



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Fábio dos Santos Ambrósio


**Avaliação dos Aspectos Técnicos e Econômicos na Reutilização de
Efluentes da Indústria Farmacêutica**

Rio de Janeiro

2017

Fábio dos Santos Ambrósio

**Avaliação dos Aspectos Técnicos e Econômicos na Reutilização de Efluentes
da Indústria Farmacêutica**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Daniele Maia Bila

Coorientador: Prof. Dr. Ana Silvia Pereira Santos

Rio de Janeiro

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

A496 Ambrósio, Fábio dos Santos.
Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos na reutilização
de efluentes da indústria farmacêutica / Fábio dos Santos
Ambrósio. – 2017.
135f.

Orientador: Daniele Maia Bila.
Coorientador: Ana Sílvia Pereira Santos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental - Teses. 2. Água - Reutilização -
Teses. 3. Indústria farmacêutica - Teses. 4. Água - Purificação -
Filtração - Teses. I. Bila, Daniele Maia. II. Santos, Ana Sílvia
Pereira. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. IV. Título.

CDU 628.54

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial
desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Fábio dos Santos Ambrósio

**Avaliação dos Aspectos Técnicos e Econômicos na Reutilização de Efluentes
da Indústria Farmacêutica**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 30 de agosto de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Daniele Maia Bila (Orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Ana Silvia Pereira Santos (Coorientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Gandhi Giordano
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof. Dr. Mônica Pertel
Faculdade de Engenharia – UFRJ

Prof. Dr. Iene Christie Figueiredo
Faculdade de Engenharia – UFRJ

Rio de Janeiro

2017

DEDICATÓRIA

A DEUS, minha família, e todos que me incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pela compreensão

À minha esposa, pelo companheirismo.

Aos meus colegas de trabalho pelo suporte e paciência.

Aos meus orientadores, pela paciência e sabedoria.

RESUMO

AMBRÓSIO, Fábio dos Santos. *Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos na reutilização de efluentes da indústria farmacêutica*. 2017. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Apesar de o Brasil não possuir uma legislação específica que norteie o reuso de efluentes industriais e suas possibilidades de aplicações, as indústrias vêm buscando alternativas internas com utilizações menos nobres, tais como a irrigação e a lavagem de pisos. Nos últimos anos o reuso de efluentes na indústria vem crescendo devido à competitividade mercadológica e para obtenção de certificações ambientais. Neste cenário, o reuso da água se tornou uma questão de sobrevivência, de tal forma que as indústrias passaram a fomentar a otimização de processos com a consequente redução de custos. O objetivo desta pesquisa foi de avaliar a possibilidade técnica e econômica de reuso do efluente tratado de uma indústria farmacêutica ao adotar o processo de ultrafiltração como tratamento terciário. A pesquisa envolveu três etapas: a primeira avaliou a performance da ETEI através da caracterização dos efluentes lançados na rede da CEDAE; a segunda realizou testes de ultrafiltração em escala laboratorial, com observações quanto à eficiência na remoção de sólidos e à qualidade do efluente obtido pelo processo de separação com membranas; a terceira avaliou os aspectos econômicos referente a aquisição do sistema de ultrafiltração em escala industrial e os custos operacionais envolvidos. Os resultados da primeira etapa mostraram que a ETEI da indústria farmacêutica atende aos padrões de controle estabelecidos pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA. Para segunda etapa os resultados evidenciaram que o processo de separação por membranas de ultrafiltração foi eficaz na remoção de turbidez e sólidos suspensos totais, com eficiências de 99,9% e 97,9%, respectivamente. A planta de ultrafiltração em escala laboratorial reduziu consideravelmente o parâmetro de turbidez, obtendo-se o resultado do permeado com o valor máximo de 0,2 uT. Neste caso o efluente pode ser utilizado para lavagem de pisos, irrigação e uso em vasos sanitários, segundo os parâmetros indicados pela USEPA (2012) e PROSAB (2006). Em relação aos parâmetros dureza total e pH e os indicadores de Langelier e Ryznar, o efluente não está apto para ser reutilizado em caldeiras. Quanto aos aspectos econômicos, a pesquisa estimou o *payback* após 2,2 anos de operação do sistema, considerando a geração de 200 m³mês⁻¹ de água de reuso, com economia bruta anual de R\$ 126.120,00 (Cento e vinte seis mil e cento e vinte reais).

Palavras-chave: Reuso; Ultrafiltração; Membranas; Estimativa de custo; Indústria farmacêutica.

ABSTRACT

AMBRÓSIO, Fábio dos Santos. *Evaluation of the technical and economic aspects in the reuse of effluents from the pharmaceutical industry*. 2017. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Although Brazil does not have specific legislation that govern the reuse of industrial effluents and their possibilities of applications, industries have been searching for alternatives with less noble uses, such as irrigation and floor washing. In recent years the reuse of effluents in industry has been growing due to market competitiveness and to obtain environmental certifications. In this context, the reuse of water has become a matter of survival, in such a way that the industries started to foment the optimization of processes with the consequent reduction of costs. The objective of this study was to evaluate the operational and economic viability of the effluent reuse in the pharmaceutical industry, with the application of ultrafiltration processes. The research involved three steps: the first evaluated the ETEI performance through characterization of the effluents discharged in the sewer of CEDAE; the second step performed the ultrafiltration tests in laboratory-scale, with regarding on the efficiency of solids removal and the quality of the effluent obtained by separation process with membranes. The third step evaluated the economic aspects related to acquiring of ultrafiltration system in industrial scale and the operational cost involved. The results show that the ETEI of the pharmaceutical industry meet the standards established by environment state organ - INEA. In the second step the results showed that the separation process by ultrafiltration membrane was effective in the removal of turbidity and total suspended solids, with efficiencies of 99.9% and 97.9%, respectively. The ultrafiltration plant in lab scale considerably reduce the turbidity parameter, with maximum result of permeated of 0.2 uT. In this case is possible to reuse this effluent for floor washing, irrigation and toilets, regarding to parameters of USEPA (2012) and PROSAB (2006). In relation to total hardness parameter, pH and Langelier's and Ryznar's index, the effluent is not suitable to be used in boilers. In relation to economic aspects, the payback was estimated after 2.2 years of system operation, considering a generation of 200 m³ month⁻¹ of reuse water, with an annual gross savings of R\$ 126.120,00 (One hundred twenty six thousand one hundred twenty reais).

Keywords: Reuse; Ultrafiltration; Membranes; Cost estimation; Pharmaceutical industry.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de exposição média dos usos da água à escassez hídrica em cada país | 17 |
| Figura 2 – Representação dos principais sistemas de tratamento de efluentes industriais | 21 |
| Figura 3 – Remoção de sólidos grosseiros | 22 |
| Figura 4 – Sistema de flotação | 23 |
| Figura 5 – Reator aeróbio de uma central multipropósito de tratamento de efluentes industriais. | 24 |
| Figura 6 - Decantação final dos efluentes oriundos do reator aeróbio de uma indústria farmacêutica. | 24 |
| Figura 7 – Foto de sistema filtração para reuso de efluentes de indústria farmacêutica..... | 25 |
| Figura 8 – Sistema de Osmose Inversa para reuso dos efluentes da indústria farmacêutica..... | 25 |
| Figura 9 - Desenho esquemático das unidades do sistema da indústria em pesquisa | 26 |
| Figura 10 - Processo de separação por membranas submersas..... | 28 |
| Figura 11 - Seletividade das membranas filtrantes | 29 |
| Figura 12 - Medidas de seletividade em processos com membranas..... | 31 |
| Figura 13 – Esquema de filtragem para sistema de ultrafiltração..... | 33 |
| Figura 14 – Modalidade de ultrafiltração com membranas externas | 35 |
| Figura 15 – Composição do efluente da indústria Farmacêutica..... | 55 |
| Figura 16 – Planta piloto de ultrafiltração utilizada na pesquisa..... | 58 |
| Figura 17 – Delineamento experimental e pontos de amostragem da pesquisa..... | 59 |
| Figura 18 - Diagrama de blocos do sistema proposto de reuso com ultrafiltração | 63 |
| Figura 19 - Afluente sanitário e industrial | 66 |
| Figura 20 – Tanque de aeração e decantação..... | 67 |
| Figura 21 – Gráfico Box plot da concentração de DQO | 68 |
| Figura 22 – Gráfico Box plot da concentração da DBO ₅ | 69 |
| Figura 23 – Gráfico Box plot da concentração de O&G | 70 |

| | |
|---|----|
| Figura 24 – Gráfico Box plot da concentração de SST | 70 |
| Figura 25 – Gráfico Box plot da concentração de SS..... | 71 |
| Figura 26 – Gráfico Box plot da concentração de MBAS | 71 |
| Figura 27 – Amostra antes e depois do processo de ultrafiltração..... | 79 |
| Figura 28 – Imagem da caldeira média pressão da indústria farmacêutica | 81 |
| Figura 29 – Processo de tratamento proposto com base nos resultados laboratoriais | 83 |
| Figura 30 – Distribuição quantitativa | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Técnicas de separação de partículas em função do tamanho e do tipo.. | 30 |
| Tabela 2 - Processos de Separação por Membranas Comerciais | 31 |
| Tabela 3 – Parâmetros e seus respectivos valores ideal e máximos admitidos para alimentação de membranas de ultrafiltração..... | 34 |
| Tabela 4 – Faixas típicas de concentração no efluente de um sistema de tratamento secundário MF/UF..... | 35 |
| Tabela 5 – Qualidade da água de reuso na estação de tratamento de Denver | 38 |
| Tabela 6 – Padrões de água purificada de uso farmacêutico | 40 |
| Tabela 7 – Classes de reuso de água e padrões de qualidade..... | 41 |
| Tabela 8 – Diretrizes da USEPA para reuso urbano | 42 |
| Tabela 9 – Parâmetros de qualidade relacionados ao reuso industrial (continua) | 43 |
| Tabela 10 – Padrão de qualidade recomendado para água de geração de vapor.... | 44 |
| Tabela 11 - Especificação de água de alimentação de caldeiras..... | 45 |
| Tabela 12 - Problemas causados nos processos industriais devido a impurezas presentes na água..... | 47 |
| Tabela 13 - Cálculo dos índices de Langelier e Ryznar | 48 |
| Tabela 14 – Matriz de classificação de estimativas de custos de processos industriais (continua) | 49 |
| Tabela 15 – Métodos empregados para a determinação dos parâmetros físico-químicos segundo metodologias descritas em AWWA (APHA, 2012) | 56 |
| Tabela 16 – Métodos empregados no LES para a determinação dos parâmetros físico-químicos segundo metodologias descritas em AWWA..... | 60 |
| Tabela 17 – Consumo atual utilizado na caldeira, lavagem de pisos, irrigação e descarga de sanitários | 63 |
| Tabela 18 – Consumo de água da indústria farmacêutica registrado em conta de água no período entre julho de 2016 até junho de 2017 | 64 |
| Tabela 19 – Efluente descartado na rede da CEDAE no período entre julho de 2016 até junho de 2017..... | 65 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 20 – Detalhamento dos valores mínimos, médios e máximos dos resultados de acompanhamento do desempenho da ETE no período compreendido entre julho de 2014 e outubro de 2016 | 67 |
| Tabela 21 – Percentual dos resultados analíticos fora dos padrões conforme a norma DZ 205.R6 e NT202.R10..... | 72 |
| Tabela 22 – Registro de coletas do efluente da ETEI da indústria Farmacêutica | 73 |
| Tabela 23 – Parâmetros de processo referente a operação da planta de ultrafiltração realizados no Laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ | 74 |
| Tabela 24 - Resultados das análises físico químicas realizadas, referente ao P3 (alimentação), P4 (permeado da ultrafiltração) e P5 (concentrado da ultrafiltração)..... | 76 |
| Tabela 25 – Análise dos dados do P3, valores mínimos, médios e máximos | 78 |
| Tabela 26 – Análise dos dados do P4, valores mínimos, médios e máximos | 78 |
| Tabela 27 – Análise dos dados do P5, valores mínimos, médios e máximos | 78 |
| Tabela 28 – Efluente Tratado após MF/UF | 80 |
| Tabela 29 – Especificação técnica de qualidade da água para alimentação de caldeira de média pressão | 81 |
| Tabela 30 – Resultado do índice de Langelier e Ryznar | 84 |
| Tabela 31 – Estimativa de custo operacional referente ao sistema de reuso | 86 |
| Tabela 32 - Consolidação dos Resultados da DQO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua) | 95 |
| Tabela 33 - Consolidação dos Resultados da DBO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua) | 99 |
| Tabela 34 - Consolidação dos Resultados de MBAS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua) | 103 |
| Tabela 35 - Consolidação dos Resultados de O&G efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua) | 107 |
| Tabela 36 - Consolidação dos Resultados de SST efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)..... | 111 |
| Tabela 37 - Consolidação dos Resultados de SS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)..... | 115 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|---|
| AACE | Associação Internacional Americana de Engenharia de Custos. |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas. |
| ASME | <i>American Society of Mechanical Engineers.</i> |
| BNDS | Banco Nacional de Desenvolvimento Sustentável. |
| CEDAE | Companhia Estadual de Águas e Esgotos. |
| COFINS | Contribuição para Financiamento da Seguridade Social. |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente. |
| DBO | Demanda Bioquímica de Oxigênio. |
| DQO | Demanda Química de Oxigênio. |
| ETEI | Estação de Tratamento de efluentes Industriais. |
| ICMS | Imposto Sobre Circulação sobre Mercadoria e Serviços. |
| IL | Índice de Langelier. |
| INEA | Instituto Estadual do Ambiente. |
| IR | Índice de Estabilidade de Ryznar. |
| ISS | Imposto Sobre Serviço. |
| MBAS | Substâncias ativas ao azul de metileno. |
| MF | Microfiltração. |
| NF | Nanofiltração. |
| NT | Norma Técnica. |
| O&G | Óleos e graxas. |
| OI | Osiose Inversa. |
| ONU | Organização das Nações Unidas. |
| PIS | Piso de integração Social. |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos. |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos. |
| PROSAB | Programa de Pesquisas em Saneamento Básico |
| SS | Sólidos Sedimentáveis. |
| SST | Sólidos Suspensos Totais. |
| STD | Sólidos Totais Dissolvidos. |
| UF | Ultrafiltração. |

USEPA *United States Environmental Protection Agency.*

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO | 15 |
| 1 REFERENCIAL TEÓRICO | 17 |
| 1.1 A Escassez Hídrica e importância da água | 17 |
| 1.2 A utilização de água na indústria e a geração de efluentes | 18 |
| 1.3 Etapas dos processos de tratamento de efluentes na indústria | 20 |
| 1.3.1 Sistema de lodos ativados | 26 |
| 1.4 Processos de Separação por Membranas | 27 |
| 1.4.1 Microfiltração | 32 |
| 1.4.2 Ultrafiltração | 32 |
| 1.4.3 Nanofiltração | 36 |
| 1.4.4 Osmose Inversa | 36 |
| 1.5 Reuso de água nas indústrias | 37 |
| 1.5.1 Reuso de água na indústria farmacêutica | 39 |
| 1.5.2 Reuso de água para irrigação e descarga em vaso sanitário..... | 40 |
| 1.5.3 Reuso de efluentes em torres de resfriamento e caldeira | 42 |
| 1.6 Estimativa de custos | 49 |
| 1.6.1 Payback Simples | 50 |
| 2 METODOLOGIA..... | 53 |
| 2.1 Etapa 01 - Caracterização do Efluente da Indústria farmacêutica..... | 54 |
| 2.2 Etapa 02 – Avaliação do processo de separação por membranas de ultrafiltração..... | 57 |
| 2.3 Etapa 03 - Avaliação da viabilidade econômica da implantação do sistema..... | 64 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 66 |
| 3.1 Etapa 01 - Caracterização do Efluente da Indústria farmacêutica..... | 66 |
| 3.2 Etapa 02 - Avaliação do processo de separação por membranas de ultrafiltração | 73 |
| 3.3 Etapa 03 - Avaliação da viabilidade econômica de implantação | 85 |
| 3.4 Estimativa de custos | 86 |
| 4 CONCLUSÕES | 88 |
| 5 RECOMENDAÇÕES..... | 91 |

| | |
|--|-----|
| REFERÊNCIAS..... | 92 |
| APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE..... | 95 |
| APÊNDICE B – Orçamentos..... | 119 |

INTRODUÇÃO

Existe uma discussão mundial sobre a situação da água referente a sua disponibilidade e qualidade para atender à crescente demanda populacional, econômica e industrial. A preocupação com a disponibilidade mundial da água vem estabelecendo uma nova consciência em relação a utilização desse recurso. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), para que um indivíduo possa viver com o índice recomendado de higiene e bem-estar, são necessários 50 litros de água por dia.

A escassez hídrica vem amplamente sendo discutida, principalmente no setor industrial, face as buscas de alternativas visando otimizar o gerenciamento da água em seus processos. Em relação ao amparo legal relacionado ao reuso de efluentes no Brasil, não existe uma legislação específica com objetivo de nortear as empresas e/ou profissionais quanto as formas de reuso da água. Segundo RODRIGUES (2005) o reuso de água surge atuando em dois aspectos: instrumento para redução do consumo de água (controle de demanda) e recurso hídrico complementar. Algumas consequências da ausência de legislação específica sobre o reuso pode acarretar em riscos de contaminação do meio ambiente durante o uso pretendido, caso a água não tenha sido tratada corretamente.

No Brasil, a Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), atribui à água como um bem social, com características de bem econômico. Um dos instrumentos de extrema relevância para a gestão dos recursos hídricos é a cobrança pelo seu uso, a fim de garantir água na quantidade e qualidade para a atual e futuras gerações. Um aspecto importante dessa política é o fato de que, em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Estas ações também têm reflexos diretos e potenciais na imagem das empresas, demonstrando a crescente conscientização do setor com relação à preservação ambiental e responsabilidade social. Portanto, as tecnologias disponíveis para reuso de efluentes precisam ser avaliadas cuidadosamente e selecionadas de acordo com as peculiaridades de cada projeto. Cada setor produtivo gera um determinado tipo de efluente e, conseqüentemente, diferentes tipos de contaminantes, os quais requerem métodos de tratamento específicos. Os custos envolvidos, a área disponível, a segurança do processo

operacional e a confiabilidade da tecnologia devem fazer parte da avaliação prévia dos projetos de reuso. A utilização de sistemas pilotos também são fundamentais para auxílio na tomada de decisão, pois atualmente existem variados processos de filtração por membranas, sendo estes a microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF) e osmose inversa. Além destes, existem os processos oxidativos avançados (POA), leitos de troca iônica, e outras possibilidades técnicas para serem testadas em escala laboratorial. A lógica da implementação de um sistema de reuso é justamente procurar compreender quais são as reais necessidades, não apenas no que diz respeito à vazão de água, mas principalmente qual a qualidade requerida em cada ponto de consumo. O presente estudo foi direcionado para o segmento farmacêutico, sendo este um dos potenciais consumidores de água potável, com o agravante de possibilidades restritivas de reutilização.

Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade técnica e econômica de reuso do efluente tratado de uma indústria farmacêutica ao adotar o processo de ultrafiltração como tratamento terciário.

Objetivos Específicos

- Avaliar a performance da ETEI da indústria farmacêutica, com base nas normas preconizadas pelo INEA, sendo a NT 202.R10 que trata dos critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos e a DZ 205.R6, diretriz de controle de carga orgânica de efluentes líquidos.
- Avaliar os aspectos econômicos no que se refere a estimativa de custo de implantação da ultrafiltração, assim como a operação do sistema.
- Avaliar a tecnologia de separação por membranas de ultrafiltração, observando principalmente a eficiência da remoção de sólidos.

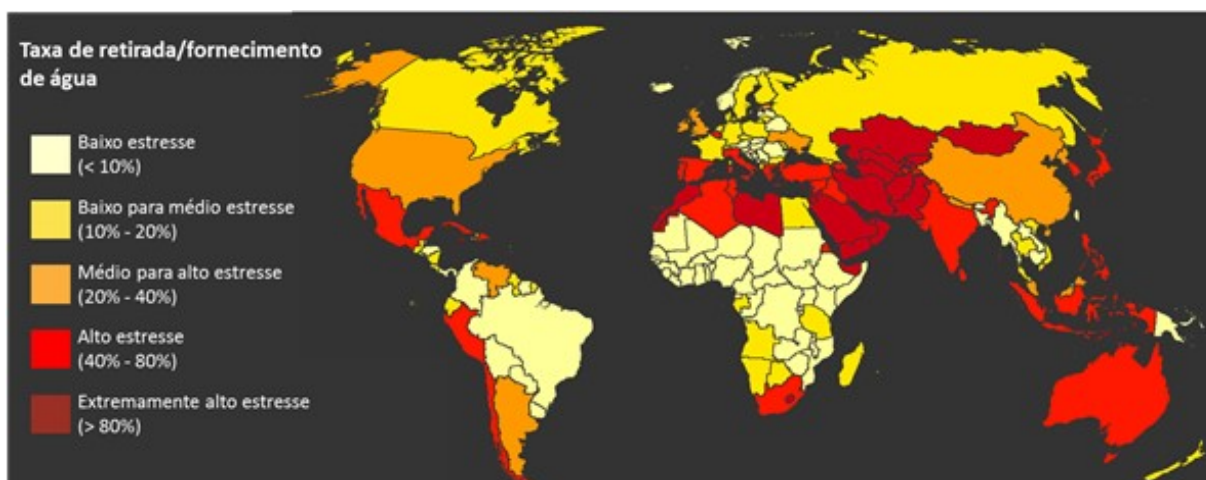
1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 A Escassez Hídrica e importância da água

Entre os anos 2025 e 2050 a Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que o número de países escassos em água aumentará para cerca de 50, pois existem diversos fatores que confirmam a preocupação com a possibilidade de falta de água potável em algumas regiões. A produção de alimentos é responsável por aproximadamente 70% do consumo de água, em sequência os usos mais relevantes são a produção industrial (22%) e o abastecimento humano (8%). Caso as projeções da ONU se confirmem, a população mundial no ano 2030 será em torno de 8,1 bilhões de pessoas, refletindo em um aumento de 55% para a produção de alimento, elevando o volume de água requerido para irrigação a níveis insustentáveis (Revista de química industrial, 2015).

A Figura 1 representa o estudo desenvolvido pelo *Aqueduct Water Risks Atlas - World Resources Institute*, em 2013, e apresenta a exposição média dos usos da água à escassez hídrica em cada país, com uma proporção entre as retiradas totais de água para os diversos usos e a renovação natural em uma determinada área.

Figura 1 - Mapa de exposição média dos usos da água à escassez hídrica em cada país



Fonte: Adaptado de *World Resources Institute*, 2013.

Atualmente, o crescente consumo mundial aliado à degradação torna a água um produto de inestimável valor econômico, um bem finito, vital e competitivo no mercado global. Os recursos hídricos devem ser considerados como um insumo cuja disponibilidade é restrita, o que os torna dotado de valor econômico (Mierzwa & Hespanhol, 2005). É necessário que se implementem técnicas para minimizar os riscos potenciais relacionados com a escassez hídrica, advertindo-se que é imprescindível a ruptura do paradigma de abundância de água que se instituiu no país (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

É importante ressaltar que no Brasil a crise hídrica atualmente abrange a região sudeste, onde se encontram os principais estados brasileiros e o eixo econômico Rio-São Paulo. Entretanto, a região nordeste brasileira sempre viveu a escassez hídrica e, somente nos últimos anos, vem sendo dado destaque à falta de água no país. Os regimes de racionamento de água que algumas cidades brasileiras vêm vivenciando desde o ano 2014 estão de certa forma iniciando esse processo de mudança em relação ao uso racional deste recurso e talvez, nos próximos anos, a população brasileira poderá observar realmente uma mudança de hábitos.

Diante de toda esta escassez, as práticas do uso eficiente e o reuso da água constituem maneiras inteligentes de se promover o uso sustentável de recursos hídricos, a diminuição de esgoto e efluentes lançados nos rios e lagos, além, é claro, de aumentar a disponibilidade para o abastecimento humano (FIESP, 2004).

Neste contexto, o reuso de efluentes pode ser um grande aliado para minimizar os impactos da falta de água. O setor industrial, por ser um dos grandes usuários de água, tem um grande potencial de reuso dos seus efluentes tratados.

1.2 A utilização de água na indústria e a geração de efluentes

O ramo da atividade industrial determina o grau de qualidade da água requerido, sendo que na mesma indústria podem-se utilizar vários tipos de água, cujos níveis de qualidade física, química e microbiológica são definidos em função da aplicação (Mierzwa & Hespanhol, 2005). Constantemente as atividades industriais originam resíduos ou subprodutos do processo, pelo fato de a conversão da matéria-

prima em produto final não ser totalmente eficiente. Caso tenham impurezas na matéria-prima, na água e nos compostos intermediários produzidos podem ocorrer problemas que originam produtos fora das especificações aceitáveis, ou seja, são descartados gerando efluentes (Mierzwa & Hespanhol, 2005). Vale ressaltar que as características dos efluentes são alteradas a partir da tecnologia utilizada, quantidade da água incorporada no processo, qualidade dos insumos, do fluxo de operação (intermitente ou contínuo), da qualificação da mão de obra e do regime operacional da indústria. Dessa forma, entende-se a grande dificuldade em definir as características dos efluentes originados nas diferentes áreas industriais (Mierzwa & Hespanhol, 2005). É necessário então, um diagnóstico de todas as operações unitárias da indústria.

Com base na Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2006), os usos prioritários da água nas indústrias são:

- Matéria-prima: inclusão ao produto final acabado ou como insumo.
- Fluido auxiliar: transporte de substâncias, auxiliar em processos via úmida, como algumas moagens, operações de lavagem e preparo de soluções.
- Geração de eletricidade: por transformação de energia cinética, potencial ou térmica em processos termoelétricos ou hidrelétricos.
- Transporte de calor: como líquido para aquecimento ou resfriamento, incluindo o uso de vapor em caldeiras.
- Consumo humano: bebedouros, sanitários, refeitórios, vestiários, dentre outros.
- Outros usos: irrigação, combate a incêndios, limpeza de pisos etc.

Dentre as diversas tipologias de indústrias, as farmacêuticas apresentam efluentes normalmente compostos de esgoto sanitário (gerado por colaboradores internos) ou provenientes do processo de fabricação de medicamentos e da área de utilidades. Para o tratamento dos efluentes gerados (juntos ou separados) existem sistemas com capacidade de tratar e enquadrar estes efluentes para lançamentos, conforme as normas preconizadas pelos órgãos ambientais na esfera federal, estadual e/ou municipal, vigorando sempre o mais restritivo. No item a seguir serão abordados os processos usuais para tratamento de efluentes industriais.

