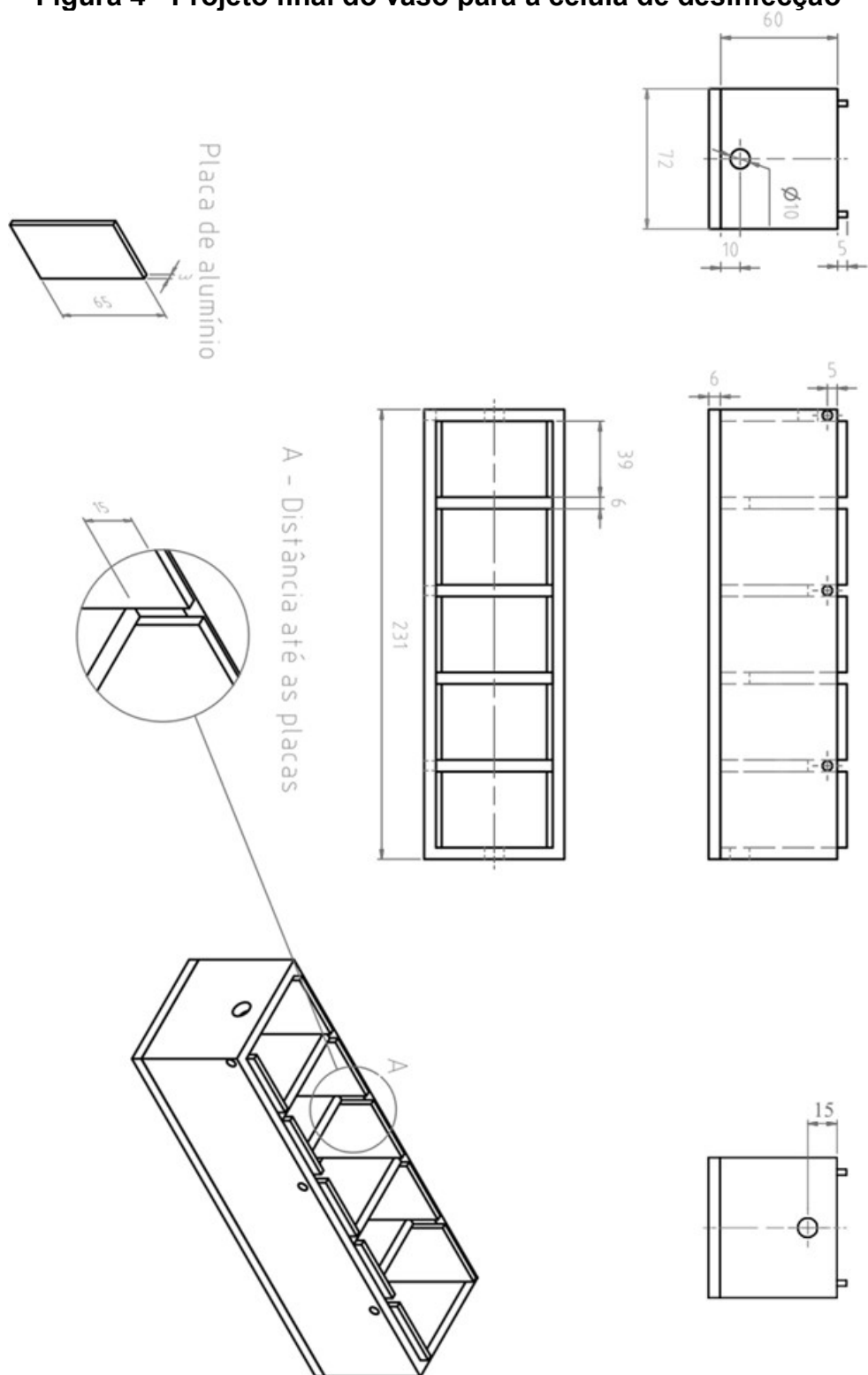
Os desenhos foram então modificados para garantir a comunicação visual entre as partes até que se chegou a um desenho satisfatório para a construção. É possível perceber na Figura 3 como as mudanças conceituais eram refletidas nos desenhos. A figura mostra os desenhos, sem cotas em vista isométrica. O desenho final completo pode ser visto na Figura 4.