1.3 Etapas dos processos de tratamento de efluentes na indústria

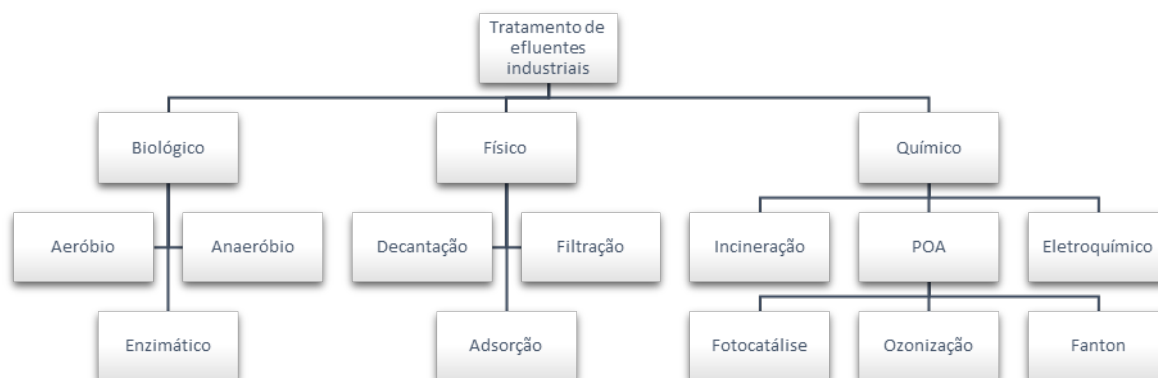
O sistema de tratamento de efluentes de uma indústria farmacêutica pode ser dotado somente do gradeamento seguido por processo biológico por lodos ativados. Vale ressaltar que também existe configurações com operações unitárias anteriores ou posteriores ao biológico. Etapas que podem ser físicas ou físico-químicas, sendo que o principal fator que determina esta necessidade é a qualidade requerida do efluente final tratado. A seguir serão ilustradas as possíveis etapas de tratamento de efluentes industriais e suas respectivas definições.

Os sistemas de tratamento são dotados por operações unitárias, existindo variados tipos de processos para efluentes sanitários e industriais. As etapas podem ser divididas em (Telles & Costa, 2010):

- Tratamento preliminar – É a primeira fase de separação de sólidos, com objetivo de remoção dos sólidos grosseiros, areia, materiais flutuantes e em alguns sistemas óleos e graxas.
- Tratamento primário – É a passagem do efluente por uma unidade de sedimentação podendo ou não ser quimicamente assistida, atuando na remoção de sólidos sedimentáveis.
- Tratamento secundário ou biológico – Consiste na remoção da fração orgânica biodegradável contida nos sólidos dissolvidos ou finamente particulados.
- Tratamento terciário ou avançado – tecnologia de remoção de impurezas, aplicada após os tratamentos anteriores com objetivo de remoção de contaminantes que não foram removidos. Eventualmente trata-se de nutrientes e organismos patogênicos, quando houver.

Quanto aos tratamentos de efluentes industriais, a Figura 2 esquematiza os principais existentes:

Figura 2 – Representação dos principais sistemas de tratamento de efluentes industriais



Fonte: Adaptado de Telles & Costa, 2010.

Apesar de a definição clássica descrita anteriormente, Giordano & Surerus (2015) apresentam a classificação em quatro etapas para os sistemas de tratamento industriais, podendo ou não operar de forma conjugada, detalhados a seguir:

Primeira etapa: Fase do processo de tratamento de efluentes com objetivo de remoção de sólidos grosseiros (areia, pó de pedra e similares) na caixa de areia e de outros no gradeamento. Neste último, o espaçamento pode variar para remover em geral, sólidos com diâmetros superiores a 1 mm (plásticos, fios, peças metálicas e similares), conforme pode-se observar na Figura 3a. Já na Figura 3b observa-se uma peneira que também pode integrar essa primeira etapa, porém com espaçamento entre barras reduzido. Esta fase do processo é de extrema importância, pois a mesma tem a função de proteger as bombas e demais equipamentos. O sistema separador de água e óleo livres também faz parte desta etapa.

Figura 3 – Remoção de sólidos grosseiros



(a)



(b)

Legenda: (a) Gradeamento de efluente industrial do de abate de aves; (b) Peneiramento de efluente industrial do de abate de aves.

Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Segunda etapa: Fase do processo de tratamento de efluentes com objetivo de remoção de sólidos suspensos coloidais e sedimentáveis. A equalização é parte integrante desta etapa, que possui a função de homogeneizar, resfriar e amortizar a vazão. De acordo com as características do efluente e/ou necessidade de aplicação podem ser utilizadas operações unitárias, tais como: sistema de sedimentação, flotação (Figura 4), *stripping*, ajuste de pH, coagulação e floculação, precipitação química e adsorção.

Figura 4 – Sistema de flotação



(a)



(b)

Legenda:(a) Sistema de flotação para tratamento de efluente industrial do abate de aves; (b) Vista superior do Sistema de flotação para tratamento de efluente industrial do abate de aves.

Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Terceira etapa: Fase do processo de tratamento de efluentes com objetivo de remoção da fração orgânica biodegradável dissolvida ou coloidal. Nesta etapa também podem ser removidos os nutrientes nitrogênio e fósforo, apesar de esta ação ser adotada na etapa terciária em se tratando de esgoto sanitário. De acordo com as características do efluente e/ou a necessidade de aplicação podem ser utilizadas operações unitárias, tais como: sistemas anaeróbios, reatores aeróbios de lodos ativados (Figura 5) e decantação final (Figura 6).

Figura 5 – Reator aeróbio de uma central multipropósito de tratamento de efluentes industriais.



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Figura 6 - Decantação final dos efluentes oriundos do reator aeróbio de uma indústria farmacêutica.



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Quarta etapa: Fase do processo de tratamento do efluente que está relacionada diretamente com a melhoria da sua qualidade pela remoção de cor, turbidez, compostos orgânicos refratários e desinfecção. De acordo com as características do efluente e/ou a necessidade de aplicação podem ser utilizadas operações unitárias, tais como: filtração (Figura 7) e membranas filtrantes (Figura 8).

Figura 7 – Foto de sistema filtração para reuso de efluentes de indústria farmacêutica



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Figura 8 – Sistema de Osmose Inversa para reuso dos efluentes da indústria farmacêutica



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

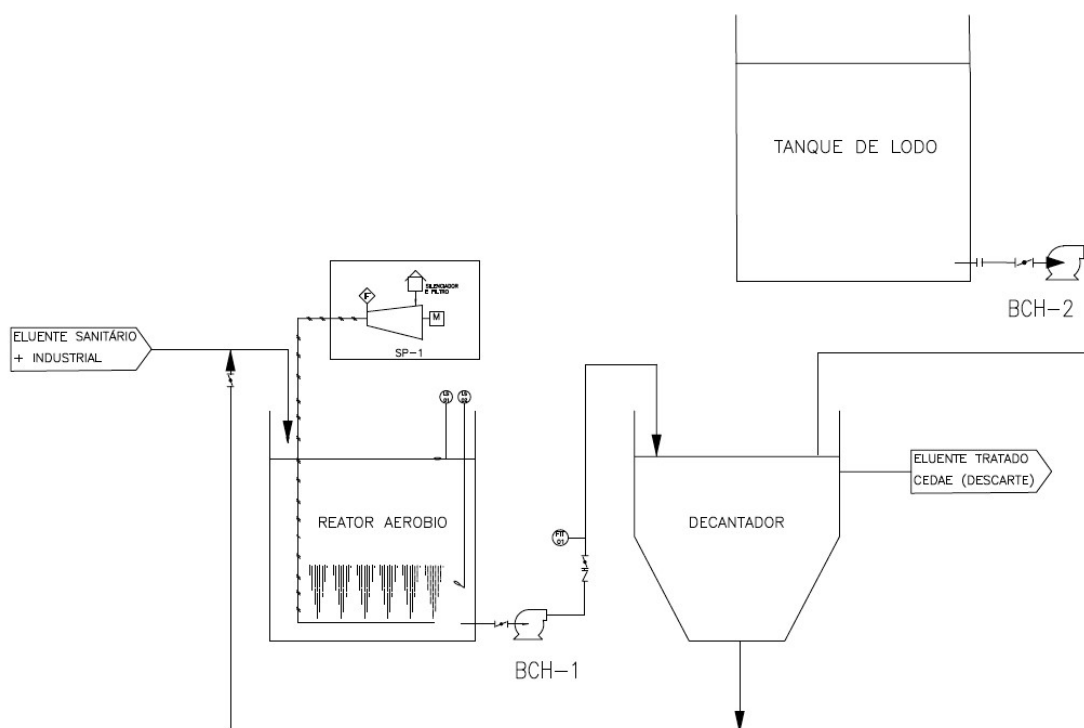
A ETEI em questão contempla somente a primeira e segunda etapas, com gradeamento e desarenador, além do tanque de aeração prolongada e decantação. Dessa forma, é importante destacar que a seguir será dada maior ênfase à tecnologia de lodos ativados.

1.3.1 Sistema de lodos ativados

Lodos Ativados, conforme Jordão & Pessoa (2017), é definido como sendo “o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias zooglías ou outros microrganismos, na presença de oxigênio dissolvido, e acumulado em concentração suficiente graças ao retorno de outros flocos previamente formados”.

Os sistemas de lodos ativados são amplamente utilizados para estações de tratamento de efluentes domésticos e industriais, em situações em que são necessários elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. Essa tecnologia integra as seguintes unidades como podem ser observadas na Figura 9: tanque de aeração (reator), tanque de sedimentação (decantação final) e recirculação do lodo (Sperling, 2002).

Figura 9 - Desenho esquemático das unidades do sistema da indústria em pesquisa



LEGENDA DE SIMBOLOGIA:

| | | | | | |
|------|-----------------------------|------|--------------------------------|--|-------------------------------|
| SP-1 | SOPRADOR | (FT) | TRANSMISSOR INDICADOR DE VAZÃO | | VÁLVULA DE RETENÇÃO FLANGEADA |
| | BOMBA CENTRÍFUGA HORIZONTAL | | VÁLVULA BORBOLETA FLANGEADA | | |

Fonte: Diagrama de fluxo do sistema de tratamento de efluentes da indústria elaborado pelo autor.

A fundamentação do processo biológico está no fornecimento de oxigênio (ar atmosférico ou oxigênio puro) para que os microrganismos degradem a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, resultando em gás carbônico, água e flocos biológicos formados por microrganismos característicos do processo. Atualmente algumas indústrias vêm adotando práticas de reutilização dos seus efluentes, principalmente na área de utilidades da fábrica (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

As vantagens do processo de lodos ativados estão relacionadas diretamente com a maior eficiência do tratamento, flexibilização operacional e menor área ocupada em relação à filtração biológica. E as desvantagens pode-se destacar a necessidade de amplo controle operacional, seja ele em campo e/ou laboratorial e maior custo de operação em relação a modalidade de filtração biológica (JORDÃO & PESSOA, 2017).

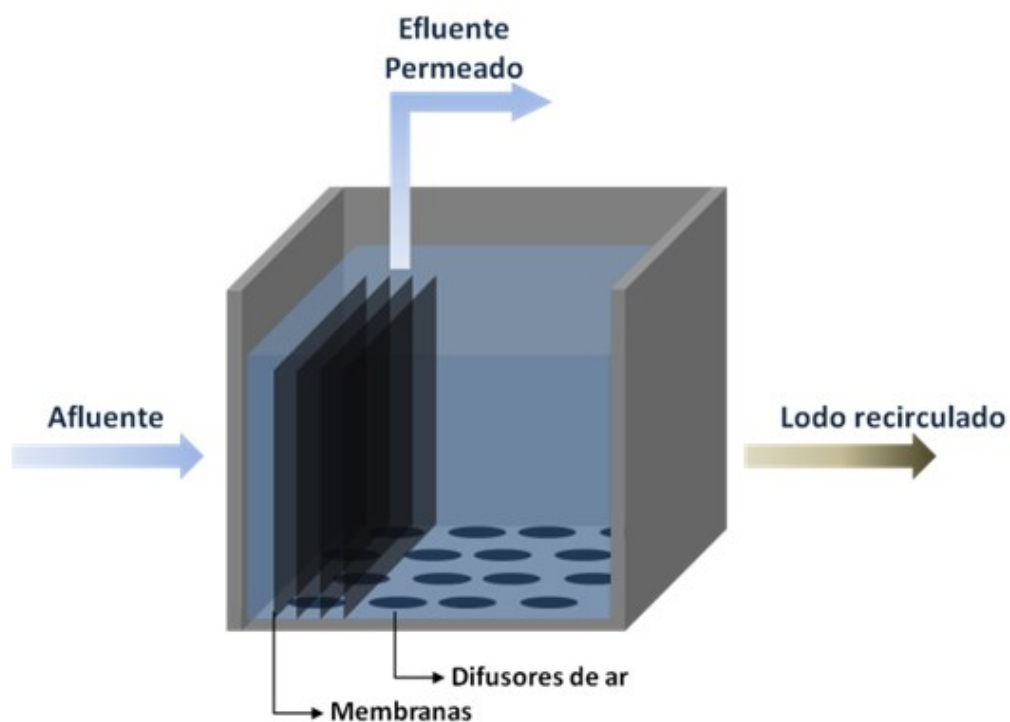
Sabe-se que em geral, os efluentes do processo de lodos ativados não se apresentam com características para reuso. Para tanto, pode ser necessária a aplicação de outra etapa para este fim, como por exemplo, o processo de separação por membranas (PSM).

Tendo em vista que uma das etapas do estudo de caso será exclusivamente baseada em ensaios laboratoriais utilizando membranas de ultrafiltração, vale descrever no próximo item os processos mais usuais de separação por membranas.

1.4 Processos de Separação por Membranas

O processo de separação por membranas é atualmente o processo de maior desenvolvimento na indústria. Pode ser aplicado com membranas submersas (Figura 10) ou como polimento final para retenção de microrganismos, partículas coloidais ou moléculas orgânicas recalcitrantes (Giordano & Surerus, 2015).

Figura 10 - Processo de separação por membranas submersas

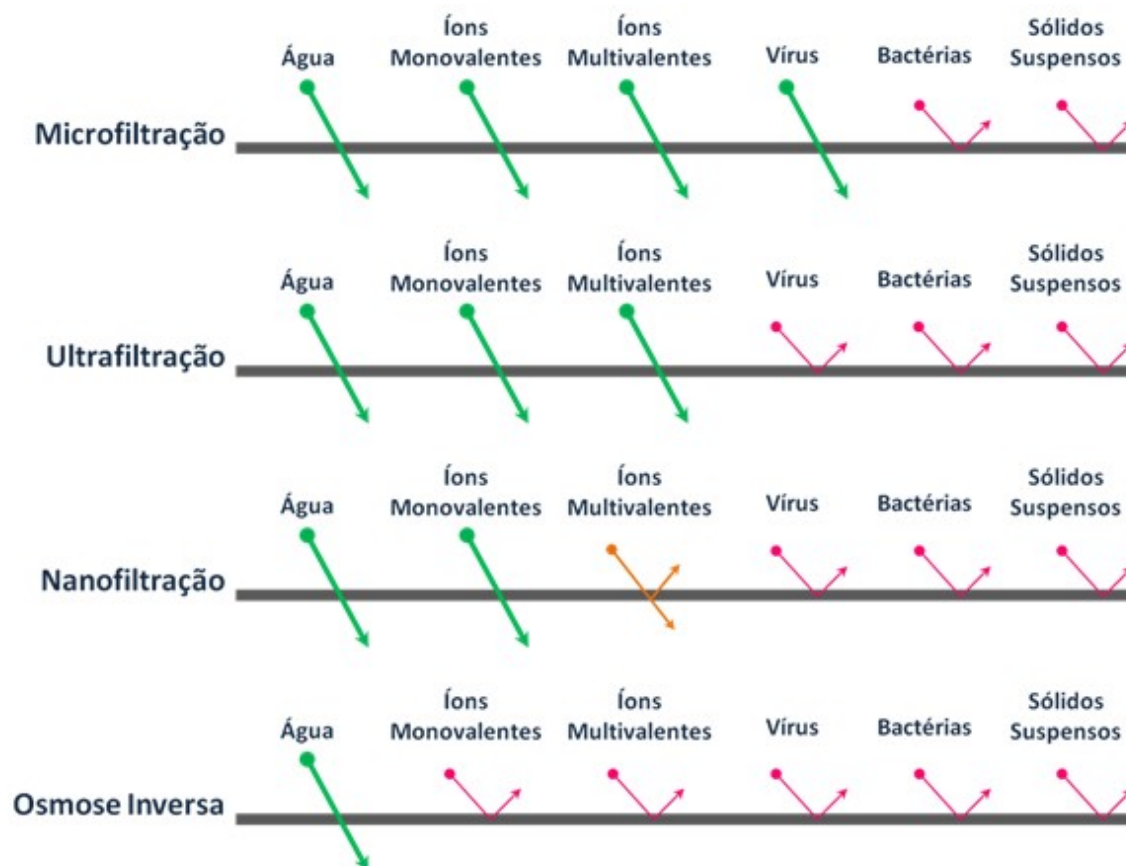


Fonte: Notas de Aula Ana Silvia, 2017.

Membranas são elementos filtrantes, fabricados a partir de materiais poliméricos ou materiais inorgânicos, que possuem poros de tamanhos variados. (HABERT *et al.*, 2006)

O processo de separação por membranas é seletivo, ou seja, a membrana permite a passagem de determinados componentes, impedindo a passagem de outros (Mierzwa & Hespanhol, 2005). Assim, a dimensão de seus poros é o que define a sua classificação conforme apresentado em desenho esquemático na Figura 11.

Figura 11 - Seletividade das membranas filtrantes



Fonte: Jordão e Pessoa, 2017.

As principais vantagens da combinação do sistema de lodos ativados com processos de separação por membranas são (JORDÃO & PESSOA, 2017):

- Qualidade excelente no efluente tratado, DBO_5 e $\text{SST} < 5 \text{ mgL}^{-1}$, coliformes fecais $< 10 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$ e Turbidez $< 1 \text{ uT}$.
- Amplia a possibilidade para reuso, inclusive para usos mais nobres.
- Otimização de processos biológicos por lodos ativados já existentes.

Os primeiros processos de separação por membranas foram comercializados para a produção de água potável a partir da água do mar, no início da década de 60, na configuração por osmose inversa. A nanofiltração, que opera com pressão inferior que a osmose inversa, iniciou a implantação com objetivo de remoção da dureza de águas subterrâneas no estado da Flórida - EUA e remoção de cor em águas provenientes de zonas com turfa na Noruega, na década de 1980 (SCHNEIDER &

TSUTIYA, 2001). Na década de 1990, o processo de separação por membranas apresentou uma significativa evolução no que se refere a maior abrangência na área de atuação, quando surgem as membranas para o saneamento básico, principalmente as de microfiltração e ultrafiltração (SCHNEIDER & TSUTIYA, 2001).

Segundo Mierzwa & Hespanhol, (2005), é de extrema relevância estabelecer a diferença entre processo de filtração convencional dos processos de separação por membranas. Na filtração a separação ocorre fisicamente de um ou mais elementos de uma fase líquida ou gasosa pela diferença de tamanho, na qual a força motriz aplicada é a pressão hidráulica. As técnicas de separação de partículas, sejam elas por filtração convencional ou membranas, são baseadas no tamanho e no tipo, como pode ser observado na Tabela 1.

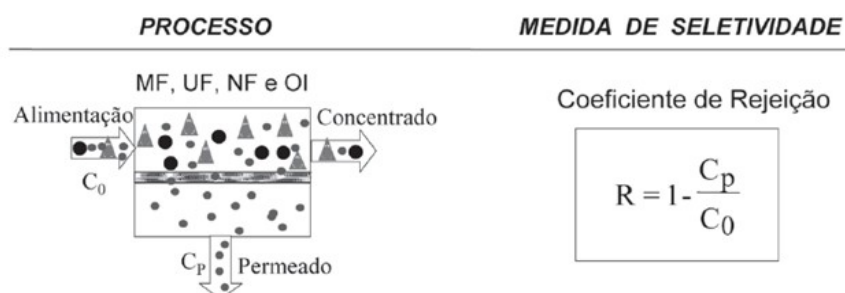
Tabela 1 – Técnicas de separação de partículas em função do tamanho e do tipo

| Tipo de partículas | Tamanho de partículas (microns) | Tecnologia empregada |
|---------------------------|--|---|
| Macropartículas | 100 a 1000 | Filtros de areia/carvão ativo/resinas de troca iônica |
| Micropartículas | 10 a 100 | Filtros de areia/carvão ativo/resinas de troca iônica |
| Macromoléculas | 0,1 a 1,0 | Microfiltração |
| Moléculas | 0,001 a 0,1 | Ultrafiltração/nanofiltração |
| Iônicas | < 0,001 microns | Osmose inversa (Permeação) |

Fonte: MIERZWA & HESPANHOL, 2005.

Para processos cuja força motriz é o gradiente de pressão, a capacidade seletiva da membrana, em relação a uma dada espécie, é medida através do Coeficiente de Rejeição (R), definido por uma relação entre a concentração da espécie na alimentação (C_0) e sua concentração no permeado (C_p) (Habert *et al* 2006), como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Medidas de seletividade em processos com membranas.



Fonte: Adaptado de Habert *et al*, 2006.

É fundamental conhecer na prática as possíveis aplicações do processo de separação por membranas, sendo os principais ilustrados na Tabela 2. Mais adiante serão discutidas as características de cada um desses tipos de membrana.

Tabela 2 - Processos de Separação por Membranas Comerciais

| Processo | Força motriz | Material retido | Material que permeia | Aplicações |
|----------------------------|--------------------------|--|--|---|
| Microfiltração (MF) | ΔP (0,5 – 2atm) | Material em suspensão, bactérias. Massa molar > 500K Da (0,01 μ m) | Água e sólidos dissolvidos. | Esterilização bacteriana; clarificação de vinhos e cervejas; concentração de células; oxigenação de sangue. |
| Ultrafiltração (UF) | ΔP (1 – 7atm) | Colóides, macromoléculas. Massa molar > 5.000Da. | Água (solvente), sais solúveis de baixa massa molar. | Fracionamento/concentração de proteínas, recuperação de pigmentos/óleo. |
| Nanofiltração (NF) | ΔP (5 – 25atm) | Moléculas de massa molar média 500 < MM 2.000 Da. | Água, sais e moléculas de baixa massa molar. | Purificação de enzimas; biorreatores a membrana. |
| Osmose inversa (OI) | ΔP (15 – 80 atm) | Todo material solúvel ou em suspensão. | Água (solvente). | Dessalinização de águas; concentração de suco de frutas; desmineralização de águas. |

Fonte: Adaptado de Habert *et al*, 2006.

1.4.1 Microfiltração

Sabe-se que a microfiltração é o mais antigo entre os processos de separação por membranas que utiliza pressão hidráulica.

Segundo Habert *et al* (2006), o processo de separação por membranas de microfiltração é o mais próximo da filtração clássica. Neste são utilizadas membranas porosas com poros na faixa entre 0,1 e 10 μm (100 e 10.000 nm), com objetivo de retenção de materiais em suspensão e emulsão. E para estes casos, normalmente a pressão máxima operacional é de até 3 bar. Porém, de acordo com Mierzwa & Hespanhol (2005), as membranas de MF apresentam diâmetro variando de 0,1 a 3,0 μm e pressão variando entre 0,3 a 1,7 bar.

A aplicação destas membranas para o tratamento de águas e efluentes tem como objetivo a remoção de sólidos em suspensão, conforme já mencionado anteriormente. As maiores aplicações para as MF no mundo são para esterilização de líquidos e gases, aplicações na medicina, aplicações na biotecnologia e na purificação de fluidos (Habert *et al*, 2006). Esse tipo de membrana apresenta a vantagem de trabalhar numa ampla faixa de pH entre 2 e 11, tolerando concentrações de cloretos de até 5000mgL^{-1} (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

1.4.2 Ultrafiltração

A separação por membranas de ultrafiltração (UF) é o processo utilizado quando se deseja purificar e fracionar soluções contendo macromoléculas e com fluxos permeados, em geral, na faixa de 150 a 250 $\text{Lh}^{-1}\text{m}^{-2}$, porém, variam de acordo com o sistema (Habert *et al*, 2006). Essas membranas são usuais para separar colóides e macromoléculas de massa molar até 1.000 gmol^{-1}

Segundo Habert *et al* (2006), as membranas de UF apresentam poros na faixa entre 1 e 100 nm e normalmente demandam pressão operacional variando entre 2 a 10 bar. Entretanto, esses intervalos, tanto para tamanho dos poros como para pressão operacional variam entre autores e pesquisadores. Assim, de acordo com

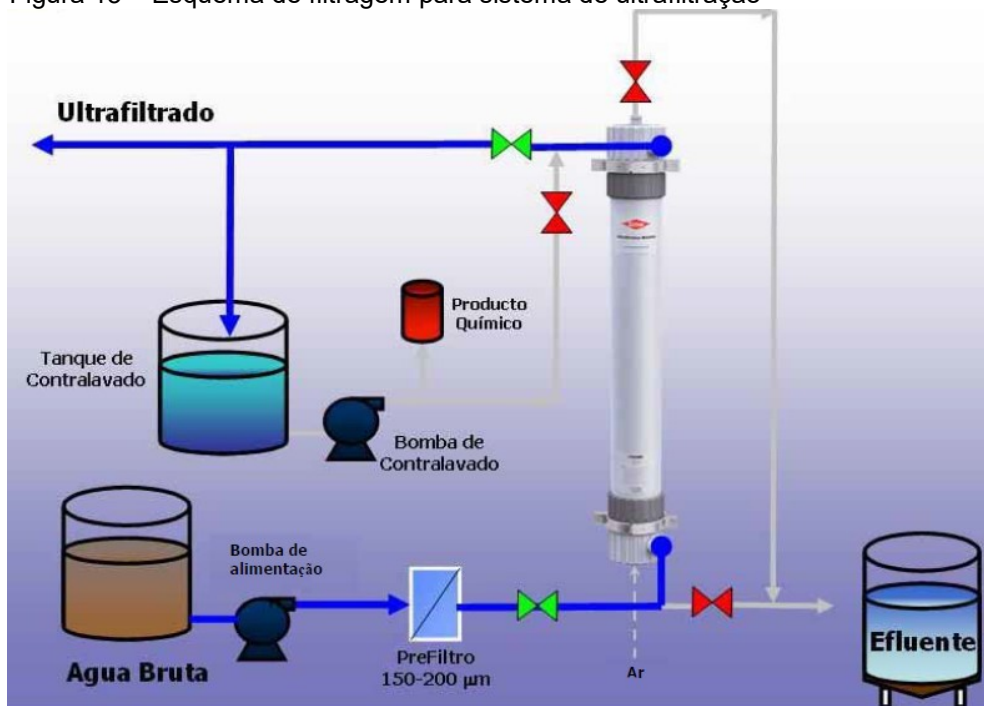
Mierzwa & Hespanhol (2005), a pressão operacional demandada pela ultrafiltração varia em um intervalo menor, de 0,7 a 6,9 bar.