**Figura 3 – Evolução do desenho técnico mecânico**



Fonte: Autor (2018)

Figura 4 - Projeto final do vaso para a célula de desinfecção



Fonte: Autor (2018)



### 4.3 FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

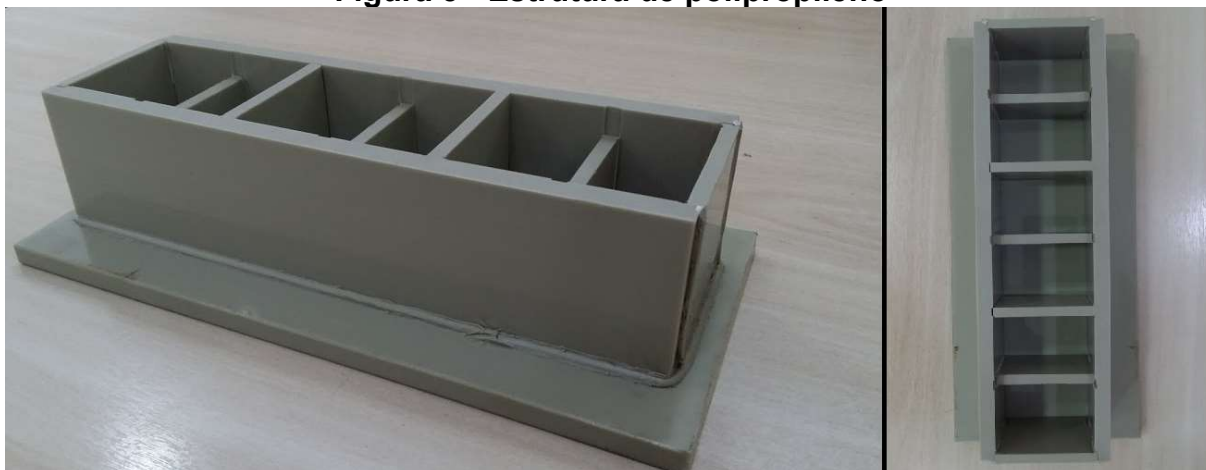
A produção do protótipo do protótipo foi realizada em parceria com a empresa Aratú Ambiental Ltda. Para tanto foram utilizados os seguintes materiais, vistos na Tabela 1.

**Tabela 1 - Lista de materiais**

<b>Quantidade</b>	<b>Material</b>	<b>Especificação</b>
<b>1</b>	Placa de PP	10mm de espessura
<b>1</b>	Placa de PP	6mm de espessura
<b>12</b>	Chapas de alumínio	3mm - 65mm X 38mm
<b>14</b>	terminais tipo olhal	4mm pré-isolados
<b>14</b>	Parafusos	M3
<b>14</b>	Porcas	M3
<b>14</b>	arruelas	lisas M3
<b>2</b>	registros	tipo esfera 1/4"
<b>2</b>	conectores espigão	1/4" fixo macho
<b>1</b>	Adesivo de silicone	para vedação
<b>6</b>	Tiras de 15 cm de cabo	2,5mm <sup>2</sup> preto
<b>6</b>	Tiras de 15 cm de cabo	2,5mm <sup>2</sup> verde

Fonte: Autor (2018)

A estrutura foi feita do polímero polipropileno, principalmente por motivos de facilidade construtiva e por sua disponibilidade na empresa. As placas foram cortadas e soldadas formando a estrutura vista na Figura 5.

**Figura 5 - Estrutura de polipropileno**

Fonte: Autor (2018)

Uma placa de alumínio foi cortada para a confecção de 12 eletrodos. Em adaptação ao desenho criado, o fabricante preferiu confeccionar pequenas abas para a inserção dos terminais de tipo olhal. Isso permitia que as placas de alumínio ficassem menos expostas, como visto na Figura 6.

**Figura 6 - Adição das placas de alumínio**

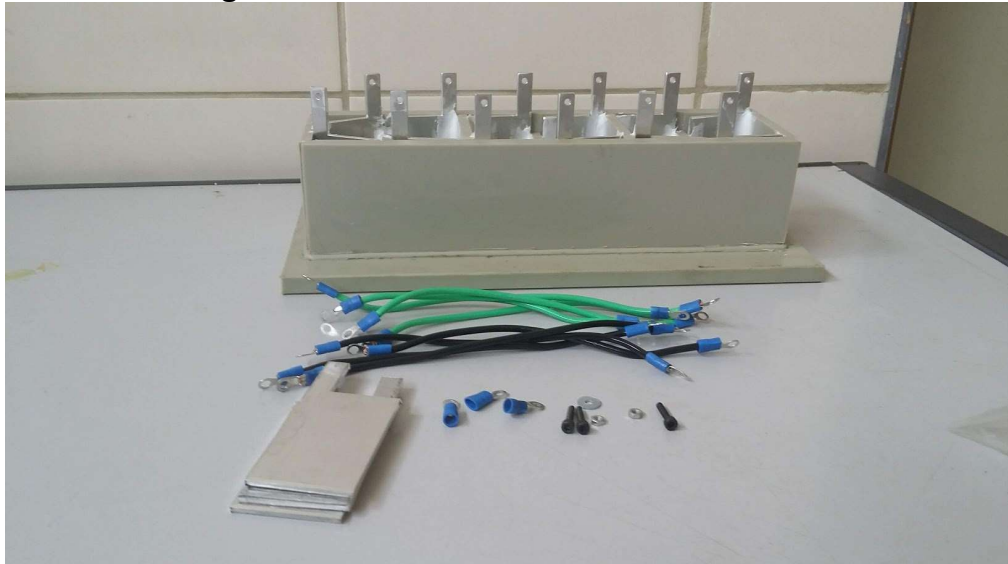
Fonte: Autor (2018)