No processo de separação por membranas a fração não permeável é rejeitada pelo tamanho e forma dos contaminantes, que deve ser adaptável ao tamanho da porosidade das membranas.

A aplicação destas membranas é bastante ampla incluindo o tratamento de efluentes e remoção de óleos emulsionados.

Referente aos sistemas operacionais, tem se como exemplo a configuração de montagem e operação na Figura 13, na qual a água que será tratada é bombeada através da membrana (no sentido de fora para dentro das fibras ocas). A água é recolhida no interior das fibras e escoam do módulo através do coletor de permeado. Durante a etapa de filtração a porta de concentrado permanece fechada. Neste caso 100% da água de alimentação é convertida em filtrado. À medida que o ciclo de filtração decorre, as fibras vão se sujando pela acumulação de contaminantes presentes na alimentação. Torna-se necessário realizar uma retrolavagem automática, para manter uma vazão de produção estável (Dow Membranas, 2009).

Figura 13 – Esquema de filtragem para sistema de ultrafiltração



Fonte: DOW MEMBRANAS, 2009.

A Tabela 3 ilustra os valores máximos permitidos para alimentação da membrana de ultrafiltração, sendo estes valores referenciais com a finalidade de aumentar a vida útil das membranas e/ou evitar a perda total da mesma (DOW WATER PROCESS SOLUTIONS, 2009).

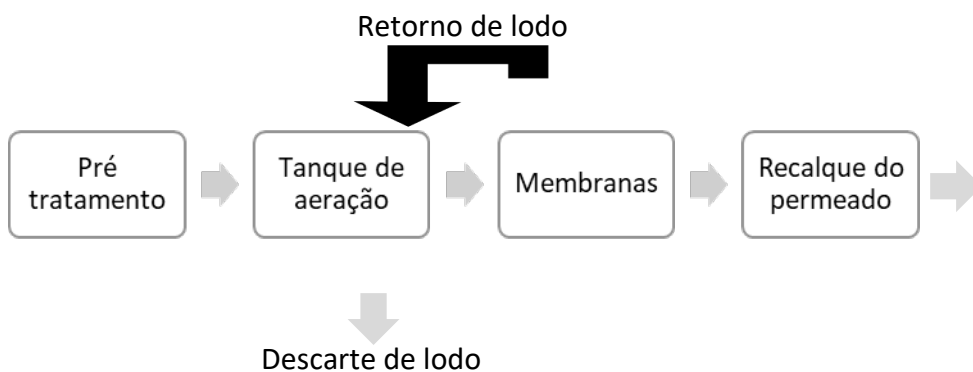
Tabela 3 – Parâmetros e seus respectivos valores, ideal e máximos, admitidos para alimentação de membranas de ultrafiltração

| Parâmetro | Unidade | Valor ideal | Valor máximo |
|---|-------------------|--------------------|---------------------|
| Turbidez | uT | < 50 | 300 |
| Matéria em suspensão | mgL ⁻¹ | < 50 | 100 |
| Carbono orgânico total (COT) | mgL ⁻¹ | < 10 | 40 |
| Tamanho da partícula | µm | < 150 | 300 |
| Demanda química de oxigênio (Mn) | mgL ⁻¹ | < 20 | 60 |
| Óleos/gorduras | mgL ⁻¹ | 0 | 2 |
| pH de maneira contínua | - | 6 – 9 | 2 – 11 |
| Temperatura | °C | 15 – 30 | 40 |
| Pressão de alimentação | barg | 2,5 – 3,0 | 6 |
| Pressão transmembrana (TMP) | barg | 0,2 – 0,8 | 2,1 |
| Cl₂ de maneira contínua | ppm | < 0,5 | 200 |

Fonte: DOW WATER PROCESS SOLUTIONS, 2009.

Nos sistemas de separação por membranas externas de ultrafiltração o efluente final tratado é ultrafiltrado, seu permeado é destinado para reuso e o lodo retido é retornado para o sistema. A Figura 14 ilustra um esquemático do processo de lodos ativados combinado com membranas de ultrafiltração (Jordão & Pessoa, 2017).

Figura 14 – Modalidade de ultrafiltração com membranas externas



Fonte: Jordão & Pessoa, 2017

Vale destacar alguns dados típicos de qualidade de um sistema de membranas de microfiltração/ultrafiltração após tratamento secundário. A Tabela 4 demonstra as faixas de concentração após tratamento por MF/UF (JORDÃO & PESSOA, 2017).

Tabela 4 – Faixas típicas de concentração no efluente de um sistema de tratamento secundário MF/UF

| Parâmetro | Faixa de Valores |
|-----------------|----------------------------------|
| DBO | < 2 – 5 mgL ⁻¹ |
| COT | 5 – 25 mgL ⁻¹ como C |
| NTK | 5 – 30 mgL ⁻¹ como N |
| P Total | 0,1 – 8 mgL ⁻¹ como P |
| SST | Não detectável |
| Turbidez | < 0,1 uT |
| CF | < 2 – 10 CF/100mL |
| Vírus | < 1 – 300 PFU/100mL |

Fonte: Jordão & Pessoa, 2017

Na pesquisa foi escolhido o processo de separação por UF, por se tratar da necessidade de eliminar a matéria em suspensão e microrganismos. Tanto a MF e UF não têm a capacidade de eliminar os íons bivalentes e monovalentes, como apresentado anteriormente na Figura 11(p. 29). Para estes casos, indica-se a adoção de NF ou osmose inversa.

1.4.3 Nanofiltração

Segundo Habert *et al* (2006) a nanofiltração (NF) é um processo de separação por membranas capaz de separar as moléculas de massa molar média entre 500 e 2.000 g.mol⁻¹. Assim, de acordo com Mierzwa & Hespanhol (2005), a membrana de nanofiltração separa moléculas de peso molecular com até 2000 g.mol⁻¹ e íons bivalentes como cálcio e magnésio. O sistema com membranas de nanofiltração pode ser operado com pressões mais baixas em relação ao de osmose inversa. Portanto, ao se avaliar a qualidade de água requerida, onde o objetivo principal é eliminar os íons bivalentes, poderá optar-se pela nanofiltração em vez da osmose inversa, obtendo ganhos consideráveis com custo de energia e menor rejeição de sais.

O diâmetro dos poros da NF está na faixa de 0,001 µm, com pressão de trabalho variando entre 5 a 35 bar. O mecanismo de ação envolve a separação, solubilidade e difusão. A pressão osmótica tem influência direta no fluxo do efluente através da membrana. As membranas são constituídas a base de poliamida e resistem as variações de pH na faixa de 3 a 10 (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Para a separação simultânea dos cátions e ânions é recomendável a utilização de membranas de osmose inversa. Leito misto com resina de troca iônica também pode ser utilizado, porém o estudo enfatiza o processo de separação por membranas. A seguir será detalhada as características técnicas e operacionais das membranas de osmose inversa.

1.4.4 Osmose Inversa

A Osmose Inversa (OI) é um processo de separação por membranas utilizada quando se deseja reter solutos de baixa massa molar, tais como sais inorgânicos ou pequenas moléculas orgânicas como glicose. Por este motivo, as membranas de OI devem ser mais fechadas (poros menores), apresentando maior resistência à permeação e, conseqüentemente, pressões de operação mais elevadas do que as

utilizadas em UF. O nome Osmose Inversa se deve ao fato de que neste tipo de processo o fluxo permeado é no sentido inverso do fluxo osmótico normal (Habert *et al* 2006). As substâncias que usualmente são removidas no processo de OI são os sais de metais com número de oxidação +1 (sódio e potássio) e sais de ânions com número de oxidação -1 (cloretos) (Giordano & Surerus, 2015).

De acordo com Mierzwa & Hespanhol (2005), o processo de OI ocorre quando duas soluções salinas de concentrações diferentes se encontram separadas por uma membrana semipermeável. Neste caso, a água (solvente) da solução menos concentrada tenderá a passar para o lado da solução de maior salinidade. Assim, a solução mais concentrada, ao receber mais solvente, se dilui, num processo impulsionado por uma grandeza chamada pressão osmótica, até que as duas soluções atinjam concentrações iguais. O processo ocorre quando se aplica uma pressão no lado da solução mais salina ou concentrada, revertendo-se à tendência natural. Neste caso, a água da solução salina passa para o lado da água pura, ficando retidos os íons dos sais nela dissolvidos. A pressão a ser aplicada é de 3,4 a 80 bar e equivale a uma pressão maior do que a pressão osmótica característica da solução.

Os itens anteriores descrevem sucintamente as possíveis tecnologias de filtração através de membranas que podem ser utilizadas objetivando o reuso de efluentes. É relevante ilustrar como está o cenário atual no que se refere ao tema reuso nas indústrias do Brasil.

1.5 Reuso de água nas indústrias

A indústria vem aprimorando os processos e desenvolvendo sistemas de gestão ambiental para atender às especificações, além de implementar procedimentos direcionados para a gestão da demanda de água e a minimização da geração de efluentes (Mierzwa & Hespanhol, 2005). A cobrança pelo uso da água, que foi criticada por alguns setores, é um instrumento que traz benefícios em termos de conservação de recursos hídricos e certamente acarretará na redução da descarga de efluentes em corpos hídricos (Hespanhol, 2008).

Alguns casos importantes de reuso industrial a saber: a empresa General Electric Dako Appliances, em sua unidade de Campinas (São Paulo - SP) investiu em um sistema de reuso de água em atividades onde não exigem água potável (sanitários, irrigação, processo industrial). Com esses investimentos a empresa garantiu uma economia de $3500 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$, quase R\$ 680.000,00 por ano (SOUZA & FILHO, 2012).

A empresa Ambev, unidade de Jaguariúna, consumia aproximadamente 7,2 litros de água por cada litro de cerveja produzido. Após implantação de um programa de uso racional e reuso de água (limpeza de pisos, irrigação, limpeza de equipamentos) a empresa investiu R\$ 98.000,00 e reduziu de 7,2 litros para 5,89 litros de água por cada litro de cerveja, o que representou uma economia de $650.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, cerca de R\$250.000,00 por ano (Telles & Costa, 2010).

A empresa 3M do Brasil Ltda., indústria que fabrica adesivos e componentes plásticos, localizada em Sumaré-SP, instalou uma unidade de reuso de efluentes industriais, atingindo em 2002, mais de 97.600 m^3 de redução ao ano, aproximadamente $11 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$. A redução da captação de água foi de 42%, sendo necessário um pequeno investimento de R\$ 20.000,00 em uma ETEI desativada e custo operacional mensal de R\$5.000,00 (Telles & Costa, 2010).

A indústria Xcel Energy Cherokee Station, situada na cidade de Denver no Colorado, produz energia elétrica a partir da queima de carvão de baixo teor de enxofre. Dentre as fontes de água utilizada para a produção de vapor e torres de resfriamento está a estação de tratamento de água de reuso, localizada ao redor da indústria. O processo de tratamento consiste nas etapas de filtração biológica aerada, coagulação, floculação, sedimentação, filtração granular e cloração. A unidade tem capacidade de produzir $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. A qualidade típica de água fornecida pela estação é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Qualidade da água de reuso na estação de tratamento de Denver (continua)

| Parâmetro | Unidade | Média | Máxima |
|--|--------------------|--------------|---------------|
| Alcalinidade (CaCO₃) | mg L ⁻¹ | 78 | 104 |
| Amônia | mg L ⁻¹ | <0,2 | 0,9 |
| Boro | mg L ⁻¹ | 291 | 380 |
| Cálcio | mg L ⁻¹ | 49 | 60 |
| Cloreto | mg L ⁻¹ | 86 | 102 |

Tabela 5 – Qualidade da água de reuso na estação de tratamento de Denver (conclusão)

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-------|-------|
| Cloro total | mg L ⁻¹ | 1,89 | 4,2 |
| Ferro | mg L ⁻¹ | 0,34 | 0,59 |
| Magnésio | mg L ⁻¹ | 10,8 | 13,4 |
| Manganês | mg L ⁻¹ | 23 | 45 |
| Nitrato | mg L ⁻¹ | 15,2 | 17,7 |
| Nitrito | mg L ⁻¹ | <0,01 | 0,01 |
| pH | mg L ⁻¹ | 7,1 | 7,4 |
| Fósforo Total | mg L ⁻¹ | 0,172 | 0,308 |
| Potássio | mg L ⁻¹ | 12 | 14 |
| Sódio | mg L ⁻¹ | 117 | 140 |
| Condutância específica | Mmhoscm ⁻¹ | 891 | 1000 |
| Sulfato | mg L ⁻¹ | 139 | 160 |

Fonte: Metcalf & Eddy (2007)

Importante destacar o projeto Aquapolo, que consiste em uma unidade de reuso situada na cidade de São Paulo, nas instalações da ETE ABC, de onde recebe o esgoto tratado para o tratamento complementar. Dos 2.000 Ls⁻¹ de esgoto tratado na ETE, 650 Ls⁻¹ são encaminhados para o Aquapolo, com capacidade de produzir até 1.000 Ls⁻¹. A Estação de Tratamento de Água de Reuso utiliza o processo de separação por membranas como tratamento terciário, no qual inclui membrana de ultrafiltração e osmose reversa.

Os casos de sucesso com a prática de reuso demonstra claramente que a reutilização não é somente favorável para conservação ambiental, pois existe um retorno financeiro. No capítulo a seguir, será detalhado algumas possibilidades de aplicações de reuso em indústrias farmacêuticas.

1.5.1 Reuso de água na indústria farmacêutica

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) pode-se considerar água para uso farmacêutico os diversos tipos de água empregados na síntese de fármacos, na formulação e produção de medicamentos, em laboratórios de ensaios, na limpeza de utensílios, equipamentos e demais aplicações relacionadas à área da saúde. Considerando os processos de produção da indústria farmacêutica, utiliza-se água purificada como ingredientes na preparação de aditivos, limpeza de equipamentos críticos e na composição de produtos (Fontana Jr, 2001

apud Lopes, 2009). Esta água deverá obedecer aos parâmetros e suas respectivas qualidades, conforme apresentado na Tabela 6 (U.S Pharmacopeia, 2007):

Tabela 6 – Padrões de água purificada de uso farmacêutico

| Parâmetro | Critério de qualidade |
|--------------------------------|--|
| pH | 5 – 7 |
| Condutividade | 0,6 – 4,7 μScm^{-1} a 20 °C |
| Contagem bacteriológica | < 100 ufc 100 mL ⁻¹ |
| COT | < 500 ppb |

Fonte: (U.S Pharmacopeia., 2007).

Desconsiderando o elevado custo operacional e investimento inicial, existem possibilidades tecnológicas (UF, OR e Leito misto) para condicionar o efluente tratado de ETEI de indústrias farmacêuticas conforme preconiza a Tabela 04 (p. 35) supracitada, porém não há legislação específica regulando tal aplicação, impedindo a autorização do seu uso pelos órgãos da vigilância sanitária (Lopes, 2009). Nas indústrias farmacêuticas existe a possibilidade técnica de reutilizar o efluente tratado da ETEI em torres de resfriamento, na geração de vapor (caldeiras), irrigação, lavagem de pisos e vasos sanitários (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Para reutilizar os efluentes tratados na torre de resfriamento e caldeira há condicionantes técnicas para os parâmetros físico químicos e microbiológicos. Nos próximos dois capítulos são esclarecidas as possibilidades de reuso e suas respectivas condicionantes.

1.5.2 Reuso de água para irrigação e descarga em vaso sanitário

A regulamentação pioneira que abordou o tema reuso de água no Brasil foi a norma técnica NBR 13696 (ABNT, 1997). Nesta norma o tema é tratado com a opção da destinação de esgotos essencialmente doméstico ou com características similares. Na Tabela 7 estão definidas as classes de reuso e seus respectivos padrões de qualidade.

Tabela 7 – Classes de reuso de água e padrões de qualidade

| Água de reuso | Aplicações | Padrões de qualidade |
|-----------------|---|--|
| Classe 1 | Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário | Turbidez < 5 uT Coliformes termotolerantes < 200 NMP/100mL Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mgL ⁻¹ a 1,5 mgL ⁻¹ |
| Classe 2 | Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes. | Turbidez < 5 uT Coliformes termotolerantes < 500 NMP/100mL Cloro residual superior a 0,5 mgL ⁻¹ |
| Classe 3 | Descargas em vasos sanitários | Turbidez < 10 uT Coliformes termotolerantes < 500 NMP/100mL |
| Classe 4 | Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. | Coliformes termotolerantes < 5000 NMP/100mL Oxigênio dissolvido > 2 mg/L |

Fonte: ABNT NBR 13969, 1997.

Para aplicação em lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, o sistema de tratamento deverá ser capaz de atender aos parâmetros físico-químicos (Classe 2) de turbidez inferior a 5 uT, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100mL, cloro residual superior a 0,5 mgL⁻¹. Para atendimento a este nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se substituir a etapa de filtração por membranas (NBR 13969, 1997). Para aplicação de reuso nas descargas dos vasos sanitários, deve-se atender aos parâmetros físico-químicos com turbidez inferior a 10 uT, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100mL. Normalmente o tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão (NBR 13969, 1997).

A USEPA (USEPA, 2012) classifica o reuso em duas categorias, o reuso urbano irrestrito e o reuso urbano restrito, e indica critérios de qualidade segundo

estas categorias. O que define as duas categorias é o grau de restrição de acesso ao público e, conseqüentemente, as exigências de tratamento e do padrão de qualidade de efluentes. A Tabela 8 retrata qualidade do efluente a ser reutilizado para irrigação, descarga em sanitários e lavagem de pisos.

Tabela 8 – Diretrizes da USEPA para reuso urbano

| Descrição da categoria de reuso | Processos de Tratamento | Qualidade do efluente |
|--|--------------------------------|--|
| <u>Usos urbanos irrestrito:</u> | | pH 6 a 9 |
| Descarga em vasos sanitários, limpeza de ruas, combate a incêndios e irrigação. | Secundário + | DBO $\leq 10 \text{ mg L}^{-1}$ |
| | Filtração + | Turbidez $\leq 2 \text{ uT}$ |
| | Desinfecção | Cloro residual $\times \geq 1 \text{ mgL}^{-1}$ Coliformes fecais – Não detectável |
| <u>Usos urbanos restrito:</u> | | pH 6 a 9 |
| Irrigação, abatimento de poeiras em estradas vicinais, usos na construção (compactação do solo, abatimento de poeiras, preparação de argamassa e concreto, etc. | Secundário + | DBO $\leq 30 \text{ mgL}^{-1}$ |
| | Desinfecção | SST $\leq 30 \text{ mgL}^{-1}$ |
| | | Turbidez $\leq 2 \text{ uT}$ |
| | | Cloro residual $\times \geq 1 \text{ mgL}^{-1}$ Coliformes fecais $\leq 200 \text{ NMP/100 mL}$ |

Fonte: Adaptado de USEPA, 2012 e PROSAB, 2006.

Os coliformes indicam a eficiência de desinfecção e a turbidez como indicador estético (PROSAB, 2006).

Nesta pesquisa serão utilizadas técnicas com membranas de ultrafiltração, mas para o atendimento pleno aos parâmetros de turbidez e coliformes fecais poderia ser opção um sistema de filtração simples e dosagem de hipoclorito de sódio conforme a NBR 13969/1997, USEPA, (2012) e PROSAB, (2006) indicam.

1.5.3 Reuso de efluentes em torres de resfriamento e caldeira

Nas torres de resfriamento normalmente utiliza-se água nos sistemas de recirculação. A água absorve o calor do processo e este é transformado em vapor. Em função da perda por evaporação, existe a necessidade de repor esta água. Além disso, por causa da evaporação, sólidos dissolvidos se concentram na água de recirculação, podendo acarretar danos aos equipamentos. Logo, a reposição

contínua de água no processo se faz necessária a fim de manter o equilíbrio do sistema e afastar a possibilidade de concentração destes sólidos (MANCUSO & SANTOS, 2003; USEPA, 2012).

A qualidade da água de reuso na indústria varia de acordo com o uso pretendido, entretanto, os limites estabelecidos para as concentrações das impurezas geralmente estão associados com a prevenção da corrosão, incrustações, entupimentos, crescimento biológico nos equipamentos e sistemas de distribuição. (METCALF & EDDY, 2007).

A Tabela 9 apresenta os principais parâmetros de qualidade da água que estão associados ao controle de incrustações e corrosões no reuso industrial.

Tabela 9 – Parâmetros de qualidade relacionados ao reuso industrial

| Parâmetro | Efeitos relacionados |
|---|--|
| Alcalinidade | Estabilidade do pH |
| Amônia | Interfere na formação de cloro residual, causando corrosão em ligas de cobre, estimula o crescimento microbiano. |
| Cálcio e Magnésio | Incrustações |
| Sulfeto de hidrogênio | Corrosão, odor |
| Ferro | Incrustações, manchas |
| Qualidade microbiológica da água | Potencial para fouling biológico |
| Nitrato | Estimula o crescimento microbiano, interfere em processos de tingimento |
| pH | Pode alterar reações químicas e a solubilidade dos constituintes |
| Fósforo | Incrustações e estímulo do crescimento microbiano |
| Residual orgânico | Estimula o crescimento microbiano, formação de incrustações, lodo e espuma em caldeiras |
| Sílica | Incrustações |
| Sulfato | Corrosão |
| Sólidos Suspensos | Deposição e crescimento microbiano (Semente) |

Fonte: Metcalf & Eddy, 2007.

A qualidade da água e as condições ambientes influenciam no potencial de corrosão que podem ocorrer nos reservatórios industriais e estruturas de transporte. Como exemplo, pode-se citar a alteração do pH, que está diretamente relacionado ao aumento da corrosão, assim como níveis elevados de alcalinidade. Os sais como cloreto e sulfato podem aumentar as taxas de corrosão, particularmente em baixas concentrações de oxigênio. Oxigênio dissolvido pode induzir a reações de corrosão, particularmente sob elevadas pressões e temperaturas (METCALF & EDDY, 2007).

Contaminantes microbiológicos presentes na água de reuso podem impactar no processo de corrosão através da formação de biofilmes nas superfícies das

tubulações, condensadores e tanques de processo. Tendo em vista a atividade microbiana no biofilme gera gases ácidos, tais como gás sulfídrico e carbônico, que podem acarretar em corrosões pontuais (METCALF & EDDY, 2007).

O processo de incrustação é devido ao depósito de óxidos, carbonatos, entre outros na superfície de tubulações, trocadores de calor, tanques e outras superfícies de contato com a água. Enquanto a corrosão está associada com a dissolução de íons (ferro, cobre, chumbo etc.), a incrustação representa a precipitação de constituintes dissolvidos em superfícies sólidas. A incrustação em caldeira reduz a eficiência de troca de calor e a incrustação em tubulações pode reduzir a vazão ou até mesmo bloquear o fluxo (METCALF & EDDY, 2007).

Um das formas potenciais de reuso de água na indústria é a utilização para alimentação nas torres de resfriamento. As indústrias desenvolvem junto com o seu processo uma grande quantidade de calor residual que deve ser removido ou reduzido. Em função disto, possuem um sistema de refrigeração que geralmente utiliza a água como meio refrigerante, para absorver este calor residual do processo e posteriormente cedê-lo a outro meio (Mancuso & Santos, 2003). É importante identificar os quantitativos envolvidos para resfriamento/aquecimento (torres de resfriamento, condensadores e caldeiras), bem como por atividades consumidoras de água, como lavagem de áreas externas e internas. Os parâmetros de referência para reuso dos efluentes tratados para utilização em torre ou caldeira devem respeitar os valores máximos permitidos, detalhados a na Tabela 10 (Mierzwa & Hespanhol, 2005).

Tabela 10 – Padrão de qualidade recomendado para água de geração de vapor (continua)

| Parâmetro | Unidade | Geração de vapor | | |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|
| | | Caldeira de baixa pressão (< 10 bar) | Caldeira de média pressão (10 a 50 bar) | Caldeira de alta pressão (> 50 bar) |
| Cloretos | mgL ⁻¹ | + | + | + |
| Sólidos dissolvidos totais | mgL ⁻¹ | 700 | 500 | 200 |

Tabela 10 – Padrão de qualidade recomendado para água de geração de vapor (conclusão)

| | | | | |
|--|-------------------|------------|------------|-----------|
| Dureza | mgL ⁻¹ | 350 | 1,0 | 0,07 |
| Alcalinidade | mgL ⁻¹ | 350 | 100 | 40 |
| pH | | 7,0 a 10,0 | 8,2 a 10,0 | 8,2 a 9,0 |
| DQO | mgL ⁻¹ | 5,0 | 5,0 | 1,0 |
| Sólidos suspensos totais | mgL ⁻¹ | 10 | 5 | 0,5 |
| Turbidez | uT | --x-- | --x-- | --x-- |
| DBO | mgL ⁻¹ | --x-- | --x-- | --x-- |
| Compostos orgânicos + + | mgL ⁻¹ | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| Nitrogênio amoniacal | mgL ⁻¹ | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Fosfato | mgL ⁻¹ | --x-- | --x-- | --x-- |
| Sílica | mgL ⁻¹ | 30 | 10 | 0,7 |
| Alumínio | mgL ⁻¹ | 5,0 | 0,1 | 0,01 |
| Cálcio | mgL ⁻¹ | + | 0,04 | 0,1 |
| Magnésio | mgL ⁻¹ | + | 0,25 | 0,1 |
| Bicarbonato | mgL ⁻¹ | 170 | 120 | 48 |
| Sulfato | mgL ⁻¹ | + | + | + |
| Cobre | mgL ⁻¹ | 0,5 | 0,05 | 0,05 |
| Zinco | mgL ⁻¹ | + | 0,01 | 0,01 |
| Substâncias extraídas com tetracloreto de carbono | mgL ⁻¹ | 1 | 1 | 0,5 |
| Sulfeto de hidrogênio | mgL ⁻¹ | + | + | + |
| Oxigênio dissolvido | mgL ⁻¹ | 2,5 | 0,007 | 0,0007 |

Legenda: (+) Aceito como recebido, caso sejam atendidos outros valores limites; (++) Substâncias ativas ao azul de metileno.

Fonte: Adaptado de CROOK, 1996.