Os eletrodos têm os contatos elétrico e físico com o cabo garantidos por terminais do tipo olhal pré-isolados. O terminal é fixado por parafusos M3, além porcas e arruelas compatíveis. Os elementos podem ser vistos na Figura 7.

**Figura 7 - Terminais e elementos fixadores**

Fonte: Autor (2018)

As placas foram furadas para a adição dos terminais e adicionou-se silicone para a fixação das placas como visto na Figura 8. Em um produto definitivo, esse espaçamento desnecessário poderá ser substituído por uma mudança na geometria do vaso. Após isso os terminais foram adicionados, como apresentado na Figura 9.

**Figura 8 - Placas com silicone e terminais**

Fonte: Autor (2018)

**Figura 9 - Terminais adicionados**

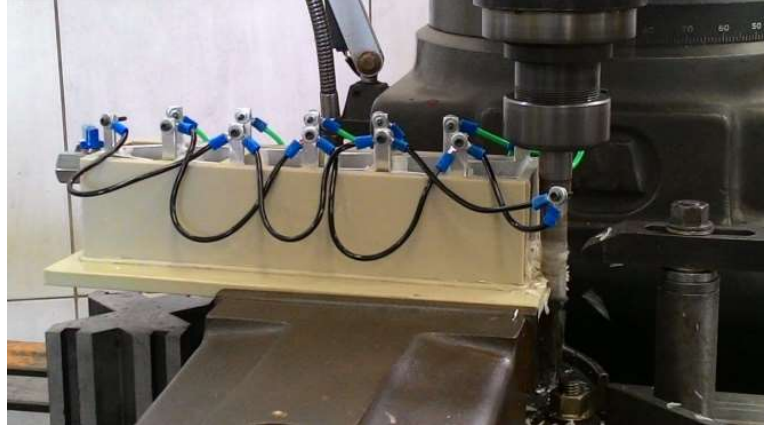
Fonte: Autor (2018)

No projeto foram utilizados registros de esfera roscáveis metálicos, como apresentado na Figura 10. Os registros possuem diâmetro nominal de  $\frac{1}{4}$ ". A flange dos registros é definida como PN16, um padrão métrico especificado pela DIN 2501. As paredes da placa foram furadas para encaixe dos registros. A placa de polipropileno da base teve que ser fresada, como podemos ver na Figura 11 para o encaixe do registro devido à sua extensão que ultrapassava as medidas do projeto.

**Figura 10 - Registro de esfera roscável**

Fonte: Autor (2018)

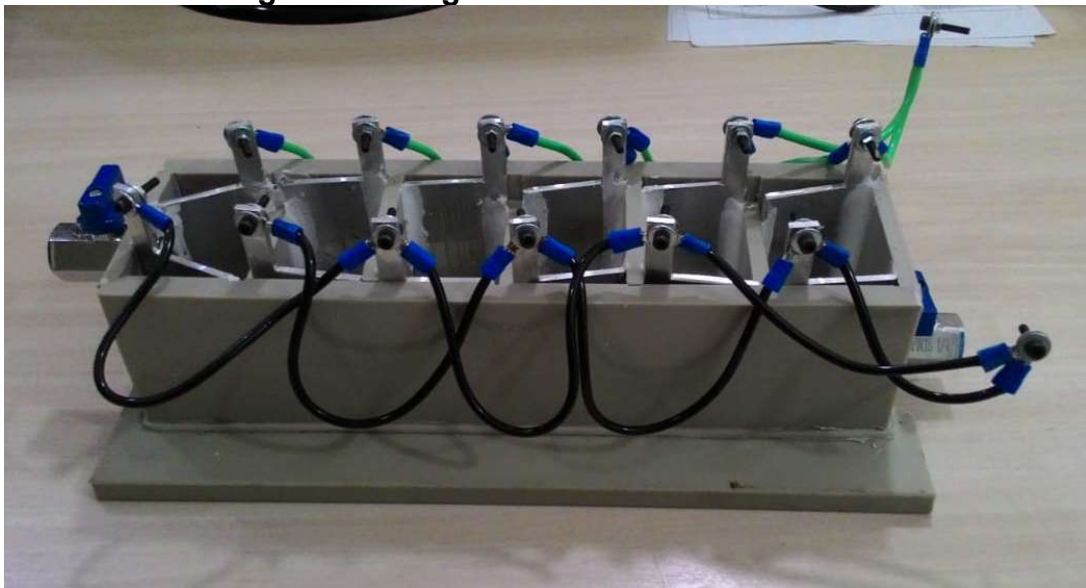
**Figura 11 - Usinagem para a adição do segundo registro**