Para a alimentação de caldeiras com água, seja potável e/ou reuso, deve-se seguir as recomendações do fabricante e/ou segundo a ASME, conforme Tabela 11.

.Tabela 11 - Especificação de água de alimentação de caldeiras

| Parâmetros | Caldeira até 21 Kgf/cm² |
|--|---|
| Oxigênio dissolvido (mg O₂ L⁻¹) | <0,007 |
| Ferro total (mg Fe L⁻¹) | ≤ 0,1 |
| Cobre total (mg Cu L⁻¹) | ≤ 0,05 |
| Dureza total (mg CaCO₃ L⁻¹) | ≤ 0,3 |
| pH | 8,3 – 10 |
| COT – Não Volátil (mg C L⁻¹) | <1 |

Fonte: ASME, 1994 apud ANA; Fiesp; UNICA; CTC, 2009.

A qualidade da água de reuso para fins de utilização na área de utilidades deve obedecer aos parâmetros preconizados na Tabela 10 (p. 44) e Tabela 11. Caso estes parâmetros não sejam respeitados, a Tabela 12 ilustra os principais problemas

associados a qualidade da água de reposição devido a impurezas presentes na água (Mierzwa, 2002).

Tabela 12 - Problemas causados nos processos industriais devido a impurezas presentes na água

| Impureza | Problemas | | | | | | | |
|----------------------------|--|---|---------------------|----------|--|----------------------|----------|--|
| | Água de Processo | | Água para Caldeiras | | | Água de Resfriamento | | |
| | Indústrias afetadas | Forma pela qual são afetadas | Depósitos | Corrosão | Outros | Depósitos | Corrosão | Outros |
| Dureza (Ca e Mg) | Todas | Incrustação e depósitos | P (1) | ... | ... | P | ... | ... |
| | Papel e têxtil | Depósitos sobre as fibras | | | | | | |
| | Lavanderias | Formação de espumas sobre os tecidos | | | | | | |
| Alcalinidade | Papel, têxtil e bebidas | Destrói reagentes ácidos, corantes, floculantes e aromatizantes | ... | P | ... | P | ... | ... |
| Sólidos dissolvidos | Eletrônica, farmacêutica, alimentícia, bebidas, utilidades | Aumenta o custo para a produção de água com alto grau de pureza e pode degradar a qualidade do produto final | ... | ... | Purgas elevadas | ... | C | Purgas elevadas |
| Sólidos suspensos | Todas | Depósitos e desgastes de equipamentos | P | ... | ... | P | P | ... |
| Oxigênio dissolvido | Todas | Principal causa de corrosão | ... | P | ... | ... | P | ... |
| Dióxido de carbono | Todas (3) | Pode passar para a fase vapor, na sucção da bomba do poço de extração, elevando o pH da água, o que resulta em problemas de incrustação | ... | P | ... | ... | ... | Afeta o pH |
| Ferro e Manganês | Todas | Depósitos e manchas | P | ... | ... | P | ... | ... |
| Matéria orgânica | Alimentos e bebidas | Sabor e odor | ... | ... | Pode ocorrer formação de espumas e crescimento biológico | ... | ... | Pode ocorrer formação de espumas e crescimento biológico |
| | Todas | Alimento para bactérias e contamina as resinas de troca iônica | | | | | | |
| Sílica | ... | ... | C | ... | P (2) | C | ... | ... |
| Microrganismos | Todas | Produção de limo e odores | ... | ... | ... | P | ... | ... |

Legenda: (P) Principal fator responsável pelo problema; (C) Contribui para o problema; (...) Não apresenta efeito significativo; (1) No sistema de condensação de vapor; (2) Na turbina; (3) Abastecimento de água por poço profundo; (*) Acrescentado pelo autor.

Fonte: NALCO, 1998 *Apud* MIERZWA, 2002.

É importante avaliar se a tendência do efluente tratado a ser reutilizado é corrosivo ou incrustante. Apesar de ser uma análise simplória, a mesma é muito desconsiderada pelos fornecedores de sistema de reuso. Esta tendência pode ser avaliada pelos índices de Langelier (LSI) e Ryznar (IR) (Tratamento de águas potáveis - AquaAmbiente, 2004). O índice de Langelier é um modelo de equilíbrio derivado do conceito teórico de saturação e proporciona um indicador do grau de saturação da água em relação ao carbonato de cálcio (Giordano, 2015).

Para a determinação deste índice são necessários valores de: temperatura, pH, dureza e alcalinidade total (bicarbonatos em águas naturais).

O índice de Langelier é expresso por:

$$LSI = pH_A - pH_S \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

pH_A : pH da água de refrigeração.

pH_S : pH de saturação.

A Tabela 13 apresenta de forma sintetizada a planilha de cálculo que envolve os parâmetros supracitados e as possíveis tendências, seja incrustante ou corrosiva.

Tabela 13 - Cálculo dos índices de Langelier e Ryznar (continua)

| Parâmetros | |
|--|------------------------|
| Temperatura | 32 °F °C |
| Alcalinidade Total | ppm CaCO ₃ |
| Dureza de cálcio | ppm CaCO ₃ |
| Sólidos Totais Dissolvidos | Ppm |
| pH | |
| | A = 0,480957 |
| | B = 2,589573 pHs = |
| Índice de Langelier | IL = |
| Tendência | |
| Obs.: Se IL > 0 :: Tendência incrustante | |
| Se IL < 0 :: Tendência corrosiva | |
| Índice de Ryznar | IRZ = |
| IRZ | TENDÊNCIA |
| 4 - 5 | Fortemente incrustante |
| 5 - 6 | Incrustante |

Tabela 13 – Cálculos dos índices de Langelier e Ryznar (conclusão)

| | |
|----------------|-------------------------------|
| 6 - 7 | Pouca incrustação ou corrosão |
| 7 - 7,5 | Corrosiva |
| 7,5 - 9 | Fortemente corrosiva |
| > 9 | Corrosão intolerável |

Fonte: NALCO, 2016.

Conhecendo a qualidade da água de alimentação requerida para o abastecimento e as possíveis tecnologias, é relevante realizar uma avaliação econômica, mesmo que seja prévia, a fim de viabilizar a execução do projeto teórico.

1.6 Estimativa de custos

Para avaliação da estimativa de custo de um projeto de engenharia deve-se levar em consideração o nível de tecnologia do projeto, a complexidade, a qualidade dos dados usados na estimativa de custos, a experiência e o nível de habilidade do profissional que está calculando a estimativa. Com base na Associação Americana de Engenharia de Custos (AACE, 2016) a margem de erro estimada de um projeto pode variar desde a Classe I até a classe V. A Tabela 14 ilustra cada classe e suas respectivas faixa de precisão esperada (International, AACE, 2016).

Tabela 14 – Matriz de classificação de estimativas de custos de processos industriais (continua)

| CLASSE DE ESTIMATIVA | Característica principal | Característica secundária | | |
|----------------------|---|--|---|---|
| | NÍVEL DE MATURIDADE DAS ENTREGAS DE DEFINIÇÃO DO PROJETO Expresso como % da definição completa | USO FINAL Finalidade típica da estimativa | METODOLOGIA Método geralmente utilizado para estimativas | FAIXA DE PRECISÃO ESPERADA Intervalos típicos nas faixas mínimas e máximas |
| Classe 5 | 0% a 2% | Análise de adequação do conceito | Índices de capacidade, modelos paramétricos, julgamento ou analogia | Mín.: -20% a -50% Máx.: +30% a +100% |

Tabela 14 – Matriz de classificação de estimativas de custos de processos industriais (conclusão)

| | | | | | |
|-----------------|------------|---|----|---|--|
| Classe 4 | 1% a 15% | Estudo de viabilidade | de | Fatores relativos a equipamentos ou modelos paramétricos | Mín.: -15% a -30% Máx.: +20% a +50% |
| Classe 3 | 10% a 40% | Autorização ou controle orçamento | ou | Custos unitários semidetalhados com itens de linha lançados em nível de detalhe de conjunto | Mín.: -10% a -20% Máx.: +10% a +30% |
| Classe 2 | 30% a 75% | Controle licitação/proposta | ou | Custos unitários detalhados com levantamento detalhado obrigatório | Mín.: -5% a -15% Máx.: +5% a +20% |
| Classe 1 | 65% a 100% | Verificação estimativa licitação/proposta | da | Custos unitários detalhados com levantamento detalhado | Mín.: -3% a -10% Máx.: +3% a +15% |

Fonte: International, AACE, 2016.

A estimativa de custo nível classe 4 se enquadra na realidade da pesquisa (reuso industrial), onde existem dados mínimos para determinação da viabilidade do projeto. Estes dados são compostos pela vazão de processo, operações unitárias envolvidas, listas preliminares dos equipamentos, regime de operação e custo operacional. Neste cenário se tem a faixa de precisão otimista (-15% a -30%) ou pessimista (+20% a + 50%). Com base na estimativa de custo é possível calcular o *Payback* simples, conceito este que será detalhado no capítulo a seguir.

1.6.1 Payback Simples

O *Payback* ou período de retorno determina o tempo necessário para recuperar o capital inicial investido. Por exemplo, se uma empresa faz um investimento de R\$ 100.000 em novos equipamentos, sendo que após este é verificado um aumento no lucro de R\$ 60.000 no primeiro e exatos R\$ 40.000 no

segundo ano, então o *payback* é de dois anos (ROSS et al., 2015). Este método tem como vantagem principal a forma simplória de calcular e também de fornecer uma ideia do grau de liquidez e de risco do projeto rapidamente. Porém este método é deficiente porque o período de *payback* é calculado simplesmente pela soma dos fluxos de caixa futuros. Não existe desconto e, portanto, o valor do dinheiro no tempo é ignorado. O método do *payback* também não considera qualquer diferença de risco (ROSS et al, 2015).

Segundo Damodaran (2002), o *payback* é o tempo necessário para que seus fluxos de caixa nominais cubram o investimento inicial. Lapponi (2000) afirma que esta metodologia tem como pontos fracos em não considerar o valor do dinheiro no tempo, não considerar todos os capitais do fluxo de caixa e não ser uma medida de rentabilidade do investimento. Devido a elevada margem de erro, as empresas utilizam o cálculo de *payback* como uma ferramenta auxiliar na tomada de decisões DAMODARAN (2002). É possível sintetizar as vantagens e desvantagens ao calcular o *payback* simples, sendo vantagens por ser de fácil aplicação, entendimento e interpretação. Desvantagens de não contemplar o valor do dinheiro no tempo e ignorar os fluxos de caixa que ocorrem depois de decorrido o período de *payback*.

O Sistema da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), no manual de conservação e reuso da água na indústria (2006), enfatiza que um estudo econômico para implantação de um projeto de reuso de água pode ser baseado no período de retorno do investimento (*payback*), que permite avaliar o tempo necessário para a recuperação do capital investido.

O cálculo *payback* é realizado através da equação abaixo (BALARINE, 2004):

$$PBS = \frac{(P)}{PMT} \quad \text{Equação (2)}$$

PBS = *Payback* simples em meses.

P = Valor total de investimento (Global).

PMT = Economia mensal após implantação do projeto (Fluxo de caixa mensal).

Deve-se analisar o tempo de retorno, sendo que quanto menor, melhor seria o resultado esperado para o projeto e sua viabilidade. Contudo o resultado deve ser avaliado, posto que existem projetos de longo, médio e curto prazo (MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA, 2007).

2 METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho teve como objeto de estudo uma ETEI (Estação de Tratamento de efluentes Industriais) de uma indústria farmacêutica. A pesquisa foi desenvolvida a partir dos resultados das análises físico-químicas do afluente e efluente tratado da unidade. Os valores dos parâmetros analisados foram confrontados com a legislação e critérios específicos da indústria, com a finalidade de reutilizar o efluente nas atividades internas. Foram realizados ensaios em escala laboratorial de ultrafiltração por membranas, para avaliar a viabilidade técnica de reuso para irrigação, vaso sanitário, lavagem de pisos e caldeira. Também foi realizada avaliação dos aspectos econômicos, considerando a estimativa de custo do sistema, custo operacional e a realização do cálculo da estimativa de tempo de retorno do investimento. Em cumprimento às normas internas da organização, a identificação da indústria foi omitida, sendo esta de conhecimento apenas do pesquisador deste trabalho e de seus orientadores.

A escolha de uma empresa farmacêutica se explica pelo elevado consumo de recurso hídrico para a realização de suas atividades produtivas, especialmente quanto à qualidade da água, já que a produção de medicamentos requer o uso desse recurso com as propriedades físico-químicas muito específicas e um elevado grau de pureza. Razões que fundamentam a importância do reuso de efluentes como forma compensatória dos gastos da empresa com água potável. Adicionalmente, a questão de acessibilidade foi condição fundamental para se ter o conhecimento pleno do sistema de tratamento do efluente da empresa, considerando os aspectos operacionais, dito àqueles relativos à rotina diária da atividade, e as condições de manutenção preventiva e corretiva dos componentes da operação do sistema. Essas informações constituíram o histórico de funcionamento da estação de tratamento de efluente em estudo. A organização selecionada para o desenvolvimento desta pesquisa está localizada na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. A empresa mantém Sistema de Gestão Ambiental implementado e certificado pela *Det Norske Veritas* – DNV desde fevereiro de 2010, segundo os requisitos da norma NBR 14001 (ABNT,2004). Isso demonstra não somente o comprometimento da organização no controle e

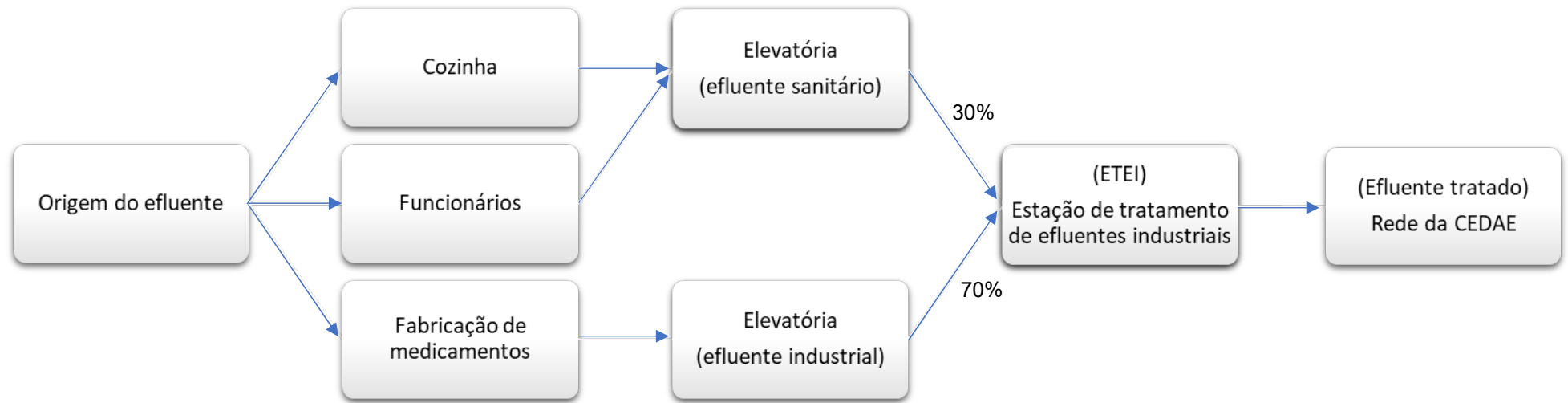
monitoramento dos aspectos e impactos ambientais de suas atividades, mas também expressa uma conduta alinhada com as melhores práticas de gestão ambiental.

Para fins desta pesquisa foram considerados os critérios metodológicos estabelecidos nas três etapas a seguir:

2.1 Etapa 01 - Caracterização do Efluente da Indústria farmacêutica

Nesta etapa foram realizados levantamentos técnico de campo e documental na indústria, com objetivo principal de conhecer a composição dos efluentes da indústria e todo arranjo do sistema de esgotamento sanitário e industrial, ilustrados na Figura 15.

Figura 15 – Composição do efluente da indústria farmacêutica



Fonte: Fluxograma elaborado pelo autor com base nas informações cedidas pela indústria farmacêutica, 2017.

Legenda: 30% SANITÁRIO – média aproximada de $2,1 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$; 70% INDUSTRIAL - média aproximada de $4,9 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$.

Para fins de avaliação do processo foram estudados os dados periódicos enviados ao órgão ambiental, no período compreendido entre julho de 2014 a outubro 2016, perfazendo um período total de 910 dias corridos e 131 semanas corridas de acompanhamento de desempenho da unidade. Nesses relatórios constam os parâmetros físico-químicos de qualidade da água, segundo as metodologias descritas em AWWA (APHA, 2012) apresentadas na Tabela 15.

É relevante ressaltar que a indústria faz parte do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – PROCON ÁGUA, do estado do Rio de Janeiro, conforme estabelecido pela DZ 942.R-7 de 1991 do Instituto Estadual do Ambiente – INEA (INEA, 1991). Todas as análises de qualidade da água foram realizadas por laboratórios credenciados pelo INEA e os Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE enviados ao órgão ambiental regularmente.

Tabela 15 – Métodos empregados para a determinação dos parâmetros físico-químicos segundo metodologias descritas em AWWA (APHA, 2012)

| Parâmetro físico-químico | Número do Método |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Demanda Química de Oxigênio (DQO) | 5220 D |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | 5220 D |
| Sólidos Suspensos Totais (SST) | 2540 B e 2540 D |
| Sólidos Totais Dissolvidos (SDT) | 2540 C |
| Óleos e graxas (O&G) | 5520 F |
| MBAS | 5540 C |
| Sólidos sedimentáveis (SS) | 2540 F |

Fonte: AWWA (APHA, 2012)

Ao considerar os parâmetros supracitados na Tabela 10 (p. 44) foi possível avaliar o desempenho da ETEI, tendo em vista a norma técnica NT 202.R-10, que aborda critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos no estado do Rio de Janeiro (INEA, 1986), e a possibilidade avançar o estudo de implantação de uma unidade de ultrafiltração.

Os resultados de DBO₅, DQO, O&G, MBAS, SS e SST obtidos na análise do efluente tratado pela ETEI foram compilados, tabelados e posteriormente avaliados quanto à dispersão em relação ao período em que foram gerados, através do uso da ferramenta de estatística descritiva Box plot. Resultados repetitivos e em conformidade com os padrões de controle são fatores que indicam a viabilidade de tratamento terciário do efluente por ultrafiltração. Tal fato se explica pela maior

eficiência das membranas diante da baixa turbidez e concentração de óleos e graxas no efluente.

2.2 Etapa 02 – Avaliação do processo de separação por membranas de ultrafiltração.

O estudo nesta etapa foi realizado em três fases, a saber:

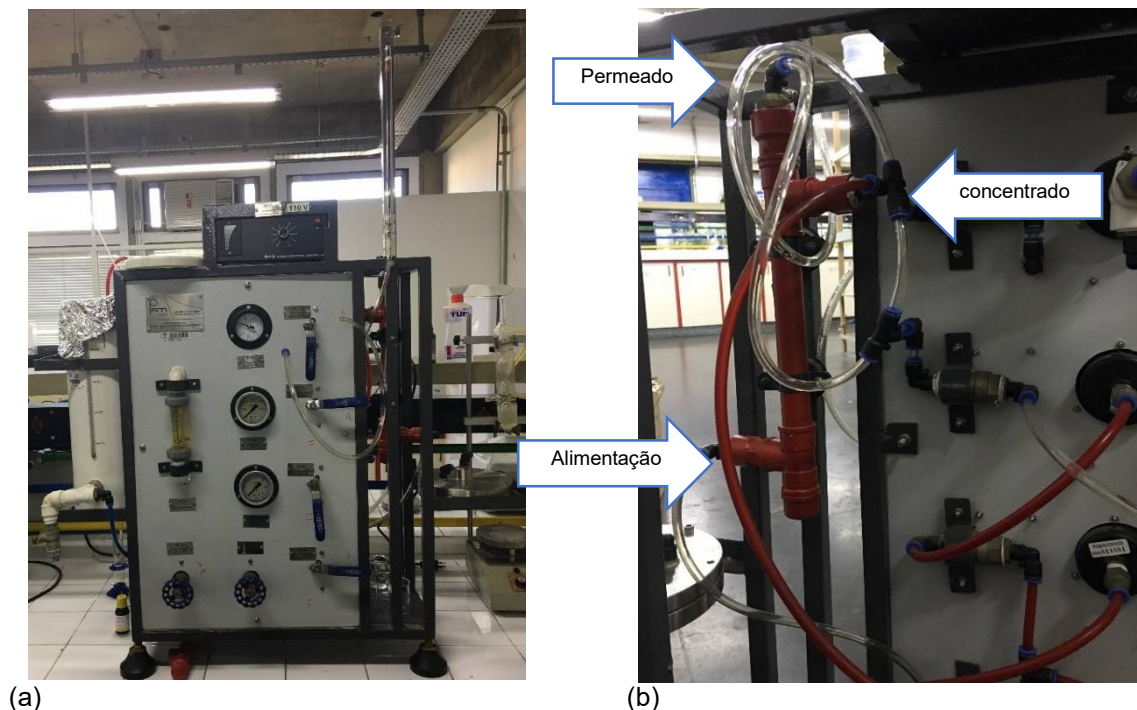
- Primeira fase - Coleta do efluente tratado da ETEI, submissão deste a ensaios laboratoriais de ultrafiltração e realização de análises físico-químicas com a finalidade de avaliar os resultados antes e após o teste laboratorial de ultrafiltração.
- Segunda fase - Determinação dos pontos potenciais para reuso, considerando que nesta indústria farmacêutica só é possível reutilizar o efluente na caldeira, irrigação, lavagem de pisos e na descarga em sanitários.
- Terceira fase - Definição preliminar do processo de ultrafiltração para implantação em escala industrial, com a finalidade de avaliação técnica e econômica.

a) Primeira fase

O estudo consistiu na avaliação do processo de separação por membranas de ultrafiltração. Foram realizados ensaios laboratoriais de ultrafiltração para tratamento terciário do efluente da ETEI da indústria farmacêutica, com vistas à geração de água para reuso. Na Figura 16a e Figura 16b são apresentadas fotos do equipamento, composto por unidade tubular de fibra oca fornecida pela empresa

Pam Membranas, com poros da ordem de $0,5 \mu\text{m}$, bomba com vazão máxima de 250 LPH e membrana com permeabilidade de 88 L/h m^2 .

Figura 16 – Planta piloto de ultrafiltração utilizada na pesquisa

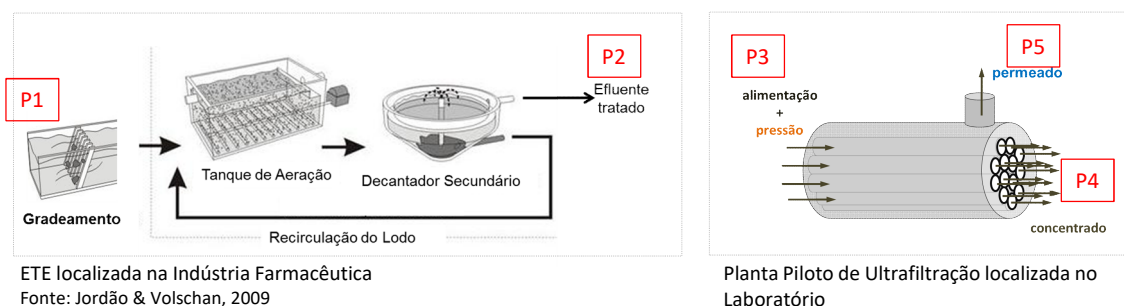


Legenda: (a) e (b) - Foto do detalhamento da planta piloto.

Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Todo o trabalho de laboratório como o ajuste da planta piloto, a troca de mangueiras e de componentes, avaliação hidráulica e elétrica, além de ensaios preliminares com água destilada, foi realizado ao longo de aproximadamente seis meses. Entretanto, os sete ensaios de bateladas de ultrafiltração, com os resultados usados no presente trabalho, foram realizados em dias distintos, ao longo de dois meses. Para cada ensaio foram coletados 5 L do efluente final da ETEI (após decantador final) e armazenados sob refrigeração a 4°C , para posterior tratamento na unidade de ultrafiltração. O delineamento experimental e os pontos de amostragem podem ser observados Figura 17.

Figura 17 – Delineamento experimental e pontos de amostragem da pesquisa



Fonte: Jordão & Volschan, 2009

O Ponto 01 (P1) e o Ponto 02 (P2) estão localizados na ETEI instalada no pátio da indústria e os pontos P3, P4 e P5 estão localizados na planta piloto de ultrafiltração instalada no laboratório e referem-se respectivamente à alimentação da unidade, concentrado e permeado. Ressalta-se que nos Pontos P1 e P2 não foram coletadas amostras para esse estudo, mas os seus dados de desempenho foram fornecidos pela indústria, conforme já relatado anteriormente. Os pontos P2 e P3 representam a mesma amostra, entretanto, aqui serão abordados como pontos diferentes por se tratarem de períodos de pesquisa distintos. Assim, nesta etapa consta apenas a análise do desempenho da planta piloto de ultrafiltração, para os pontos P3, P4 e P5. No laboratório de Engenharia Sanitária (LES) da UERJ foram analisados os parâmetros físico-químicos: pH, temperatura, condutividade, turbidez, SDT, DQO, dureza total, cloreto, alcalinidade total e sulfatos segundo metodologias descritas em AWWA (APHA, 2012) e delineadas na Tabela 16. Todas as análises foram feitas em triplicata e os resultados representados pela média dos valores encontrados.

Tabela 16 – Métodos empregados no LES para a determinação dos parâmetros físico-químicos segundo metodologias descritas em AWWA

| Parâmetro físico-químico | Número do Método |
|--|--------------------------------------|
| pH | 4500-H ⁺ B |
| Temperatura | 2550 |
| Turbidez | 2130 B |
| Condutividade | 2120 C |
| Demanda Química de Oxigênio (DQO) | 5220 D |
| Sólidos Suspensos Totais (SST) | 2540 B e 2540 D |
| Alcalinidade Total | 2320 B |
| Dureza Total | 2340 C |
| Cloreto | 4500 – Cl B |
| Sólidos Totais Dissolvidos (SDT) | 2540 C |
| Sulfatos | 4500 SO ₄ ⁻² E |

Fonte: APHA, 2012

No procedimento experimental de ultrafiltração foram registrados alguns parâmetros de processo, tais como pressão, temperatura, vazão de permeado (Q_p) e vazão de concentrado (Q_c). O processo de filtração em membranas de ultrafiltração é realizado utilizando-se um módulo de filtração em bancada conforme apresentado anteriormente.

O seguinte procedimento adotado pela Pam Membranas foi também utilizado para operar o módulo de ultrafiltração nos ensaios desta pesquisa (PAM MEMBRANAS, 2012):

- ❖ Antes de iniciar qualquer operação, verificar se o equipamento está desligado.
- ❖ Fechar a válvula de dreno do tanque TQ – 01.
- ❖ Conectar as mangueiras de alimentação, permeado e concentrado ao modelo de UF.
- ❖ Abrir válvula VE – 05 e fechar a VE – 04.
- ❖ Encher o tanque com o efluente tratado, ou seja, efluente tratado coletado na indústria farmacêutica.
- ❖ Abrir totalmente as válvulas VG 01 e VG 02.
- ❖ Fechar VE 02 e abrir VE 03.
- ❖ Colocar o potenciômetro do controlador de voltagem (CV-01) no zero e desligar o botão de liga/desliga do dispositivo CV-01.

- ❖ Energizar o equipamento em rede elétrica adequada (110 ou 220 VCA).
- ❖ Acionar o botão liga/desliga do dispositivo CV 01.
- ❖ Posicionar o potenciômetro até o número 3 do seu curso e avaliar o aumento da vazão, concentrado e pressão.
- ❖ Regular fechando as válvulas VG 01 e VG 02, acompanhar a variação de pressão até atingir a pressão desejada. Caso este valor não seja atingido, aumentar a velocidade da bomba e ajustar novamente as válvulas.
- ❖ Caso queira coletar o permeado, abrir a válvula VE 02 e fechar a válvula VE 03.
- ❖ Separar no mínimo 1L de amostra em recipiente específico para análises de cada ponto, ou seja, permeado (P4), concentrado (P5) e (alimentação (P3).
- ❖ Determinar a vazão de concentrado no rotâmetro (FI-01).
- ❖ Determinar a vazão de permeado, fechar as válvulas VE 03 e VE 02 e, utilizando um cronômetro, medir o tempo que o permeado gastará para encher a pipeta (10 ml).

O processo de ultrafiltração foi realizado logo após a coleta na ETEI da indústria farmacêutica. Na impossibilidade de realizar a análise de todos os parâmetros no mesmo dia, as amostras eram refrigeradas e armazenadas durante o menor período de tempo possível (no máximo uma semana). Após o término de cada ensaio de filtração, o módulo era submetido ao processo de limpeza física (lavagem com água destilada sem retorno do fluxo permeado e do fluxo concentrado para o tanque de alimentação). A limpeza química (utilizando hipoclorito de sódio com concentração de 500 ppm), com retorno do fluxo permeado e o fluxo concentrado para o tanque de alimentação, era realizada também após o término do ensaio, somente quando se observava um aumento considerável de pressão. Posterior à limpeza física e química era feito enxágue com água destilada, descartando o fluxo permeado e o fluxo concentrado do tanque de alimentação.

b) Segunda fase

Os resultados analíticos foram consolidados para a avaliação da possibilidade de reuso dentro da própria indústria tais como: I) irrigação de jardins e descarga em vasos sanitários; II) lavagem de piso; e III) uso em caldeira. Para os dois primeiros serviços aqui destacados, foram utilizadas como referência, a NBR 13.969 (1997), USEPA (2012) e a PROSAB (2006), considerando o mais restritivo como padrão de reuso.

No caso do terceiro serviço (caldeira) foram seguidos os dados de referência apresentados por CROOKS (1996) e ASME (1994 apud ANA; Fiesp; UNICA; CTC, 2009) no que refere a qualidade da água de alimentação.

Através dos índices de Langelier e Ryznar foram avaliadas as capacidades de corrosão e de incrustação do permeado gerado. Este foi realizado através de cálculos utilizando os resultados de temperatura, pH, alcalinidade total e dureza cálcio.

c) Terceira fase

Com a finalidade de avaliar a viabilidade técnica e econômica do sistema de ultrafiltração em maior escala, foi definido com base nas características técnicas do módulo industrial, um sistema similar em escala laboratorial. Sendo este composto por sistema de separação com membranas de ultrafiltração de fibra oca. A planta será capaz de produzir efluente ultrafiltrado para atender as demandas da indústria, sendo irrigação, lavagem de pisos, descarga em sanitários, para manter o equilíbrio da ETEI e se possível na caldeira. A Tabela 17 demonstra os volumes atuais para estas aplicações.

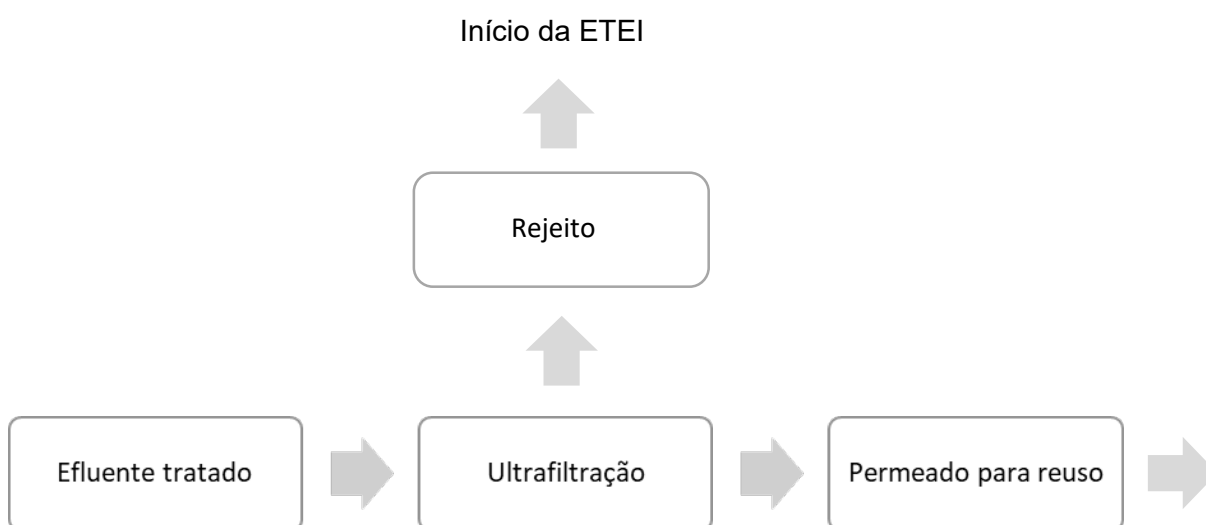
Tabela 17 – Consumo atual utilizado na caldeira, lavagem de pisos, irrigação e descarga de sanitários

| Principais usos | Volume necessário | Regime Operacional |
|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Lavagem de Pisos, irrigação e descarga em sanitários | 200 m ³ mês ⁻¹ | 8 horas de trabalho 22 dias |
| Caldeira | 220 m ³ mês ⁻¹ | 8 horas de trabalho 22 dias |
| Demanda necessária | 420 m ³ mês ⁻¹ | 8 horas de trabalho 22 dias |

Fonte: Dados de consumo coletados na indústria farmacêutica, 2016.

Com base no regime operacional da indústria, na qualidade do efluente da alimentação do sistema de ultrafiltração, nos resultados obtidos nos ensaios de separação em escala laboratorial e na demanda de água de reuso necessária para cada uso, determinou-se a vazão do sistema em escala industrial, com o objetivo posterior de avaliar o custo de implantação e operação no capítulo em sequência. Apesar de necessários 420 m³ mês⁻¹ conforme elucidado na Tabela 17, no item resultados será demonstrando e justificado a necessidade atual de 350 m³mês⁻¹. A Figura 18 ilustra a sequência de tratamento através do diagrama de blocos.

Figura 18 - Diagrama de blocos do sistema proposto de reuso com ultrafiltração



Fonte: O autor, 2017.

Destaca-se que foi ainda realizada uma avaliação crítica quanto ao tratamento do rejeito da unidade de ultrafiltração, tendo em vista a possibilidade de retorná-lo ao tranque de aeração da ETEI e/ou para elevatória do sistema.

2.3 Etapa 03 - Avaliação da viabilidade econômica da implantação do sistema

Foi coletado o histórico de consumo dos últimos doze meses, sendo cedidos somente entre os meses de julho a dezembro de 2016. Os valores de consumo de água estão ilustrados na Tabela 18.

Tabela 18 – Consumo de água da indústria farmacêutica registrado em conta de água no período entre julho de 2016 até junho de 2017

| Consumo de água m ³ | | | |
|--------------------------------|------|--------|------|
| Jul/16 | 1767 | Jan/17 | 1458 |
| Ago/16 | 1629 | Fev/17 | 1659 |
| Set/16 | 1554 | Mar/17 | 1737 |
| Out/16 | 1443 | Abr/17 | 1839 |
| Nov/16 | 1362 | Mai/17 | 1719 |
| Dez/16 | 1212 | Jun/17 | 1892 |

Fonte: Conta de água da indústria farmacêutica cedida para apreciação.

O volume no mês de junho de 2017 foi no valor de 1892 m³, sendo o valor máximo registrado nos últimos 12 meses, com a média diária de 65,24 m³ em 29 dias. Para este mês o valor total da conta de água foi de R\$ 99.434,93 (Noventa e quatro mil quatrocentos e trinta e quatro reais e noventa e três centavos). Para a composição do valor supracitado, R\$ 42.715,72 (Quarenta e dois mil setecentos e quinze reais e setenta e dois centavos) é referente ao consumo de água. Este mesmo valor também é cobrado para lançamento na rede da CEDAE, adicionando-se uma taxa de despejo industrial significativa de R\$ 12.814,72 (Doze mil oitocentos e quatorze reais e setenta e dois centavos), mais recursos hídricos de R\$ 697,54 (Seiscentos e noventa e sete reais e cinquenta e quatro centavos) e taxa regulatória de R\$ 491,23 (Quatrocentos e noventa e um reais e vinte três centavos). Vale ressaltar que estes dados foram extraídos da conta de água da empresa.

No mês de junho registrou-se 1021 m³ de efluente tratado e descartado na rede da CEDAE. A demanda necessária para reuso é de 350 m³mês⁻¹ para atender irrigação,

vasos sanitários e lavagem de pisos. A Tabela 19 retrata os respectivos volumes lançado na rede no período entre julho de 2016 até junho de 2017.

Tabela 19 – Efluente descartado na rede da CEDAE no período entre julho de 2016 até junho de 2017

| Descarte ETEI m³ mês⁻¹ | | | |
|---|------|--------|-------|
| Jul/16 | 1001 | Jan/17 | 997 |
| Ago/16 | 997 | Fev/17 | 1010 |
| Set/16 | 918 | Mar/17 | 1033 |
| Out/16 | 721 | Abr/17 | 978 |
| Nov/16 | 889 | Mai/17 | 975 |
| Dez/16 | 632 | Jun/17 | 1.021 |

Essa etapa do trabalho consistiu na avaliação preliminar da estimativa de custo de implantação e operação do sistema de ultrafiltração. Com os volumes conhecidos, histórico de análises físico-químicas e a qualidade requerida, pôde-se realizar uma busca no mercado de no mínimo três empresas para fornecimento e instalação do sistema completo de ultrafiltração, com capacidade de produção de 2 m³h⁻¹, em 8 horas por dia e 22 dias no mês, totalizando 350 m³ mês⁻¹, sendo este automatizado com a menor intervenção possível do operador (Apêndice B, p. 119).

Nas cotações foram contemplados o período de troca das membranas, a garantia do sistema e os insumos a serem utilizados. A estimativa do custo operacional envolveu a mão de obra de operação, insumos químicos, troca de membranas e manutenção preventiva do sistema. De posse dos três orçamentos em mãos foi adotado o menor valor para metodologia de cálculos. Com esses dados pôde-se calcular o *payback* simples.

A realização da etapa 3 foi baseada no conceito internacional da associação americana de engenharia de custos (AAACE, 2016). Neste caso adotou-se a classe IV para faixa de precisão, já que são conhecidas as características do efluente submetido a ultrafiltração, por existir um fluxo de processos bem definido e por conhecer a qualidade requerida e suas aplicações. Essa leva em consideração o mínimo -15% a -30% e máximo +20% a +50%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Etapa 01 - Caracterização do Efluente da Indústria farmacêutica.

Segundo o acervo técnico da empresa e o memorial descritivo da ETEI, o sistema de tratamento de efluentes sanitário e industrial é dotado de uma unidade de lodo ativado, com capacidade máxima para 9 m³/h. A indústria está localizada na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ, com aproximadamente 120 colaboradores trabalhando durante 312 dias/ano em turnos de 9 horas/dia. O arranjo da ETEI é composto por gradeamento, seguido da tecnologia de lodo ativado na modalidade de aeração prolongada (tanque de aeração e decantação final). O efluente final é descartado na rede pública de coleta de esgotos operada pela CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos) e o lodo em excesso é desidratado e encaminhado a um aterro industrial licenciado.

Todas essas etapas, exceto à preliminar e fase sólida, podem ser visualizadas na Figura 19 e Figura 20.

Figura 19 - Afluente sanitário e industrial



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Figura 20 – Tanque de aeração e decantação



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Foi de extrema importância conhecer a ETEI da indústria farmacêutica e acompanhar as rotinas operacionais, para interpretação dos parâmetros que foram cedidos na avaliação. Os dados da série histórica dos resultados analíticos (DBO₅, DQO, Óleos e Graxas, MBAS, SST e SS), monitorados no afluente e efluente da ETEI da indústria, estão apresentados no apêndice A (p. 95). Estes foram disponibilizados pela própria indústria e representam o período entre julho de 2014 até outubro de 2016.

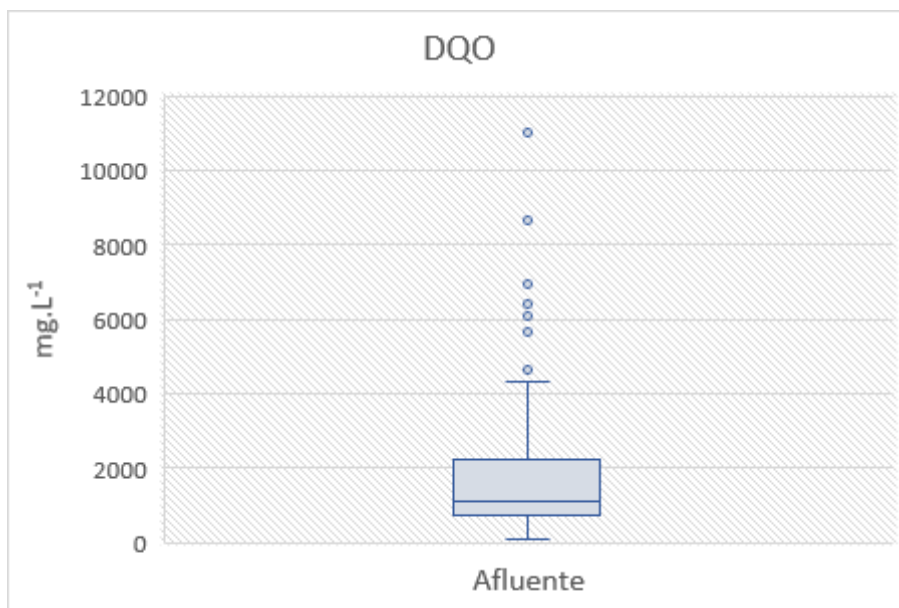
Para a avaliação de todos os parâmetros utilizou-se a estatística descritiva simples com a apresentação da média, mínimo, máximo e o número de dados para afluente e efluente da ETEI. Esses dados estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Detalhamento dos valores mínimos, médios e máximos dos resultados de acompanhamento do desempenho da ETE no período compreendido entre julho de 2014 e outubro de 2016

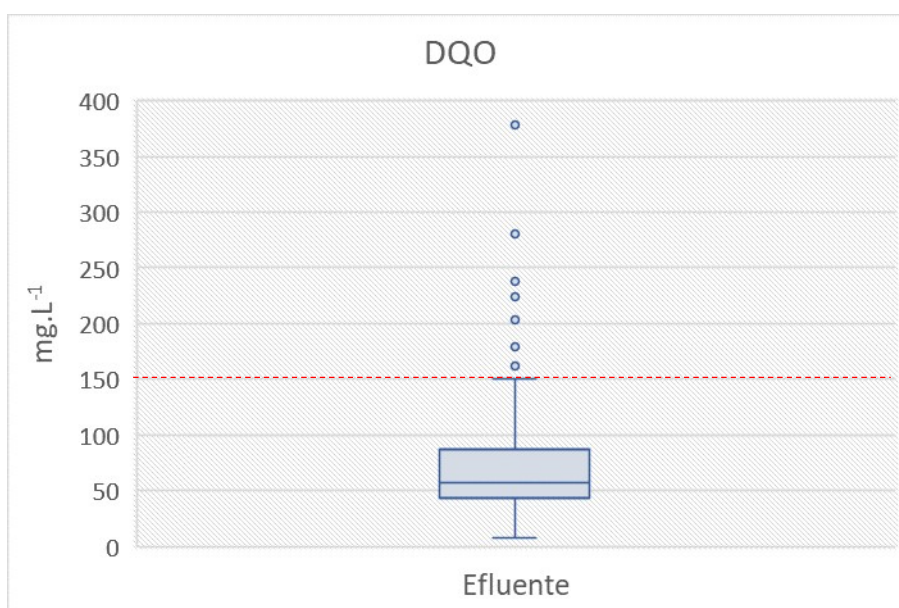
| Estatística | O&G (mgL ⁻¹) | | MBAS (mgL ⁻¹) | | SST (mgL ⁻¹) | | SS (mgL ⁻¹) | | DQO (mgL ⁻¹) | | DBO (mgL ⁻¹) | |
|-------------|-----------------------------|----------|------------------------------|----------|-----------------------------|----------|----------------------------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente | Afluente | Efluente |
| nº de dados | 60 | 63 | 84 | 120 | 120 | 120 | 86 | 86 | | | | |
| Média | 5 | 0 | 27 | 1 | 1739 | 73 | 517 | 27 | | | | |
| Mínimo | 0 | 0,03 | 0,5 | 0 | 98 | 8 | 66 | 2 | | | | |
| Máximo | 57 | 1,82 | 287 | 12 | 11005 | 378 | 2097 | 154 | | | | |

Com base nos resultados analíticos gerou-se uma ilustração gráfica referente ao desempenho da ETEI no período de estudo. Nas Figuras 21 e 22 encontram-se os gráficos box plot que retratam as variações de concentrações afluentes e efluentes de DQO, DBO₅, respectivamente. Nas Figuras 23 a 26 os resultados são referentes às concentrações efluentes de O&G, SST, SS e MBAS, respectivamente.

Figura 21 – Gráfico Box plot da concentração de DQO

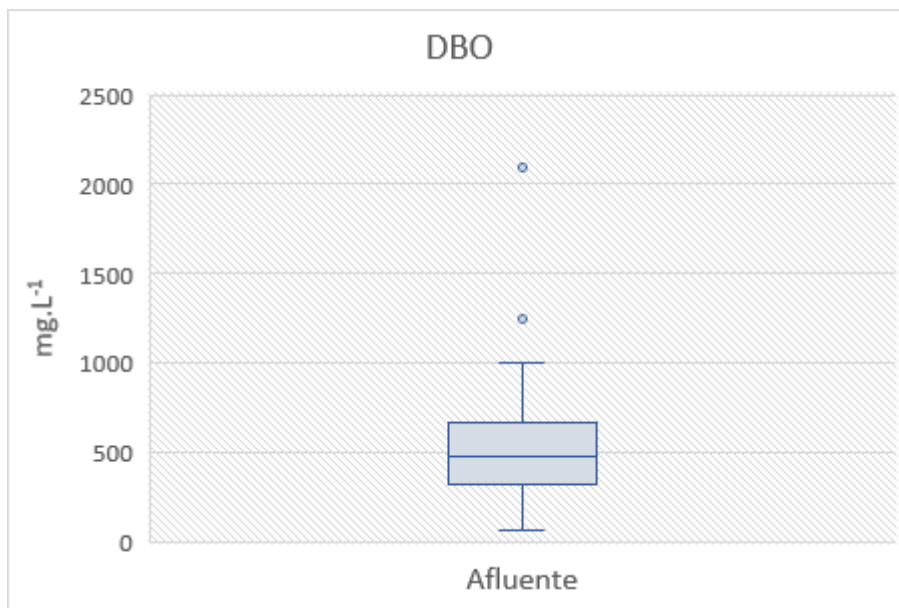


(a)

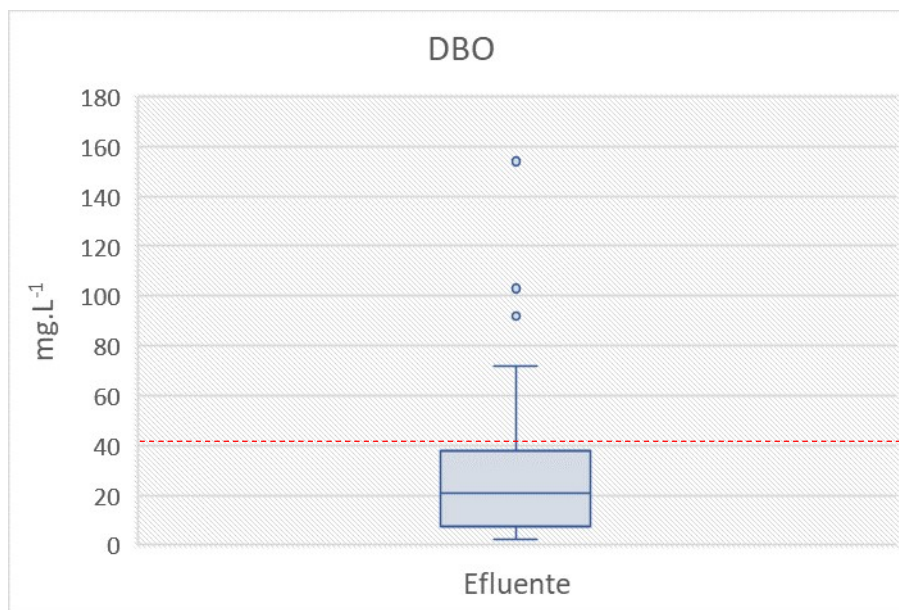


(b)

Legenda: (a) Resultados de DQO afluente; (b) Resultados de DQO efluente.
(---) Valor máximo permitido para lançamento em corpo hídrico conforme NT 202.R10-Inea.

Figura 22 – Gráfico Box plot da concentração da DBO₅

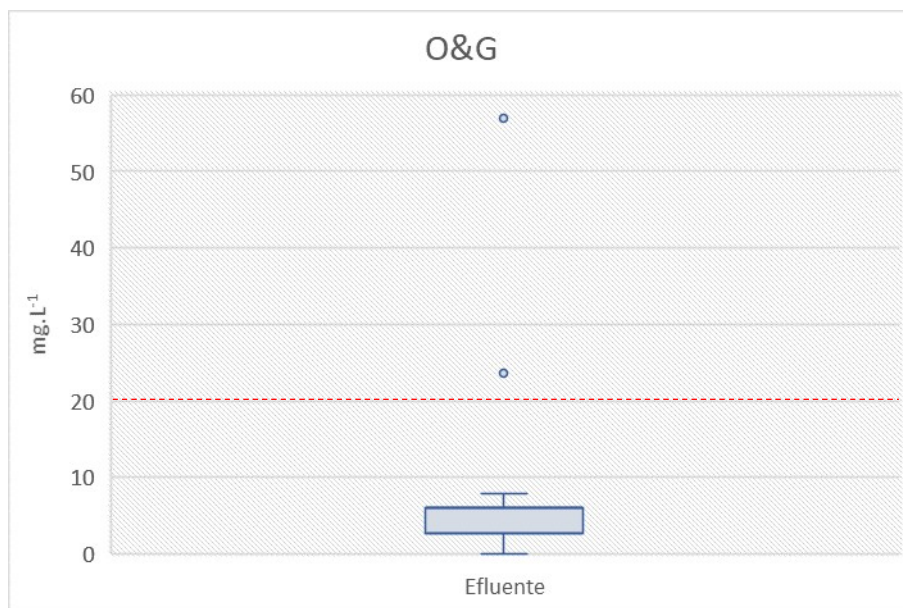
(a)



(b)

Legenda: (a) Resultados de DBO₅ afluente; (b) Resultados de DBO₅ efluente.
(---) Valor máximo permitido para lançamento em corpo hídrico conforme NT 202.R10-Inea.

Figura 23 – Gráfico Box plot da concentração de O&G



Legenda: (---) Valor máximo permitido para lançamento em corpo hídrico conforme NT 202.R10-Inea.