Fonte: Autor (2018)

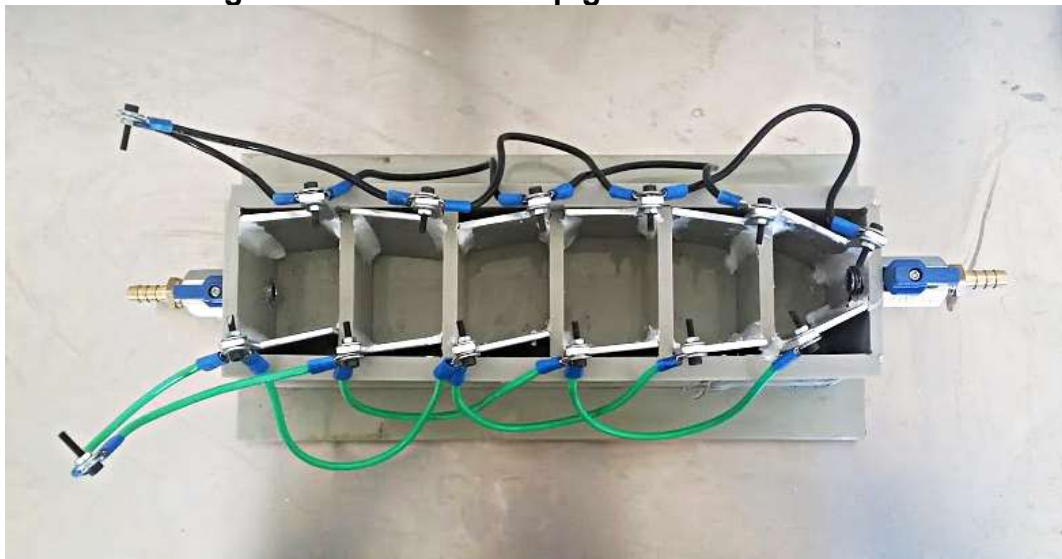
Na Figura 12 ambos os registros de esfera já estão instalados. Pode-se ver que um registro se encontra no superior da lateral e um no inferior da lateral oposta, assim como no projeto inicial.

**Figura 12 - Registros de esfera instalados**



Fonte: Autor (2018)

A conexão tipo espigão fixa de rosca macho de  $\frac{1}{4}$ " foi adicionada para propiciar o encaixe da tubulação. O resultado de todo o processo pode ser visto na Figura 13.

**Figura 13 – Conexão espigão fixo adicionado**

Fonte: Autor (2018)

Pode-se notar que o segundo registro foi adicionado por conveniência para a conexão com a tubulação, já que o fluxo nos experimentos será controlado por uma válvula de tipo agulha encaixada diretamente na tubulação. As válvulas de tipo agulha permitem um controle muito mais preciso do fluxo do que o registro de esfera.

As dimensões finais da célula, desconsiderando as conexões, são de 300mm X 143mm. Desconsiderando também a base, a célula tem 275mm X 85mm. As dimensões são propícias para testes de bancada e para sistemas modulares de desinfecção com redundância.

Apesar de algumas não conformidades com relação ao projeto apresentado no desenho técnico, verificou-se que elas não afetariam significativamente a funcionalidade da célula. Isso pode ser percebido em uma comparação com o desenho visto na Figura 4.

## 5 CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou o projeto e a construção de uma célula reduzida para desinfecção de efluentes por método eletrolítico com fluxo contínuo. A célula deverá, entretanto, ser submetida a testes e revisões.

O uso de ferramentas de desenho assistido por computador foi de grande importância para o desenho técnico, que pode ser visto no apêndice A. Os trabalhos de pesquisa anteriores realizados pelo grupo também foram de suma importância para a realização do projeto.