Figura 24 – Gráfico Box plot da concentração de SST

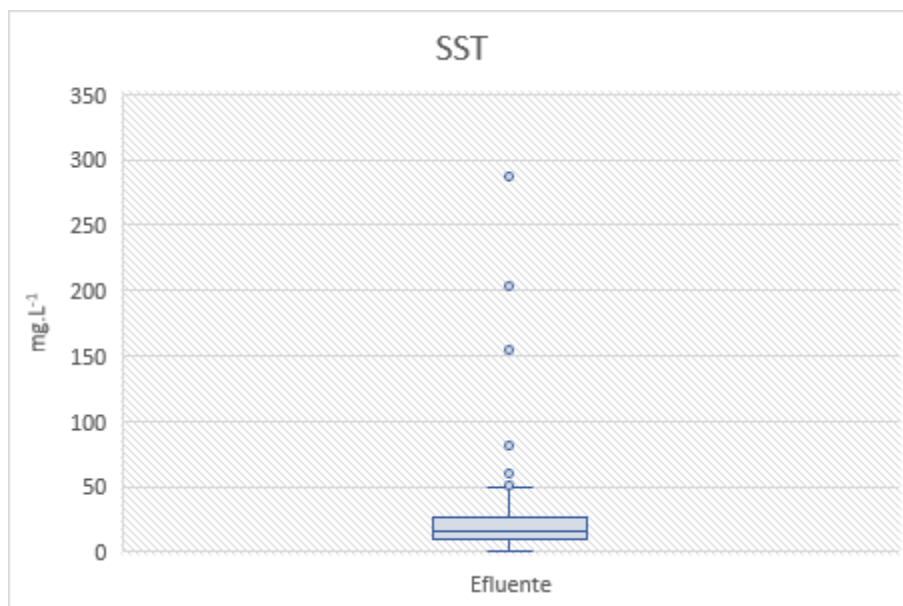
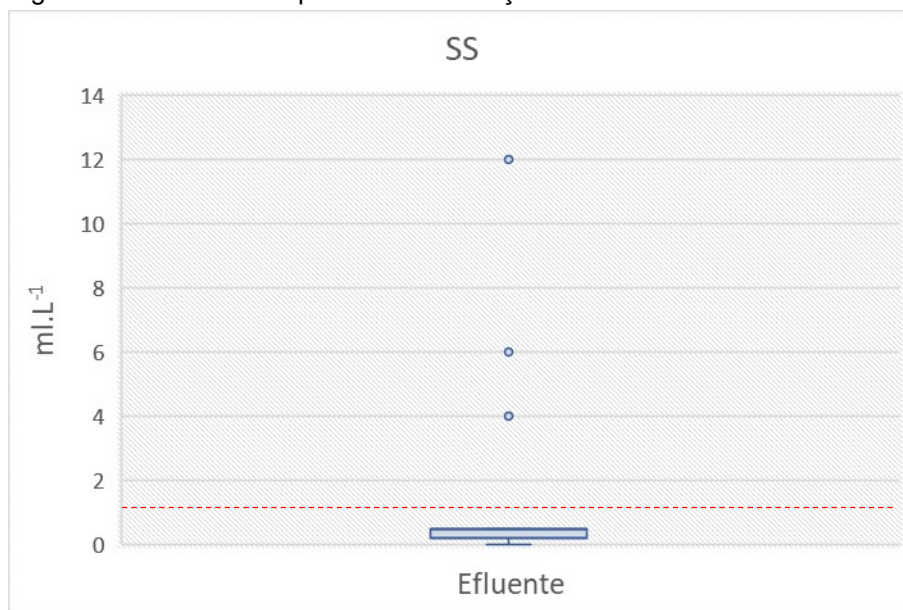
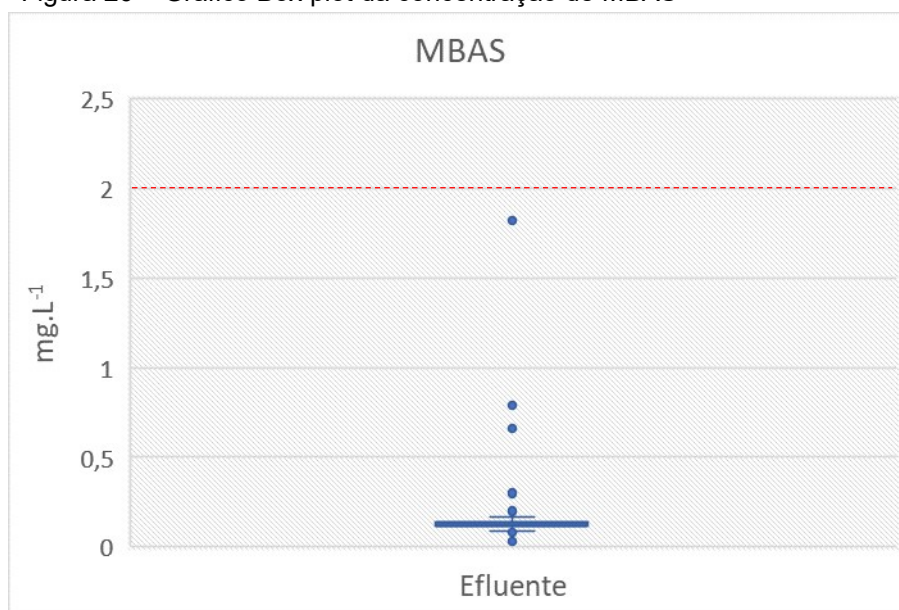


Figura 25 – Gráfico Box plot da concentração de SS



Legenda: (---) Valor máximo permitido para lançamento em corpo hídrico conforme NT 202.R10-Inea.

Figura 26 – Gráfico Box plot da concentração de MBAS



Legenda: (---) Valor máximo permitido para lançamento em corpo hídrico conforme NT 202.R10-Inea.

Os resultados apontam que a ETEI possui uma boa performance no processo pois, no período avaliado, os parâmetros apresentaram resultados na maior parte do período dentro das normas preconizadas pelo INEA, sendo a NT 202.R10 que retrata os critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos e a DZ 205.R6 na qual abrange a diretriz de controle de carga orgânica de efluentes líquidos. Ao avaliar o box plot de cada parâmetro, pôde-se observar claramente uma indicação de valores extremos ou atípicos (*outlier*). As ilustrações destes valores estão indicadas na Tabela 21, retratando o percentual dos parâmetros acima do valor máximo permitido para lançamento no corpo receptor, conforme determina o INEA.

Tabela 21 – Percentual dos resultados analíticos fora dos padrões conforme a norma DZ 205.R6 e NT202.R10

| Estadística | O&G (mgL ⁻¹) | MBAS (mgL ⁻¹) | SST (mgL ⁻¹) | DBO (mL ⁻¹) | DQO (mgL ⁻¹) |
|------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Pontos | Efluente | Efluente | Efluente | Efluente | Efluente |
| Número de dados | 60 | 63 | 120 | 86 | 120 |
| Acima do VMP | 2 | 0 | 3 | 3 | 6 |
| Representatividade (%) | 3,34 | 0 | 2,5 | 3,5 | 5 |

Fonte: Extraído da RAE da indústria farmacêutica no período entre julho de 2014 até outubro de 2016.

Vale ressaltar que, pelo histórico dos resultados obtidos, foi observada provável “fuga” de flocos para o efluente final tratado. A análise de SST e SS retrata que provavelmente existe uma falha de operação no que se refere principalmente ao controle de sólidos. O índice de lodo deveria ter sido monitorado, a idade de lodo não era calculada e a retirada de sólidos era realizada somente através do ensaio de sólidos decantáveis. Isso é uma fragilidade operacional pois, o sistema de lodos ativados, apesar de ser mais eficiente, requer maior controle operacional e principalmente laboratorial (Jordão & Pessoa, 2017). Efluentes tratados dentro das normas preconizadas pelo INEA não é indício de que o mesmo esteja susceptível de submissão ao processo de separação por membranas. Quanto melhor a qualidade do efluente, menor será o *fouling* e/ou *biofouling* nas membranas, aumentando a vida útil do equipamento, diminuindo o percentual de rejeito e conseqüentemente elevando a produtividade.

Baseando-se na série histórica das análises foi possível constatar que o efluente em estudo pode ser submetido a ultrafiltração como tratamento terciário,

pois os parâmetros apresentaram-se dentro da faixa de trabalho. Esses dados são sugeridos pelo fabricante *DOW Water*, conforme elucidado no item 1.4.2 (p. 32). É importante enfatizar que são informações indicadas por fabricantes de membranas para que se possa realizar uma ultrafiltração direta, ou seja, sem pré-filtração.

3.2 Etapa 02 - Avaliação do processo de separação por membranas de ultrafiltração

Na realização de cada coleta registrou-se alguns dados de campo. Tais como as condições climáticas, vazão no momento da coleta na ETEI e o aspecto visual, com o objetivo de auxiliar na interpretação dos resultados laboratoriais. A Tabela 22 retrata os respectivos registros de cada amostragem.

Tabela 22 – Registro de coletas do efluente da ETEI da indústria Farmacêutica

| Data | Q ETEI (m ³ h ⁻¹) | Aspecto visual |
|------------|--|-----------------------|
| 10/03/2017 | 7 | Límpido (X) () Turvo |
| 14/03/2017 | 7 | Límpido (X) () Turvo |
| 15/03/2017 | 7 | Límpido (X) () Turvo |
| 22/03/2017 | 7 | Límpido (X) () Turvo |
| 28/03/2017 | 9 | Límpido () (X) Turvo |
| 29/03/2017 | 9 | Límpido () (X) Turvo |
| 04/04/2017 | 5 | Límpido (X) () Turvo |

Fonte: Registro realizado pelo Autor do trabalho em cada dia da coleta.

Nas datas 10/03, 14/03, 15/03, 22/03 e 04/4/2017, com os resultados de análises de sólidos decantáveis no tanque de aeração apresentando valor máximo de 600 mL⁻¹, não foi observado arraste de flocos no decantador final. Tal fato foi comprovado pela análise de turbidez, com os resultados de 33 uT, 37 uT, 88 uT, 85uT e 10 uT, respectivamente. Nos dias 28 e 29/03, o resultado de 980 mL⁻¹ para sólidos decantáveis elevou a turbidez respectivamente para 241 uT e 353 uT. Provavelmente não houve descarte de lodo para desagüe no intuito de manter o equilíbrio do processo, sendo este de extrema importância para manter o efluente

tratado dentro das normas preconizadas pelo INEA e com qualidade para reuso no sistema de ultrafiltração.

Durante o processo operacional da planta de ultrafiltração em escala laboratorial foram coletados alguns dados, tais como vazão de permeado, vazão de concentrado e a pressão de trabalho. Estes dados, ilustrados na Tabela 23, constituíram informação adicional na interpretação dos resultados laboratoriais.

Tabela 23 – Parâmetros de processo referente a operação da planta de ultrafiltração realizados no Laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ

| Coleta | | Processo de Ultrafiltração | | | |
|------------|-------|----------------------------|-------------|-------------|------|
| Data | Hora | Pressão (bar) | Qp (LPH) | Qc (LPH) | % c. |
| 10/03/2017 | 13:00 | 1 | 6,69 | 1,56 | 23 |
| 14/03/2017 | 15:05 | 1 | 5,72 | 1,63 | 28 |
| 15/03/2017 | 12:43 | 1 | 4,69 | 1,35 | 29 |
| 22/03/2017 | 10:00 | 2 | 4,71 | 2,01 | 43 |
| 28/03/2017 | 14:00 | 2,5 | 3,45 | 1,1 | 32 |
| 29/03/2017 | 08:30 | 3 | 6,53 | 5,8 | 89 |
| 04/04/2017 | 10:00 | 1,5 | 7,21 | 1,21 | 17 |

Legenda: (%C) Percentual de concentrado; (Q) Vazão; (LPH) litros por hora; (Qp) Vazão de permeado.

A pressão de operação indicada em uma planta de ultrafiltração, segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), deverá ser de 0,7 a 6,9 bar. Para Habert *et al* (2006), entre 2 a 10 bar. Inicialmente operou-se o sistema com 1 bar sem dificuldade operacional, nas datas 10/03/2017, 14/03/2017, 15/03/2017 e 04/04/2017. Obteve-se uma média aproximada de 24% de rejeito entre estas datas, pois o efluente da ETEI submetido a ultrafiltração apresentou análise de turbidez e STD, respectivamente, com a máxima de 88 uT e 67 mgL⁻¹. Para o parâmetro da DQO analisado, a DZ 205.R6 limita o lançamento no corpo receptor para o máximo de 150 mgL⁻¹, entre estes dias o valor máximo encontrado foi no dia 22/03 com DQO de 55 mgL⁻¹.

Nos dias 28 e 29/03 o sistema de ultrafiltração foi operado com pressão superior a 2 bar, com baixa produção de permeado e elevado rejeito no sistema, na média de 66%. Este elevado percentual de concentrado é consequência da perda de qualidade do efluente que alimenta a planta de ultrafiltração, ou seja, nestes dias a ETEI da indústria farmacêutica operava com o efluente tratado fora dos padrões,

conforme preconiza o INEA. A quantidade e a qualidade de permeado a ser gerado está relacionado diretamente com a eficiência da ETEI. Efluente final tratado em conformidade com a legislação ambiental não é condição prévia de qualidade para que este seja submetido diretamente ao processo terciário visando o reuso. Nos dias 28 e 29/03 os parâmetros de sólidos suspensos totais apresentaram resultados elevados 368 mgL^{-1} e 496 mgL^{-1} , retratando um efluente de baixa qualidade e ratificando a necessidade de elevar a pressão durante a operação do sistema. Para os demais dias de ensaios a turbidez máxima foi de 88 uT. No dia 04/04/2017 operou-se o sistema com a pressão de 1,5 bar, pois a amostra a ser ultrafiltrada apresentava baixa turbidez com 10 uT.

Os resultados analíticos das bateladas de ultrafiltração, referentes aos parâmetros físico-químicos de pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, DQO, cloretos, alcalinidade total, dureza total, sulfato, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais, analisados no Laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ, encontram-se detalhados na Tabela 24.

Tabela 24 - Resultados das análises físico químicas realizadas, referente ao P3 (alimentação), P4 (permeado da ultrafiltração) e P5 (concentrado da ultrafiltração)

| Amostra | | | pH | Temperatura | Condutividade | Turbidez | DQO | Cloreto | Alcalinidade | Dureza | Sulfato | SDT | SST |
|------------|----------|----|------|-------------|--------------------|----------|-------------------|--------------------------------------|--|--|--|-------------------|-----|
| Data | Batelada | ID | | °C | µScm ⁻¹ | uT | mgL ⁻¹ | mgL ⁻¹ Cl ⁻ | mgL ⁻¹ CaCO ₃ | mgL ⁻¹ CaCO ₃ | mgL ⁻¹ SO ₄ ²⁻ | mgL ⁻¹ | |
| 10/03/2017 | 1 | P3 | 6,66 | 22,1 | 418 | 33 | 29 | 58 | 82 | 40 | 23 | 239 | 27 |
| | | P4 | 7,19 | 22,4 | 386 | <0,1 | 16 | 52 | 76 | 32 | 23 | 194 | <2 |
| | | P5 | 6,5 | 23,1 | 528 | 45 | 55 | 38 | 76 | 36 | 86 | 362 | 34 |
| 14/03/2017 | 2 | P3 | 6,8 | 23,4 | 431 | 37 | 31 | 57 | 80 | 40 | 18 | 214 | 28 |
| | | P4 | 7,28 | 23,5 | 421 | <0,1 | 12 | 56 | 80 | 40 | 15 | 217 | <2 |
| | | P5 | 7,23 | 24,1 | 461 | 44 | 38 | 60 | 82 | 128 | 29 | 233 | 31 |
| 15/03/2017 | 3 | P3 | 6,91 | 23,2 | 380 | 88 | 45 | 48 | 66 | 44 | 25 | 213 | 30 |
| | | P4 | 7,41 | 23,2 | 371 | <0,1 | 21 | 49 | 66 | 80 | 20 | 171 | <2 |
| | | P5 | 6,97 | 22,8 | 384 | 35 | 43 | 49 | 64 | 252 | 25 | 238 | 26 |
| 22/03/2017 | 4 | P3 | 6,94 | 22,8 | 359 | 85 | 55 | 48 | 62 | 40 | 23 | 214 | 67 |
| | | P4 | 7,48 | 22,8 | 361 | <0,1 | 23 | 47 | 60 | 36 | 20 | 191 | <2 |
| | | P5 | 7,08 | 23,2 | 343 | 63 | 54 | 48 | 64 | 40 | 26 | 234 | 38 |
| 28/03/2017 | 5 | P3 | 6,1 | 22 | 376 | 241 | 180 | 49 | 60,2 | 48 | 12 | 376 | 368 |
| | | P4 | 6,73 | 22,4 | 326 | <0,1 | 35 | 43 | 52 | 36 | 10 | 182 | <2 |
| | | P5 | 6,27 | 22,9 | 329 | 267 | 30 | 46 | 49,8 | 36 | 17 | 312 | 360 |
| 29/03/2017 | 6 | P3 | 6,37 | 23 | 396 | 353 | 210 | 45 | 54 | 40 | 15 | 306 | 496 |
| | | P4 | 6,99 | 23 | 390 | <0,1 | 15 | 51 | 55 | 36 | 16 | 221 | 4 |
| | | P5 | 6,55 | 23 | 402 | 411 | 40 | 58 | 57 | 40 | 19 | 386 | 534 |
| 04/04/2017 | 7 | P3 | 6,64 | 24 | 329 | 10 | 11 | 48 | 35 | 36 | 14 | 221 | 8 |
| | | P4 | 7,06 | 23,8 | 303 | 0,2 | 10 | 47 | 34 | 32 | 13 | 191 | 4 |
| | | P5 | 6,65 | 24 | 335 | 1 | 13 | 48 | 34 | 36 | 14 | 202 | 6 |

Fonte: Análises dos parâmetros monitorados pelo Autor, sendo estas realizadas pelo LES.

Ressalta-se que mesmo as amostragens tendo ocorrido em dias diferentes e com características afluentes também distintas, pôde-se observar coerência nos resultados de pH, temperatura, condutividade elétrica, cloretos, alcalinidade total, sólidos dissolvidos totais, dureza total e sulfato. Estes não tiveram grandes oscilações e/ou remoções significativas, diferentemente das análises de turbidez, DQO e sólidos suspensos totais. A principal função da ultrafiltração é exatamente atuar na remoção dos sólidos suspensos, onde conseqüentemente tem-se redução significativa de turbidez e DQO. A Figura 11 (p. 29) ilustra claramente que a UF não tem a capacidade de remoção de íons multivalentes e monovalentes. Para estes casos e, conforme a aplicabilidade do efluente a ser reutilizado, recomenda-se a tecnologia de nanofiltração ou osmose inversa. Para a remoção de dureza total (íons Ca^{++} e Mg^{++}), por se tratar de íons bivalentes, pode ser utilizado tecnologia de NF.

De forma a facilitar o entendimento os dados totais dos ensaios de ultrafiltração em bancada foram compilados em estatísticas descritivas de média, mínimo e máximo. Na Tabela 25 encontram-se esses dados para o ponto P3 (alimentação). Na Tabela 26 e Tabela 27, os dados para os pontos P4 e P5, respectivamente. Importante destacar que na Tabela 25 foram ressaltados valores bastante elevados de turbidez, DQO e SST para a alimentação do sistema, nos valores de 353 NTU, 210 mgL^{-1} e 496 mg L^{-1} .

Tabela 25 – Análise dos dados do P3, valores mínimos, médios e máximos

| Amostra | | pH | Temperatura | Condutividade | Turbidez | DQO | Cloreto | Alcalinidade | Dureza | Sulfato | SDT | SST |
|---------------|----|------|-------------|----------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------|-----|
| Valores | ID | | °C | μScm^{-1} | uT | mgL^{-1} | mgL^{-1} | mgL^{-1} CaCO_3 | mgL^{-1} CaCO_3 | mgL^{-1} SO_4^{2-} | mgL^{-1} | |
| Médio | P3 | 6,63 | 22,9 | 384 | 121 | 80 | 50 | 63 | 41 | 19 | 255 | 146 |
| Mínimo | P3 | 6,10 | 22,0 | 329 | 10 | 11 | 45 | 35 | 36 | 12 | 213 | 8 |
| Máximo | P3 | 6,94 | 24,0 | 431 | 353 | 210 | 58 | 82 | 48 | 25 | 376 | 496 |

Tabela 26 – Análise dos dados do P4, valores mínimos, médios e máximos

| Amostra | | pH | Temperatura | Condutividade | Turbidez | DQO | Cloreto | Alcalinidade | Dureza | Sulfato | SDT | SST |
|---------------|----|------|-------------|----------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------|-----|
| Valores | ID | | °C | μScm^{-1} | uT | mgL^{-1} | mgL^{-1} | mgL^{-1} CaCO_3 | mgL^{-1} CaCO_3 | mgL^{-1} SO_4^{2-} | mgL^{-1} | |
| Médio | P4 | 7,16 | 23,0 | 365 | < 0,1 | 19 | 49 | 60 | 42 | 17 | 195 | 3 |
| Mínimo | P4 | 6,73 | 22,4 | 303 | < 0,1 | 10 | 43 | 34 | 32 | 10 | 171 | <2 |
| Máximo | P4 | 7,48 | 23,8 | 421 | 0,2 | 35 | 56 | 80 | 80 | 23 | 221 | 4 |

Tabela 27 – Análise dos dados do P5, valores mínimos, médios e máximos

| Amostra | | pH | Temperatura | Condutividade | Turbidez | DQO | Cloreto | Alcalinidade | Dureza | Sulfato | SDT | SST |
|---------------|----|------|-------------|----------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------|-----|
| Valores | ID | | °C | μScm^{-1} | uT | mgL^{-1} | mgL^{-1} | mgL^{-1} CaCO_3 | mgL^{-1} CaCO_3 | mgL^{-1} SO_4^{2-} | mgL^{-1} | |
| Médio | P5 | 6,78 | 23,4 | 397 | 76 | 39 | 48 | 62 | 88 | 33 | 264 | 82 |
| Mínimo | P5 | 6,27 | 22,8 | 329 | 1 | 13 | 38 | 34 | 36 | 14 | 202 | 6 |
| Máximo | P5 | 7,23 | 24,1 | 528 | 411 | 55 | 60 | 82 | 252 | 86 | 386 | 534 |

Na Figura 27, somente a título de ilustração, pode-se observar as amostras de permeado, alimentação e concentrado (da esquerda para a direita) do ensaio realizado no dia 28/03/2017. Neste dia a ETEI estava com fuga de flocos no decantador final e resultados de turbidez, DQO e SST, respectivamente, 241 uT, 180 mgL⁻¹ e 368 mgL⁻¹. Importante ressaltar que efluente apresentando resultados elevados como estes compromete a performance do processo de ultrafiltração, podendo acarretar o *fouling* nas membranas, diminuindo a produção de permeado e rejeitos elevados, nesta data com 32%. Os resultados apontaram que, ao submeter esta qualidade de efluente ao processo de ultrafiltração, é necessário elevar a pressão produzindo elevada quantidade de rejeito e baixo permeado. Aumentando a pressão para este caso, com objetivo de produzir água para reuso, além de não obter volume de permeado desejado, aumenta o consumo de energia elétrica, tendo em vista o trabalho da bomba de alta pressão com maior amperagem.

Figura 27 – Amostra antes e depois do processo de ultrafiltração



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

Segundo (Jordão & Pessoa, 2017), faixas típicas para os resultados de turbidez e SST, após submissão do efluente doméstico tratado por lodos ativados e, em sequência, a ultrafiltração. Na Tabela 28 estão expressos os resultados encontrados em escala laboratorial para indústria farmacêutica em estudo.

Tabela 28 – Efluente Tratado após MF/UF

| Parâmetro | Faixa típicas de Valores | Valor mínimo (P4) | Valor máximo (P4) | Valor médio (P4) |
|--------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| SST (mgL ⁻¹) | Não detectável | < 2 | 4 | 3 |
| Turbidez | < 0,1 uT | < 0,1 uT | 0,2 uT | 0,2 uT |

Fonte: Jordão & Pessoa, 2017

Referente ao resultado de sólidos suspensos totais, o mínimo encontrado para o efluente ultrafiltrado em escala laboratorial foi de 2 mgL⁻¹. Os valores médios e máximos, respectivamente, com 3 e 4 mgL⁻¹. Nos resultados de turbidez expressos na Tabela 28, o valor máximo está apenas 0,1 uT acima do valor típico. Observou-se no caso do efluente industrial, sendo este composto por aproximadamente 30% esgoto sanitário e 70% efluente industrial, que após o decantador final e submissão, a ultrafiltração é tecnicamente eficiente para remoção dos sólidos suspensos totais e turbidez.

A planta de ultrafiltração em escala laboratorial reduziu consideravelmente o parâmetro de turbidez, obtendo-se o resultado do permeado (P4) com o valor máximo de 0,2 uT. Segundo os parâmetros indicados pela USEPA (2012), este valor atende a possibilidade de reuso em lavagem de pisos, irrigação de jardins e vaso sanitário, pois a mesma estabelece turbidez ≤ 2 uT. Em relação ao parâmetro “coliformes termotolerantes” não foi possível realizar alguma inferência, visto que nesta pesquisa este parâmetro não foi analisado. Com um efluente de elevada qualidade em relação à turbidez, é provável que a densidade de coliformes termotolerantes possa estar enquadrada para usos pretendidos. Vale ressaltar que o efluente ultrafiltrado deverá ser clorado, com teor mínimo de 1 mgL⁻¹, conforme todas as normas e/ou padrões referenciados, tais como NBR 13969 (ABNT, 1997), USEPA, (2012) e PROSAB, 2006.

Para a avaliação da possível aplicação do efluente ultrafiltrado na caldeira, tem-se como condicionante a qualidade da água de alimentação, sendo esta pré-determinada pelo fabricante do equipamento, ASME (1994) e CROOK (1996). A Tabela 20 (p. 67) apresenta as concentrações requeridas para uso em caldeira e as concentrações médias encontradas no permeado dos ensaios de ultrafiltração em bancada. Ressalta-se, porém, que não foi possível realizar todos os parâmetros requeridos. Ainda, a título de ilustração, observa-se a caldeira da indústria

farmacêutica na Figura 28, apresentando $10,5 \text{ Kgfc} \cdot \text{cm}^{-2}$ de pressão, enquadrando-se como caldeira de média pressão.

Figura 28 – Imagem da caldeira média pressão da indústria farmacêutica



Fonte: Registro fotográfico realizado pelo autor, 2017.

De acordo com resultados obtidos no permeado (P4), somente com o processo de ultrafiltração o permeado não poderá ser utilizado na caldeira, pois não atendeu aos parâmetros da Tabela 29.

Tabela 29 – Especificação técnica de qualidade da água para alimentação de caldeira de média pressão (continua)

| Parâmetros* | Caldeira de Média Pressão (10 a 50 bar) | Pressão (0 a 21,1 Kgfc \cdot cm $^{-2}$) | Média dos resultados (P4) |
|---|---|---|---------------------------|
| Cloretos (mgL $^{-1}$) | + | NR | 49 |
| Sólidos Dissolvidos Totais (mgL $^{-1}$) | 500 | NR | 195 |
| Dureza (mgL $^{-1}$) | 1,0 | $\leq 0,3$ | 49 |

Tabela 29 – Especificação técnica de qualidade da água para alimentação de caldeira de média pressão (conclusão)

| | | | |
|--|------------|----------|------|
| Alcalinidade (mgL ⁻¹) | 100 | NR | 60 |
| pH | 8,2 a 10,0 | 8,3 – 10 | 7,16 |
| DQO (mgL ⁻¹) | 5,0 | NR | 19 |
| Sólidos Suspensos Totais (mgL ⁻¹) | 5 | NR | 3 |
| Sulfatos (mgL ⁻¹) | + | NR | 17 |

Legenda: * Limites recomendados em mg/L, exceto pH; + Aceito como recebido caso sejam atendidos outros valores limites

Fonte: Adaptado de ASME, 1994 & CROOK, 1996.

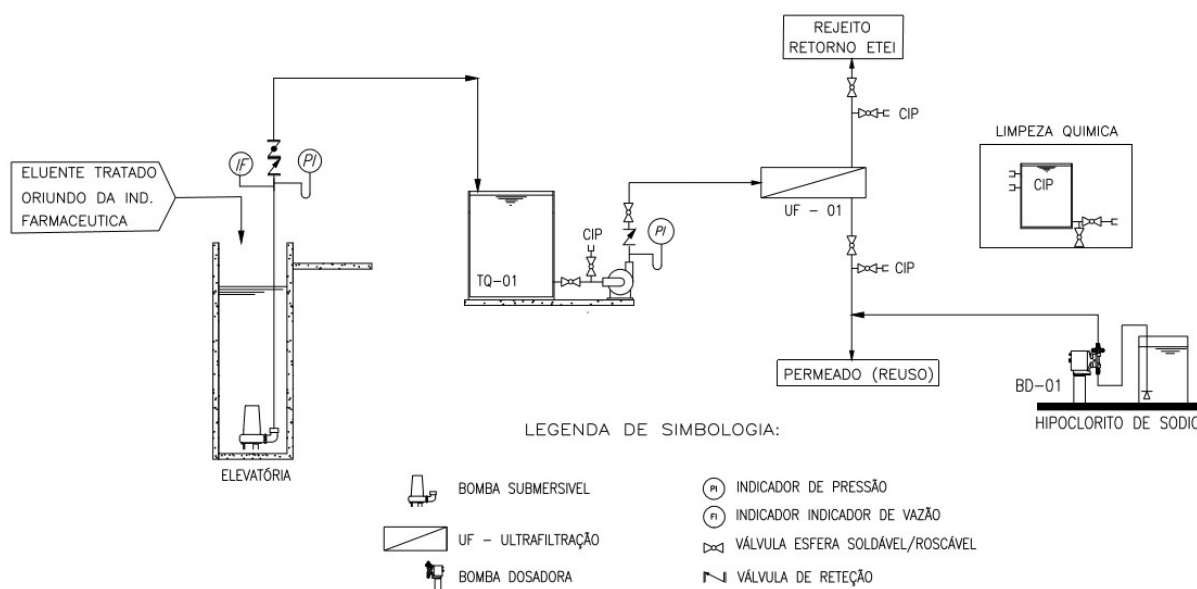
Para o reuso do efluente na caldeira, após o processo de ultrafiltração, deverá contemplar um sistema de abrandamento ou outro processo de separação de membranas complementar, sendo estas a nanofiltração ou osmose inversa, com objetivo de remoção dos íons cálcio e magnésio. Testes para comprovar devem ser realizados. Referente ao pH abaixo do especificado, basta alcalinizar o meio até o pH mínimo de 8,3. Atenção deve ser despendida nessa etapa em relação à possibilidade de aumento da dureza novamente com o processo de alcalinização. Certamente não é viável utilizar barrilha leve e/ou cal, pois estes produtos poderão adicionar íons cálcio.

Critérios especiais devem ser avaliados, pois, ao complementar o tratamento, seja por abrandamento, nanofiltração ou osmose inversa, obtém-se outro rejeito que deverá ser avaliado se o mesmo poderá ser descartado como efluente final e/ou retornar para o início da ETEI. O rejeito rico em sais, pode acarretar um ciclo de concentração destes, comprometer o sistema de lodos ativados e, conseqüentemente, a qualidade do permeado. Testes em escala laboratorial deverá ser realizado para que se possa obter dados quantitativos e qualitativos do rejeito com objetivo de calcular um balanço de massa.

Assim, tratando da planta somente com a unidade de ultrafiltração, é apresentado na Figura 29 o fluxo de tratamento proposto em escala industrial, visando gerar água de reuso para irrigação, lavagem de pisos e uso em descarga de sanitários. Vale ressaltar que para este “scale up” não foi considerado o volume de 220 m³ necessários para reuso na caldeira, tendo em vista que o sistema de ultrafiltração não remove os íons bivalentes (Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺) e/ou monovalentes (Cl⁻), enquadrando este efluente para tal uso.

O processo envolve desde a captação do efluente tratado e posterior tratamento terciário com membranas de ultrafiltração.

Figura 29 – Processo de tratamento proposto com base nos resultados laboratoriais



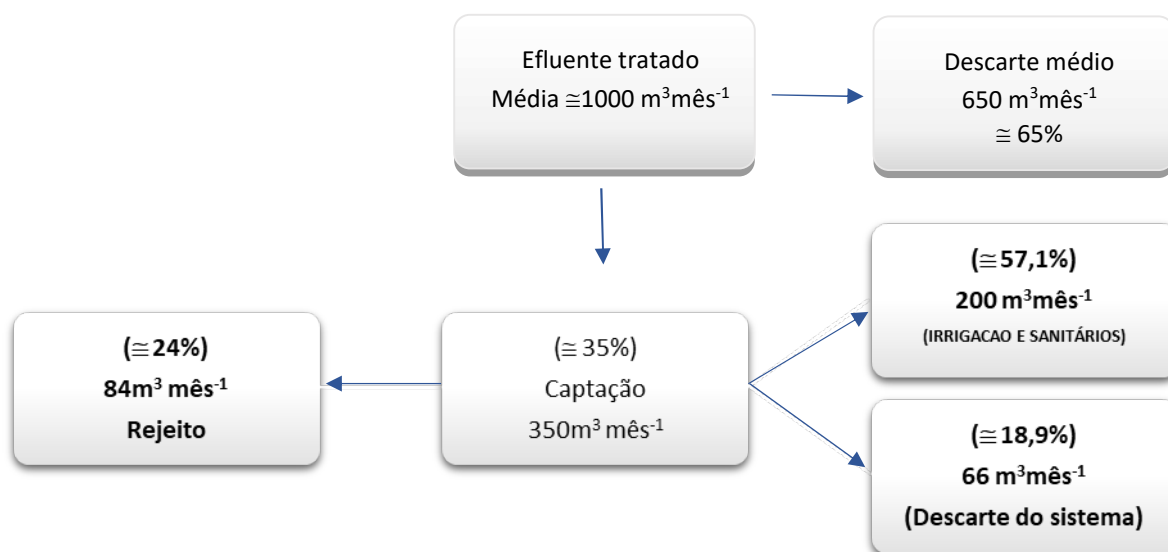
Fonte: Fluxograma de processo elaborado pelo Autor

O processo consiste na captação de $16 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$ do efluente tratado, sendo este direcionado para uma elevatória composta por uma bomba submersa de 2 CV. O efluente será recalado para um tanque pulmão de polietileno, reforçado com fibra de vidro (PRFV) e capacidade de 5 m^3 . Ao atingir o nível preestabelecido, aciona-se um automático de nível que acionará uma bomba de alta pressão com 2 bancos de membranas de ultrafiltração, produzindo duas correntes. Uma corrente é do efluente ultrafiltrado, ou seja, permeado clorado em linha e na produção de rejeito. Considerando aproximadamente 24% de rejeito no ensaio em laboratorial, equivalente a aproximadamente $3,82 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$, retorna para elevatória da ETEI. Limpeza química é necessária quando a performance do sistema de ultrafiltração começa a perder produtividade. Este efluente também retorna para elevatória. O permeado deverá ser condicionado em tanque, clorado e disposto para irrigação, vaso sanitários e lavagem de pisos.

Para que não crie um ciclo de concentração, a capacidade do sistema de ultrafiltração contemplada é para atender toda demanda de reuso e purgar $3 \text{ m}^3\text{d}^{-1}$,

evitando que o efluente tratado esteja fora dos padrões conforme preconiza o INEA e/ou que ocorra um desequilíbrio no sistema biológico. A Figura 30 ilustra a distribuição quantitativa dos efluentes captado, ultrafiltrado e purga do sistema.

Figura 30 – Distribuição quantitativa



Baseando-se nos resultados de dureza cálcio, pH, temperatura e alcalinidade total, é possível determinar se a água é corrosiva ou incrustante na Tabela 30.

Tabela 30 – Resultado do índice de Langelier e Ryznar (continua)

| | | |
|--|--------------------------|---------------------|
| Temperatura | 29 °C | 84,2 °F |
| Alcalinidade Total | 42 ppm CaCO ₃ | |
| Dureza de cálcio | 36 ppm CaCO ₃ | |
| Sólidos Totais Dissolvidos | 195 Ppm | |
| Ph | 7,16 | |
| | A = | 0,125226855 |
| | B = | 1,91132796 |
| | C = | 1,158654984 |
| | D = | 1,623529473 |
| Índice de Langelier | IL = | -1,394370358 |
| Tendência | CORROSIVA | |
| Obs.: Se IL > 0 :: Tendência incrustante | | |
| Se IL < 0 :: Tendência corrosiva | | |
| Índice de Ryznar | IRZ = | 9,948740715 |

Tabela 30 – Resultado do índice de Langelier e Ryznar (conclusão)

| IRZ | TENDÊNCIA |
|------------|-------------------------------|
| 4 - 5 | Fortemente incrustante |
| 5 - 6 | Incrustante |
| 6 - 7 | Pouca incrustação ou corrosão |
| 7 - 7,5 | Corrosiva |
| 7,5 - 9 | Fortemente corrosiva |
| > 9 | Corrosão intolerável |

O permeado tem tendência corrosiva para o índice de Langelier e corrosão intolerável para o índice de Ryznar. Para corrigir esta tendência deve-se abrandar a dureza e ajustar o pH, respeitando a condição de equilíbrio carbonato/bicarbonato; ou seja, para que não haja nem tendência incrustante nem corrosiva do meio, sendo que esta ocorre sob um determinado valor de pH, que é denominado pH de saturação.

3.3 Etapa 03 - Avaliação da viabilidade econômica de implantação

Após a instalação de um sistema de reuso, sendo este devidamente projetado, o mesmo poderá trazer grandes economias para empresa. Considerando as limitações em reutilizar o efluente por se tratar de uma indústria farmacêutica, se tem a possibilidade de irrigação, vasos sanitários, lavagem de pisos e caldeira. Nesta avaliação de custos não levou em consideração o reuso na caldeira, tendo em vista que somente o processo de ultrafiltração não enquadrado nas características físico-químicas pré-determinadas por CROOK (1996) e ASME (1994). Vale ressaltar que reusar tal efluente na caldeira é possível, após implantação de tecnologias complementares subsequente a UF.

Referente aos orçamentos do sistema, a empresa Proastec determinou o valor de R\$ 134.979,60 (Cento e trinta e quatro mil novecentos e sessenta e nove reais e sessenta centavos), a empresa Auton Ambiental, a importância de R\$ 138.988,00 (Cento e trinta e oito mil e novecentos e oitenta e oito reais) e a empresa Filtros Guarany a quantia de R\$ 137.490,00 (Cento e trinta sete mil e quatrocentos e noventa reais). Para fins de cálculo do *Payback* simples considerou-se o

investimento inicial da empresa Proastec. Todos os custos envolvidos no processo, tais como, instalação, carga tributária, encargos sociais, comissionamento, *start up* e treinamento operacional.

3.4 Estimativa de custos

A estimativa de custo nível classe 4 se enquadra na realidade da pesquisa (reuso industrial), onde existem dados mínimos para determinação da viabilidade do projeto. Estes dados são compostos pela vazão de processo, operações unitárias envolvidas, listas preliminares dos equipamentos, regime de operação e custo operacional.

Para o cálculo de *Paybak* deve-se conhecer os custos operacionais, ou seja, insumos, operação, engenharia, energia elétrica, manutenção e os encargos sociais. A Tabela 31 retrata a estimativa de custo operacional mensal e anual.

Tabela 31 – Estimativa de custo operacional referente ao sistema de reuso

| Item | Quantidade | Custo Unitário (R\$/unidades) | Total (R\$) |
|-------------------------|------------|-------------------------------|----------------------|
| Manutenção/Operação | 12 | R\$ 3.400,00 | R\$ 40.800,00 |
| Equipamentos/Manutenção | 1% | R\$ 541,50 | R\$ 6.497,96 |
| Elemento Filtrante | 12 | R\$ 250,00 | R\$ 3.000,00 |
| Energia | 12 | R\$ 872,96 | R\$ 10.475,52 |
| Produtos Químicos | 12 | R\$ 210,00 | R\$ 2.520,00 |
| TOTAL ANUAL | | | R\$ 63.293,48 |

Fonte: Pesquisa de mercado na área de operação e manutenção, 2017

Com base no custo de implantação e operação obtém-se o *Payback*, sendo o investimento inicial no valor de R\$ 134.979,60 (Cento e trinta e quatro mil novecentos e setenta e nove reais e sessenta centavos), custo operacional anual R\$ 63.293,48 (Sessenta e três mil duzentos e noventa e três reais e quarenta e oito centavos) e economia anual de R\$ 126.120,00 (Cento e vinte seis mil e cento e vinte reais).

Para o cálculo do *payback* simples, utiliza-se a equação 1 do item 1.6.1.

$$PBS = \frac{R\$ 134.979,60}{R\$ 5.235,54} = 26 \text{ meses, ou seja, estimativa de 2,2 anos}$$

Importante frisar que o cálculo de *paypack* não deve ser utilizado isoladamente para tomada de decisões de investimentos.

Vale ressaltar que o sistema de reuso somente atenderia irrigação, sanitários e lavagem de pisos. Porém ao utilizar 200 m³ mês⁻¹ para atender somente esta demanda, obtém-se uma economia bruta mensal de R\$ 10.510,00 (Dez mil quinhentos e dez reais) e anual de R\$ 126.120,00 (Cento e vinte seis mil e cento e vinte reais). Além do retorno financeiro, a indústria disponibilizará na rede da CEDAE 2.400.000 Lano⁻¹ para uso mais nobre.

4 CONCLUSÕES

O trabalho apresentado foi baseado na hipótese da viabilidade técnica e econômica do reuso de efluentes provenientes de uma indústria farmacêutica. Para isto foi avaliada a utilização de membranas de ultrafiltração como tratamento terciário em bancada de laboratório, com avaliação de sua performance para reuso nos serviços de lavagem de pisos, irrigação, vasos sanitários e na caldeira.

Baseado em toda revisão bibliográfica deste trabalho, nos resultados experimentais obtidos, e nas discussões sobre os mesmos, foi possível concluir que tecnicamente é possível reutilizar o efluente tratado da ETEI após submetê-lo ao processo de ultrafiltração. A possível geração de $200 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$ de efluente ultrafiltrado em escala industrial pode ser utilizado na própria indústria para lavagem de pisos, irrigação e vasos sanitários, pois a planta de ultrafiltração em escala laboratorial reduziu consideravelmente o parâmetro de turbidez, obtendo-se o resultado de permeado com o valor máximo de $0,2 \text{ uT}$. Este valor atende a todas as classes de reuso (1 a 4) segundo os parâmetros indicados pela NBR 13969 (ABNT, 1997), USEPA (2012), PROSAB (2006) para usos restritos, sendo os valores respectivos $< 5 \text{ uT}$ e $\leq 2 \text{ uT}$, além de ser necessária a desinfecção com valor mínimo de 1 mg L^{-1} de cloro residual. O efluente não está apto para ser reutilizado na caldeira, pois apresentou pH e dureza total fora da faixa, segundo CROOK (1996) e ASME (1994). É possível, porém, após o sistema de ultrafiltração, adicionar um sistema de abrandamento, nanofiltração ou osmose inversa, capaz de gerar um aditivo de $220 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ e, ao final deste, ajustar o pH para no mínimo 8,3. Para confirmar esta possibilidade deve-se realizar minimamente teste em escala laboratorial.

Os índices de Langelier e Ryznar ratifica a impossibilidade de reusar o efluente na caldeira, no entanto é possível corrigir estes índices reduzindo a dureza total e ajustando o pH do meio.

A ETEI da indústria farmacêutica de maneira geral atende aos padrões de conformidade com as normas preconizadas pelo INEA (DZ 205.R6 - Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial e NT 202. R10 - Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos industriais). Entretanto

ressalta-se que, ao longo do período compreendido entre julho de 2014 a outubro 2016, poucos resultados encontraram-se fora dos padrões, tais como O&G, SS, DQO e DBO₅, sendo representados, respectivamente, pelos percentuais 3,34%, 2,5%, 3,5% e 5%.

Tratando-se dos aspectos econômicos, estimou-se o valor de R\$ 134.979,60 (Cento e trinta e quatro mil novecentos e setenta e nove reais e sessenta centavos) como investimento global, custo de operação de R\$ 5.274,46 (Cinco mil duzentos e setenta e quatro reais e quarenta e seis centavos) e *payback* estimado após 26 meses de operação. Os 200 m³mês⁻¹ que serão utilizados para os serviços de irrigação, descarga em sanitários e lavagem de pisos, equivalem a uma economia bruta anual de R\$ 126.120,00 (Cento e vinte seis mil e cento e vinte reais). No que refere às estimativas de custos, mesmo ao considerar a estimativas CLASSE IV, o projeto é atrativo sendo economicamente viável devido ao elevado custo por metro cúbico de água fornecida pela CEDAE, no valor de R\$ 52,55 m⁻³. É importante frisar que não foi considerado o custo com instalação do sistema de irrigação e as respectivas linhas exclusivas para condicionamento e transporte do efluente a ser reutilizado na lavagem de pisos e irrigação.

A tecnologia de tratamento terciário utilizando membranas de ultrafiltração é aplicável tecnicamente para este caso, no que se refere à remoção de sólidos em suspensão. O processo de ultrafiltração manteve a eficiência na remoção da turbidez, mesmo mediante a alimentação com turbidez apresentando 353 uT, reduzindo esta para 0,1 uT, com eficiência de 99,9%. Referente ao parâmetro SST, houve uma redução de 143 mgL⁻¹ para 3 mgL⁻¹, e eficiência de 97,9%. De acordo com Jordão & Pessoa (2017), valores referentes ao efluente ultrafiltrado de esgoto doméstico tem valores de turbidez < 0,1 uT, logo, os resultados médios encontrados para o efluente da indústria farmacêutica encontram-se na média da faixa típica < 0,1 uT.

Conforme os dados da Tabela 15 (p. 56) deve-se operar o sistema biológico de tratamento de forma a obter efluente tratado com menor turbidez (uT) e concentração de SST, para reduzir o percentual de rejeito, reduzir a pressão de trabalho do processo e aumentar o desempenho interno do sistema de ultrafiltração.

O rejeito será retornado para elevatória da ETEI, sendo este dado obtido em laboratório nos testes de ultrafiltração, no qual equivale a aproximadamente a 24%, ou seja, $84 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$ na escala industrial.

Parte do efluente descartado também deverá passar pela membrana de UF, ou seja, ter a mesma qualidade de permeado que a do reuso. No caso de projeto de reuso este custo adicional deve ser considerado. No objeto de pesquisa avaliado, a purga será de $66 \text{ m}^3\text{mês}^{-1}$, podendo esta ser inferior de acordo com o comportamento do sistema.

5 RECOMENDAÇÕES

- Realização de testes em escala laboratorial com as membranas de nanofiltração e/ou osmose inversa para remoção dos íons, principalmente os bivalentes. Confirmar a possibilidade de reuso do efluente em caldeira da indústria farmacêutica.
- Realização de análise de investimentos contemplando a nanofiltração e/ou osmose inversa.
- Realização de análise microbiológica com o objetivo de confirmar a remoção de microrganismos patogênicos.
- Analisar outros parâmetros, tais como os íons cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}), sílica, nitrogênio amoniacal e fosfato.

REFERÊNCIAS

- AACE International. *Sistema de classificação para estimativa de custos – conforme aplicado à engenharia, contratação e construção para processos industriais - Estrutura de TCM: 7.3 – Estimativa de Custos e Orçamentação*. 2016. Disponível em: <http://brasil-aacei.org/wp-content/uploads/2016/09/18R-97_Sistema-de-Classificacao-para-Estimativa-de-Custos-Conforme-Aplicado-a-Engenharia-Contratacao-e-Construcao-para-processos-Industriais.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- Agência Nacional de Águas (ANA); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp); União da Indústria da Cana-de-açúcar (UNICA); Centro de Tecnologia Canaveira (CTC). *Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética*. Brasília, 2009.
- ALMEIDA E.; ASSALIN M.R & ROSA M.A. *Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio*. Núcleo de Ciências Ambientais. Química Nova. São Paulo, Mogi das Cruzes: v. 27, 818-824, 2004.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Farmacopeia Brasileira*. Brasília, DF, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: *Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, 1997.
- BALARINE, O. F. *Tópicos de Matemática Financeira e Engenharia Econômica*. Porto Alegre: EDIPUCRS: Revista e Ampliada, 2004.
- BOTANA, F. *Manual do gestor da indústria gráfica*. São Paulo: SESI-SP, 2012. 168 p.
- D. D`Dal.A.Telles & COSTA R.H.P.G. *Reúso da água. conceitos, teorias e prática*. São Paulo: Blucher, 2010.
- D.L. D. & SALES A.W.C. *Aspectos Ambientais, Sociais e Jurídicos do Reuso da Água*. RGSA – Revista de Gestão Social e Ambiental. 2009. Disponível em: <www.gestaosocioambiental.net>.
- DAMODARAN. *Finanças Corporativas Aplicadas – Manual do Usuário*. Tradução de: J. Ritter. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- DOW WATER PROCESS SOLUTIONS. *Manual do produto - Módulo Dow – Ultrafiltração*. 2009.
- GIORDANO, G.; SURERUS, V. *Efluentes Industriais: estudo e tratabilidade*. Rio de Janeiro: Publit, 2015. 196 p.
- INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. *DZ-205.R-6 – Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos*. Rio de Janeiro, 2007.
- INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. *DZ-942.R-7 – Diretriz do programa de autocontrole de efluentes*. Rio de Janeiro, 1991.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 8ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 2017.

LAPPONI, J. C. *Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em Excel*. Laponni Treinamento e Editora, 2000.

LOBO PAULA, L. *Análise Comparativa dos processos de filtração em membranas e clarificação físico-química para reúso de água na indústria*. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004

LOPES, S.S. *Conservação e reúso de água em indústria de cosméticos - Estudo de caso da Natura Cosméticos*. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica. Departamento de engenharia hidráulica e sanitária II, 2009.

MANCUSO, P.; SANTOS, H. *A escassez e o reúso de água em âmbito mundial*. 579. São Paulo: Manole, 2003. 579p.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA. Biblioteca do sistema FIRJAN. Rio de Janeiro, 2007.

METCALF & EDDY, INC. *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. Escrita por Asano, T.; Burton, F. L.; Levenrez, H. L.; Tsuchihashi, R.; Tchobanoglous, G. Boston: McGraw-Hill, 2007.

MIERZWA, J.C. *O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de água e efluentes na indústria - Estudo de caso da Kodak Brasileira*. Tese (Doutorado). Departamento de engenharia hidráulica e sanitária. São Paulo, 2002.

MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. *Água na Indústria - uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

para lançamento de efluentes líquidos. Rio de Janeiro, 1991.

PIERONI, M.F. *Avaliação da Viabilidade de Implantação de Unidades de Reuso em Estações de Tratamento de Esgoto: Estudo de Caso para a Zona Oeste do Rio de Janeiro*. 2016. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2015.

Pot%C3%A1vel.pdf >. Acesso em: 23 jul. 2017.

REVISTA QUÍMICA INDUSTRIAL. *A crise hídrica e a disponibilidade de água*. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/rqi/2014/746/RQI-746-pagina4-Capa-A-crise-hidrica-e-a-disponibilidade-de-agua-para-as-necessidades-humanas.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2015

RODRIGUES, R. D. *As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: Proposta de regulamentação do reúso no Brasil*. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Rodolph A.; JAFFE, Jeffrey; LAMB, Roberto. *Administração Financeira*. 10ª Edição. AMGH: 2015. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf> . Acesso em: 19 out 2017.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. *Membranas filtrantes para o tratamento de reúso*. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

SILVA, F. A. *Tratamento terciário de efluente de uma indústria de refrigerantes visando ao reúso: estudo de caso*. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós graduação em química, Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA, F.H.S. *Reúso industrial direto e planejado das águas residuárias como instrumento de gestão social, econômica e ambiental*. 2012. Dissertação (Mestrado), Minas Gerais, 2012.

SOUZA, M. C. *Métodos de avaliação de risco em projetos*. 2004.

SPERLING, M.V.(2005). *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. Departamento de engenharia sanitária e ambiental, Belo Horizonte, 2005.

SPERLING, M.V.Sperling. *Lodos Ativados*. Departamento de engenharia sanitária e ambiental, Minas Gerais, 1997.

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 2012.

Tratamento de águas potáveis – Aqua Ambiente. 2004. Disponível em: <disponível em <http://mariorebola.com/home/wp-content/uploads/2011/09/AquaAmbiente-Tratamento-de-%C3%81gua->

US PHARMACOPEIA. The United States Pharmacopeial Convention. N°30, 4134. Rockville, 2007.

WRI – World Resources Institute. Disponível em: < Aqueduct Country and River Basin Rankings:<http://www.wri.org/applications/maps/aqueduct-country-river-basin-rankings/#x=-150.82&y=41.76&l=2&v=home&d=bws&f=0&o=84&init=y>>. Acesso em 06 dez. 2017.