A célula deverá ainda sofrer diversas iterações. É possível barateá-la para fabricação em larga escala empregando-se injeção plástica, por exemplo. Outras configurações podem também apresentar menor consumo de energia elétrica ou menor tempo necessário para a desinfecção.

O estudo foi bem-sucedido ao resultar em um protótipo eficaz em sua função de prova de conceito. A partir dele foi possível comprovar a viabilidade técnica e econômica da fabricação de um reator modular para desinfecção.

## REFERÊNCIAS

AFONSO C.S. “**Desinfecção Eletrolítica de Efluente Sanitário em Fluxo Contínuo**”, dissertação (mestrado) – Faculdade federal do mato grosso do sul 2008.

BARBOSA, M. L. – “**Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica do Processo de Desinfecção de uma Estação de Tratamento de Esgoto por Eletrólise em Escala Real**”, monografia (trabalho de graduação) – Universidade de Taubaté 2016

CHING, W.K.; COLUSSI. A.J.; SUN. H.J.; NEALSON. K. H.; HOFFMANN. M.R. – Escherichia coli disinfection by electrohydraulic discharges. **Environmental Science Technology**, v.35, p.4139-4144, 2001.

CERQUEIRA, A. A.; MARQUES, MR da C.; RUSSO, Carlos. Avaliação do processo eletrolítico em corrente alternada no tratamento de água de produção. *Quim. Nova*, v. 34, n. 1, p. 59-63, 2011.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, MARIA OLÍMPIA OLIVEIRA. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 387-392, 2004.

CRESWELL, J. W. **Research Design: qualitative & quantitative approaches**. Resumo feito por Elisabeth Adriana Dudziack. London: Sage, 1994.

DI BERNARDO, L. (1993). “Métodos e Técnicas de Tratamento de Água”, Rio de Janeiro, RJ, Editado pela ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), p.443.

DA SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 138 p. 4 ed. rev. Atual – Florianópolis: UFSC, 2005.

DOS SANTOS, D. R. – “**Desinfecção de Uma Miniestação de Tratamento de Esgoto Utilizando Processos Físico-Químicos.**”, monografia (trabalho de graduação) – Universidade de Taubaté 2015.



FENG, C.; SUGIURA, N.; SATORU, S.; MAEKAWA, T. – Development of a high performance electrochemical wastewater treatment system. **Journal of Hazardous Materials**, v.103, p.65-78, 2003.

FANG, Q.; SHANG, C; CHEN, G. “**MS2 Inactivation by Chloride-Assisted Electrochemical Disinfection.**” *Journal of Environmental Engineering*, v.132, n.1, 2006, p.13-22.

GIL, A. C. “**Como elaborar projetos de pesquisa.**” São Paulo: Atlas, 1991.

LEITE, J. C. A.. “**Estudo de um Reator para Eletrofloculação de Águas Residuais da Industria do Petróleo Visando sua Reutilização**”. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

MOLLAH M. Y. A., SCHENNACH R, PARGA J. R., e COCKE D. L. (2001) “**Electrocoagulation (EC) – Science and Applications**” *Journal of Hazardous Materials* 84 (1), p 29-41.

OTENIO, M. H. ; PANCHONI, L. C.; CRUZ, G. C. A.; RAVANHANI, C.; BIDÓIA, E. D. “**Avaliação em Escala Laboratorial da Utilização do Processo Eletrolítico no Tratamento de Águas**”. *International year of chemistry*, vol. 31 pp 508-513, 2008.

PORTARIA DO MINISTÉRIO DA SAÚDE Nº 2914 DE 12/12/2011. Governo Federal do Brasil. Brasília. 2011.

SALLES, C. A. “**Desinfecção Eletrolítica de Efluente Sanitário em Fluxo Contínuo**”, Dissertação de mestrado - Faculdade Federal do Mato Grosso do Sul, 2008.

SANTOS, D. R.: PALÁCIO, S. S.: BEZERRA, L. N.: GODOY JUNIOR, E.: MARCELINO, M. A. “**Desinfecção de Efluente de Miniestação de Tratamento de Esgoto Utilizando um Processo Eletrolítico.**”, XI Latin-american Congress on Electricity Generation and Transmission. ISBN 978-85061065-02-7, p. 25, São José, 2015.

SINOTI, A. L. L.. "Processo Eletrolítico no Tratamento de Esgotos Sanitários: 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).

TOLENTINO-BISNETO, R.; BIDOIA, E. D. "**Effects of the electrolytic treatment on *Bacillus subtilis*.**" Brazilian Journal of Microbiology, v. 34, p. 48-50, 2003.