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continua)

Tabela 32 - Consolidação dos Resultados da DQO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)

| Período | | | DQO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| Data | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 01/07/2014 | 1 | 1 | 5842 | 203 |
| 09/07/2014 | 9 | 2 | 6921 | 64 |
| 15/07/2014 | 15 | 3 | 3513 | 116 |
| 24/07/2014 | 24 | 4 | 3395 | 68 |
| 30/07/2014 | 30 | 5 | 4711 | 80 |
| 07/08/2014 | 38 | 6 | 6421 | 103 |
| 12/08/2014 | 43 | 7 | 8684 | 179 |
| 20/08/2014 | 51 | 8 | 6079 | 45 |
| 28/08/2014 | 59 | 9 | 2763 | 68 |
| 03/09/2014 | 65 | 10 | 541 | 47 |
| 09/09/2014 | 71 | 11 | 3568 | 89 |
| 18/09/2014 | 80 | 12 | 3459 | 208 |
| 24/09/2014 | 86 | 13 | 324 | 67 |
| 02/10/2014 | 94 | 14 | 3027 | 122 |
| 07/10/2014 | 99 | 15 | 2743 | 56 |
| 15/10/2014 | 107 | 16 | 1500 | 124 |
| 23/10/2014 | 115 | 17 | 2216 | 20 |
| 29/10/2014 | 121 | 18 | 2486 | 57 |
| 06/11/2014 | 129 | 19 | 1095 | 20 |
| 11/11/2014 | 134 | 20 | 2351 | 77 |
| 19/11/2014 | 142 | 21 | 2527 | 378 |
| 27/11/2014 | 150 | 22 | 3081 | 69 |
| 04/12/2014 | 157 | 23 | 2743 | 53 |
| 09/12/2014 | 162 | 24 | 1784 | 59 |
| 18/12/2014 | 171 | 25 | 4649 | 41 |
| 22/12/2014 | 175 | 26 | 3514 | 238 |
| 30/12/2014 | 183 | 27 | 3514 | 224 |
| 08/01/2015 | 192 | 28 | 3865 | 43 |
| 13/01/2015 | 197 | 29 | 2500 | 20 |
| 22/01/2015 | 206 | 30 | 3514 | 67 |
| 28/01/2015 | 212 | 31 | 5676 | 91 |
| 05/02/2015 | 220 | 32 | 185 | 41 |
| 11/02/2015 | 226 | 33 | 2460 | 41 |
| 19/02/2015 | 234 | 34 | 1693 | 44 |
| 25/02/2015 | 240 | 35 | 196 | 37 |
| 05/03/2015 | 248 | 36 | 11005 | 62 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE (continuação)

Tabela 32 - Consolidação dos Resultados da DQO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | DQO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 18/03/2015 | 261 | 38 | 4295 | 61 |
| 26/03/2015 | 269 | 39 | 1394 | 112 |
| 01/04/2015 | 275 | 40 | 2019 | 30 |
| 07/04/2015 | 281 | 41 | 1282 | 36 |
| 16/04/2015 | 290 | 42 | 968 | 91 |
| 22/04/2015 | 296 | 43 | 1295 | 48 |
| 30/04/2015 | 304 | 44 | 599 | 44 |
| 06/05/2015 | 310 | 45 | 1244 | 63 |
| 12/05/2015 | 316 | 46 | 878 | 75 |
| 20/05/2015 | 324 | 47 | 904 | 58 |
| 28/05/2015 | 332 | 48 | 923 | 34 |
| 06/06/2015 | 341 | 49 | 2115 | 40 |
| 11/06/2015 | 346 | 50 | 888 | 46 |
| 17/06/2015 | 352 | 51 | 1571 | 49 |
| 25/06/2015 | 360 | 52 | 379 | 31 |
| 02/07/2015 | 367 | 53 | 815 | 20 |
| 08/07/2015 | 373 | 54 | 1166 | 65 |
| 16/07/2015 | 381 | 55 | 1280 | 37 |
| 22/07/2015 | 387 | 56 | 749 | 20 |
| 28/07/2015 | 393 | 57 | 690 | 44 |
| 05/08/2015 | 401 | 58 | 794 | 35 |
| 11/08/2015 | 407 | 59 | 874 | 64 |
| 20/08/2015 | 416 | 60 | 2002 | 60 |
| 26/08/2015 | 422 | 61 | 2038 | 49 |
| 03/09/2015 | 430 | 62 | 1687 | 86 |
| 09/09/2015 | 436 | 63 | 654 | 86 |
| 17/09/2015 | 444 | 64 | 782 | 98 |
| 23/09/2015 | 450 | 65 | 1452 | 113 |
| 08/10/2015 | 465 | 67 | 2611 | 120 |
| 14/10/2015 | 471 | 68 | 426 | 50 |
| 20/10/2015 | 477 | 69 | 710 | 162 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 32 - Consolidação dos Resultados da DQO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | DQO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 28/10/2015 | 485 | 70 | 817 | 50 |
| 05/11/2015 | 493 | 71 | 804 | 70 |
| 11/11/2015 | 499 | 72 | 926 | 23 |
| 17/11/2015 | 505 | 73 | 693 | 56 |
| 24/11/2015 | 512 | 74 | 289 | 48 |
| 03/12/2015 | 521 | 75 | 714 | 56 |
| 09/12/2015 | 527 | 76 | 854 | 29 |
| 17/12/2015 | 535 | 77 | 1052 | 32 |
| 22/12/2015 | 540 | 78 | 388 | 54 |
| 30/12/2015 | 548 | 79 | 98 | 76 |
| 07/01/2016 | 556 | 80 | 365 | 280 |
| 13/01/2016 | 562 | 81 | 510 | 59 |
| 19/01/2016 | 568 | 82 | 273 | 20 |
| 27/01/2016 | 576 | 83 | 617 | 45 |
| 02/02/2016 | 582 | 84 | 716 | 29 |
| 12/02/2016 | 592 | 85 | 1332 | 82 |
| 17/02/2016 | 597 | 86 | 201 | 65 |
| 25/02/2016 | 605 | 87 | 535 | 42 |
| 03/03/2016 | 612 | 88 | 548 | 55 |
| 09/03/2016 | 618 | 89 | 1218 | 51 |
| 15/03/2016 | 624 | 90 | 994 | 42 |
| 23/03/2016 | 632 | 91 | 975 | 62 |
| 31/03/2016 | 640 | 92 | 975 | 93 |
| 07/04/2016 | 647 | 93 | 643 | 51 |
| 13/04/2016 | 653 | 94 | 451 | 59 |
| 19/04/2016 | 659 | 95 | 1084 | 70 |
| 27/04/2016 | 667 | 96 | 477 | 47 |
| 04/05/2016 | 674 | 97 | 886 | 89 |
| 10/05/2016 | 680 | 98 | 839 | 150 |
| 19/05/2016 | 689 | 99 | 250 | 51 |
| 25/05/2016 | 695 | 100 | 987 | 113 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 32 - Consolidação dos Resultados da DQO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (conclusão)

| Data | Período | | DQO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 01/06/2016 | 702 | 101 | 1511 | 37 |
| 09/06/2016 | 710 | 102 | 523 | 45 |
| 14/06/2016 | 715 | 103 | 1275 | 57 |
| 22/06/2016 | 723 | 104 | 1842 | 89 |
| 30/06/2016 | 731 | 105 | 1562 | 140 |
| 07/07/2016 | 738 | 106 | 905 | 51 |
| 13/07/2016 | 744 | 107 | 1403 | 87 |
| 19/07/2016 | 750 | 108 | 740 | 108 |
| 28/07/2016 | 759 | 109 | 1417 | 115 |
| 03/08/2016 | 765 | 110 | 380 | 112 |
| 11/08/2016 | 773 | 111 | 1097 | 60 |
| 16/08/2016 | 778 | 112 | 694 | 43 |
| 24/08/2016 | 786 | 113 | 360 | 40 |
| 01/09/2016 | 794 | 114 | 245 | 51 |
| 06/09/2016 | 799 | 115 | 961 | 38 |
| 14/09/2016 | 807 | 116 | 704 | 47 |
| 22/09/2016 | 815 | 117 | 487 | 68 |
| 28/09/2016 | 821 | 118 | 1259 | 112 |
| 06/10/2016 | 829 | 119 | 2293 | 8 |
| 11/10/2016 | 834 | 120 | 1101 | 54 |
| 21/10/2016 | 844 | 121 | SC | SC |
| 27/10/2016 | 850 | 122 | 812 | 95 |

Legenda: SC - Sem coleta

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos - RAE
(continuação)

Tabela 33 - Consolidação dos Resultados da DBO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)

| Data | Período | | DBO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 01/07/2014 | 1 | 1 | 566 | 4 |
| 09/07/2014 | 9 | 2 | SC | SC |
| 15/07/2014 | 15 | 3 | 496 | 7 |
| 24/07/2014 | 24 | 4 | SC | SC |
| 30/07/2014 | 30 | 5 | SC | SC |
| 07/08/2014 | 38 | 6 | 804 | 11 |
| 12/08/2014 | 43 | 7 | SC | SC |
| 20/08/2014 | 51 | 8 | 588 | 4 |
| 28/08/2014 | 59 | 9 | SC | SC |
| 03/09/2014 | 65 | 10 | 319 | 6 |
| 09/09/2014 | 71 | 11 | SC | SC |
| 18/09/2014 | 80 | 12 | 377 | 11 |
| 24/09/2014 | 86 | 13 | SC | SC |
| 02/10/2014 | 94 | 14 | 413 | 9 |
| 07/10/2014 | 99 | 15 | SC | SC |
| 15/10/2014 | 107 | 16 | 783 | 103 |
| 23/10/2014 | 115 | 17 | SC | SC |
| 29/10/2014 | 121 | 18 | SC | SC |
| 06/11/2014 | 129 | 19 | 394 | 10 |
| 11/11/2014 | 134 | 20 | SC | SC |
| 19/11/2014 | 142 | 21 | 445 | 3 |
| 27/11/2014 | 150 | 22 | SC | SC |
| 04/12/2014 | 157 | 23 | 256 | 4 |
| 09/12/2014 | 162 | 24 | SC | SC |
| 18/12/2014 | 171 | 25 | 561 | 9 |
| 22/12/2014 | 175 | 26 | SC | SC |
| 30/12/2014 | 183 | 27 | SC | SC |
| 08/01/2015 | 192 | 28 | 206 | 5 |
| 13/01/2015 | 197 | 29 | SC | SC |
| 22/01/2015 | 206 | 30 | 244 | 5 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 33 - Consolidação dos Resultados da DBO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | DBO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 28/01/2015 | 212 | 31 | SC | SC |
| 05/02/2015 | 220 | 32 | 265 | 5 |
| 11/02/2015 | 226 | 33 | SC | SC |
| 19/02/2015 | 234 | 34 | 220 | 5 |
| 25/02/2015 | 240 | 35 | SC | SC |
| 05/03/2015 | 248 | 36 | 2097 | 6 |
| 10/03/2015 | 253 | 37 | SC | SC |
| 18/03/2015 | 261 | 38 | 177 | 4 |
| 26/03/2015 | 269 | 39 | SC | SC |
| 01/04/2015 | 275 | 40 | 460 | 5 |
| 07/04/2015 | 281 | 41 | SC | SC |
| 16/04/2015 | 290 | 42 | 471 | 3 |
| 22/04/2015 | 296 | 43 | SC | SC |
| 30/04/2015 | 304 | 44 | SC | SC |
| 06/05/2015 | 310 | 45 | 669 | 3 |
| 12/05/2015 | 316 | 46 | 667 | 13 |
| 20/05/2015 | 324 | 47 | 669 | 5 |
| 28/05/2015 | 332 | 48 | SC | SC |
| 06/06/2015 | 341 | 49 | 363 | 2 |
| 11/06/2015 | 346 | 50 | SC | SC |
| 17/06/2015 | 352 | 51 | 653 | 4 |
| 25/06/2015 | 360 | 52 | SC | SC |
| 02/07/2015 | 367 | 53 | 584 | 5 |
| 08/07/2015 | 373 | 54 | SC | SC |
| 16/07/2015 | 381 | 55 | 722 | 8 |
| 22/07/2015 | 387 | 56 | SC | SC |
| 28/07/2015 | 393 | 57 | SC | SC |
| 05/08/2015 | 401 | 58 | 580 | 4 |
| 11/08/2015 | 407 | 59 | SC | SC |
| 20/08/2015 | 416 | 60 | 762 | 14 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos - RAE
(continuação)

Tabela 33 - Consolidação dos Resultados da DBO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | DBO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 26/08/2015 | 422 | 61 | SC | SC |
| 03/09/2015 | 430 | 62 | 795 | 39 |
| 09/09/2015 | 436 | 63 | SC | SC |
| 17/09/2015 | 444 | 64 | 484 | 28 |
| 23/09/2015 | 450 | 65 | SC | SC |
| 08/10/2015 | 465 | 67 | 386 | 9 |
| 14/10/2015 | 471 | 68 | 381 | 13 |
| 20/10/2015 | 477 | 69 | 317 | 7 |
| 28/10/2015 | 485 | 70 | 443 | 14 |
| 05/11/2015 | 493 | 71 | 506 | 47 |
| 11/11/2015 | 499 | 72 | 684 | 14 |
| 17/11/2015 | 505 | 73 | 380 | 32 |
| 24/11/2015 | 512 | 74 | 118 | 21 |
| 03/12/2015 | 521 | 75 | 461 | 36 |
| 09/12/2015 | 527 | 76 | 548 | 17 |
| 17/12/2015 | 535 | 77 | 689 | 19 |
| 22/12/2015 | 540 | 78 | 262 | 32 |
| 30/12/2015 | 548 | 79 | 66 | 49 |
| 07/01/2016 | 556 | 80 | 238 | 154 |
| 13/01/2016 | 562 | 81 | 331 | 36 |
| 19/01/2016 | 568 | 82 | 172 | 8 |
| 27/01/2016 | 576 | 83 | 400 | 55 |
| 02/02/2016 | 582 | 84 | 467 | 19 |
| 12/02/2016 | 592 | 85 | 857 | 52 |
| 17/02/2016 | 597 | 86 | 130 | 38 |
| 25/02/2016 | 605 | 87 | 352 | 25 |
| 03/03/2016 | 612 | 88 | 407 | 9 |
| 09/03/2016 | 618 | 89 | 782 | 31 |
| 15/03/2016 | 624 | 90 | 633 | 26 |
| 23/03/2016 | 632 | 91 | 627 | 39 |
| 31/03/2016 | 640 | 92 | 502 | 26 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 33 - Consolidação dos Resultados da DBO afluente e efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (conclusão)

| Data | Período | | DBO (mg/L) | |
|------------|---------------|---------|------------|----------|
| | Dias corridos | Semanas | Afluente | Efluente |
| 07/04/2016 | 647 | 93 | 411 | 32 |
| 13/04/2016 | 653 | 94 | 311 | 33 |
| 19/04/2016 | 659 | 95 | 695 | 43 |
| 27/04/2016 | 667 | 96 | 302 | 31 |
| 04/05/2016 | 674 | 97 | 572 | 56 |
| 10/05/2016 | 680 | 98 | 529 | 92 |
| 19/05/2016 | 689 | 99 | 168 | 31 |
| 25/05/2016 | 695 | 100 | 622 | 68 |
| 01/06/2016 | 702 | 101 | 963 | 23 |
| 09/06/2016 | 710 | 102 | 378 | 12 |
| 14/06/2016 | 715 | 103 | 959 | 16 |
| 22/06/2016 | 723 | 104 | 1244 | 42 |
| 30/06/2016 | 731 | 105 | 1002 | 72 |
| 07/07/2016 | 738 | 106 | 524 | 26 |
| 13/07/2016 | 744 | 107 | 787 | 42 |
| 19/07/2016 | 750 | 108 | 212 | 94 |
| 28/07/2016 | 759 | 109 | 914 | 66 |
| 03/08/2016 | 765 | 110 | 238 | 68 |
| 11/08/2016 | 773 | 111 | 735 | 37 |
| 16/08/2016 | 778 | 112 | 372 | 9 |
| 24/08/2016 | 786 | 113 | 217 | 21 |
| 01/09/2016 | 794 | 114 | 131 | 30 |
| 06/09/2016 | 799 | 115 | 524 | 22 |
| 14/09/2016 | 807 | 116 | 555 | 29 |
| 22/09/2016 | 815 | 117 | 316 | 22 |
| 28/09/2016 | 821 | 118 | 792 | 64 |
| 06/10/2016 | 829 | 119 | 826 | 6 |
| 11/10/2016 | 834 | 120 | 484 | 45 |
| 21/10/2016 | 844 | 121 | SC | SC |
| 27/10/2016 | 850 | 122 | 428 | 54 |

Legenda: SC - Sem coleta

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 34 - Consolidação dos Resultados de MBAS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)

| Data | Período | | MBAS (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 01/07/2014 | 1 | 1 | 0,12 |
| 09/07/2014 | 9 | 2 | SC |
| 15/07/2014 | 15 | 3 | 0,14 |
| 24/07/2014 | 24 | 4 | SC |
| 30/07/2014 | 30 | 5 | SC |
| 07/08/2014 | 38 | 6 | 0,14 |
| 12/08/2014 | 43 | 7 | SC |
| 20/08/2014 | 51 | 8 | 0,12 |
| 28/08/2014 | 59 | 9 | SC |
| 03/09/2014 | 65 | 10 | 0,12 |
| 09/09/2014 | 71 | 11 | SC |
| 18/09/2014 | 80 | 12 | 0,17 |
| 24/09/2014 | 86 | 13 | SC |
| 02/10/2014 | 94 | 14 | 0,12 |
| 07/10/2014 | 99 | 15 | SC |
| 15/10/2014 | 107 | 16 | 0,12 |
| 23/10/2014 | 115 | 17 | SC |
| 29/10/2014 | 121 | 18 | SC |
| 06/11/2014 | 129 | 19 | 0,13 |
| 11/11/2014 | 134 | 20 | SC |
| 19/11/2014 | 142 | 21 | 0,13 |
| 27/11/2014 | 150 | 22 | SC |
| 04/12/2014 | 157 | 23 | 0,12 |
| 09/12/2014 | 162 | 24 | SC |
| 18/12/2014 | 171 | 25 | 0,12 |
| 22/12/2014 | 175 | 26 | SC |
| 30/12/2014 | 183 | 27 | SC |
| 08/01/2015 | 192 | 28 | 0,12 |
| 13/01/2015 | 197 | 29 | SC |
| 22/01/2015 | 206 | 30 | 0,12 |
| 28/01/2015 | 212 | 31 | SC |
| 05/02/2015 | 220 | 32 | 0,12 |
| 11/02/2015 | 226 | 33 | SC |
| 19/02/2015 | 234 | 34 | 0,12 |
| 25/02/2015 | 240 | 35 | SC |
| 05/03/2015 | 248 | 36 | 0,12 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 34 - Consolidação dos Resultados de MBAS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | MBAS (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 10/03/2015 | 253 | 37 | SC |
| 18/03/2015 | 261 | 38 | 0,12 |
| 26/03/2015 | 269 | 39 | SC |
| 01/04/2015 | 275 | 40 | 0,12 |
| 07/04/2015 | 281 | 41 | SC |
| 16/04/2015 | 290 | 42 | 0,13 |
| 22/04/2015 | 296 | 43 | SC |
| 30/04/2015 | 304 | 44 | SC |
| 06/05/2015 | 310 | 45 | 0,12 |
| 12/05/2015 | 316 | 46 | 0,12 |
| 20/05/2015 | 324 | 47 | 0,12 |
| 28/05/2015 | 332 | 48 | SC |
| 06/06/2015 | 341 | 49 | 0,12 |
| 11/06/2015 | 346 | 50 | SC |
| 17/06/2015 | 352 | 51 | 0,12 |
| 25/06/2015 | 360 | 52 | SC |
| 02/07/2015 | 367 | 53 | 0,12 |
| 08/07/2015 | 373 | 54 | SC |
| 16/07/2015 | 381 | 55 | 0,12 |
| 22/07/2015 | 387 | 56 | SC |
| 28/07/2015 | 393 | 57 | SC |
| 05/08/2015 | 401 | 58 | 0,12 |
| 11/08/2015 | 407 | 59 | SC |
| 20/08/2015 | 416 | 60 | 0,24 |
| 26/08/2015 | 422 | 61 | SC |
| 03/09/2015 | 430 | 62 | 0,69 |
| 09/09/2015 | 436 | 63 | SC |
| 17/09/2015 | 444 | 64 | 0,14 |
| 23/09/2015 | 450 | 65 | SC |
| 08/10/2015 | 465 | 67 | 0,79 |
| 14/10/2015 | 471 | 68 | SC |
| 20/10/2015 | 477 | 69 | 0,14 |
| 28/10/2015 | 485 | 70 | SC |
| 05/11/2015 | 493 | 71 | 0,13 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 34 - Consolidação dos Resultados de MBAS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | MBAS (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 11/11/2015 | 499 | 72 | SC |
| 17/11/2015 | 505 | 73 | 0,15 |
| 24/11/2015 | 512 | 74 | 0,14 |
| 03/12/2015 | 521 | 75 | 0,2 |
| 09/12/2015 | 527 | 76 | 0,04 |
| 17/12/2015 | 535 | 77 | 0,09 |
| 22/12/2015 | 540 | 78 | SC |
| 30/12/2015 | 548 | 79 | 0,07 |
| 07/01/2016 | 556 | 80 | SC |
| 13/01/2016 | 562 | 81 | 0,13 |
| 19/01/2016 | 568 | 82 | SC |
| 27/01/2016 | 576 | 83 | 0,14 |
| 02/02/2016 | 582 | 84 | 0,14 |
| 12/02/2016 | 592 | 85 | 0,2 |
| 17/02/2016 | 597 | 86 | SC |
| 25/02/2016 | 605 | 87 | 0,12 |
| 03/03/2016 | 612 | 88 | 0,1 |
| 09/03/2016 | 618 | 89 | 1,82 |
| 15/03/2016 | 624 | 90 | SC |
| 23/03/2016 | 632 | 91 | 0,66 |
| 31/03/2016 | 640 | 92 | SC |
| 07/04/2016 | 647 | 93 | 0,21 |
| 13/04/2016 | 653 | 94 | SC |
| 19/04/2016 | 659 | 95 | 0,05 |
| 27/04/2016 | 667 | 96 | SC |
| 04/05/2016 | 674 | 97 | 0,3 |
| 10/05/2016 | 680 | 98 | SC |
| 19/05/2016 | 689 | 99 | 0,11 |
| 25/05/2016 | 695 | 100 | SC |
| 01/06/2016 | 702 | 101 | 0,16 |
| 09/06/2016 | 710 | 102 | SC |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 34 - Consolidação dos Resultados de MBAS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (conclusão)

| Data | Período | | MBAS (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 14/06/2016 | 715 | 103 | 0,17 |
| 22/06/2016 | 723 | 104 | SC |
| 30/06/2016 | 731 | 105 | 0,09 |
| 07/07/2016 | 738 | 106 | SC |
| 13/07/2016 | 744 | 107 | 0,06 |
| 19/07/2016 | 750 | 108 | SC |
| 28/07/2016 | 759 | 109 | 0,04 |
| 03/08/2016 | 765 | 110 | SC |
| 11/08/2016 | 773 | 111 | 0,07 |
| 16/08/2016 | 778 | 112 | SC |
| 24/08/2016 | 786 | 113 | 0,08 |
| 01/09/2016 | 794 | 114 | SC |
| 06/09/2016 | 799 | 115 | 0,03 |
| 14/09/2016 | 807 | 116 | SC |
| 22/09/2016 | 815 | 117 | 0,06 |
| 28/09/2016 | 821 | 118 | SC |
| 06/10/2016 | 829 | 119 | 0,13 |
| 11/10/2016 | 834 | 120 | SC |
| 21/10/2016 | 844 | 121 | SC |
| 27/10/2016 | 850 | 122 | SC |

Legenda: SC - sem coleta

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 35 - Consolidação dos Resultados de O&G efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)

| Data | Período | | O&G (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 01/07/2014 | 1 | 1 | 6 |
| 09/07/2014 | 9 | 2 | SC |
| 15/07/2014 | 15 | 3 | 6 |
| 24/07/2014 | 24 | 4 | SC |
| 30/07/2014 | 30 | 5 | SC |
| 07/08/2014 | 38 | 6 | 6 |
| 12/08/2014 | 43 | 7 | SC |
| 20/08/2014 | 51 | 8 | 6,1 |
| 28/08/2014 | 59 | 9 | SC |
| 03/09/2014 | 65 | 10 | 6 |
| 09/09/2014 | 71 | 11 | SC |
| 18/09/2014 | 80 | 12 | 7,9 |
| 24/09/2014 | 86 | 13 | SC |
| 02/10/2014 | 94 | 14 | 7,8 |
| 07/10/2014 | 99 | 15 | SC |
| 15/10/2014 | 107 | 16 | 23,6 |
| 23/10/2014 | 115 | 17 | SC |
| 29/10/2014 | 121 | 18 | SC |
| 06/11/2014 | 129 | 19 | 6 |
| 11/11/2014 | 134 | 20 | SC |
| 19/11/2014 | 142 | 21 | 6 |
| 27/11/2014 | 150 | 22 | SC |
| 04/12/2014 | 157 | 23 | 6 |
| 09/12/2014 | 162 | 24 | SC |
| 18/12/2014 | 171 | 25 | 7 |
| 22/12/2014 | 175 | 26 | SC |
| 30/12/2014 | 183 | 27 | SC |
| 08/01/2015 | 192 | 28 | 6 |
| 13/01/2015 | 197 | 29 | SC |
| 22/01/2015 | 206 | 30 | 6 |
| 28/01/2015 | 212 | 31 | SC |
| 05/02/2015 | 220 | 32 | 6 |
| 11/02/2015 | 226 | 33 | SC |
| 19/02/2015 | 234 | 34 | 6 |
| 25/02/2015 | 240 | 35 | SC |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 35 - Consolidação dos Resultados de O&G efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | O&G (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 05/03/2015 | 248 | 36 | 6 |
| 10/03/2015 | 253 | 37 | SC |
| 18/03/2015 | 261 | 38 | 6 |
| 26/03/2015 | 269 | 39 | SC |
| 01/04/2015 | 275 | 40 | 6 |
| 07/04/2015 | 281 | 41 | SC |
| 16/04/2015 | 290 | 42 | 6 |
| 22/04/2015 | 296 | 43 | SC |
| 30/04/2015 | 304 | 44 | SC |
| 06/05/2015 | 310 | 45 | 6 |
| 12/05/2015 | 316 | 46 | 6 |
| 20/05/2015 | 324 | 47 | 6 |
| 28/05/2015 | 332 | 48 | SC |
| 06/06/2015 | 341 | 49 | 6 |
| 11/06/2015 | 346 | 50 | SC |
| 17/06/2015 | 352 | 51 | 6 |
| 25/06/2015 | 360 | 52 | SC |
| 02/07/2015 | 367 | 53 | 6 |
| 08/07/2015 | 373 | 54 | SC |
| 16/07/2015 | 381 | 55 | 6 |
| 22/07/2015 | 387 | 56 | SC |
| 28/07/2015 | 393 | 57 | SC |
| 05/08/2015 | 401 | 58 | 6 |
| 11/08/2015 | 407 | 59 | SC |
| 20/08/2015 | 416 | 60 | 6 |
| 26/08/2015 | 422 | 61 | SC |
| 03/09/2015 | 430 | 62 | 6 |
| 09/09/2015 | 436 | 63 | SC |
| 17/09/2015 | 444 | 64 | 6 |
| 23/09/2015 | 450 | 65 | SC |
| 08/10/2015 | 465 | 67 | 6 |
| 14/10/2015 | 471 | 68 | SC |
| 20/10/2015 | 477 | 69 | 6 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 35 - Consolidação dos Resultados de O&G efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | O&G (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 28/10/2015 | 485 | 70 | SC |
| 05/11/2015 | 493 | 71 | 4 |
| 11/11/2015 | 499 | 72 | SC |
| 17/11/2015 | 505 | 73 | 3 |
| 24/11/2015 | 512 | 74 | SC |
| 03/12/2015 | 521 | 75 | 2 |
| 09/12/2015 | 527 | 76 | SC |
| 17/12/2015 | 535 | 77 | 57 |
| 22/12/2015 | 540 | 78 | SC |
| 30/12/2015 | 548 | 79 | 3 |
| 07/01/2016 | 556 | 80 | SC |
| 13/01/2016 | 562 | 81 | 4 |
| 19/01/2016 | 568 | 82 | SC |
| 27/01/2016 | 576 | 83 | 0 |
| 02/02/2016 | 582 | 84 | 6 |
| 12/02/2016 | 592 | 85 | 7 |
| 17/02/2016 | 597 | 86 | SC |
| 25/02/2016 | 605 | 87 | 0 |
| 03/03/2016 | 612 | 88 | SC |
| 09/03/2016 | 618 | 89 | 6 |
| 15/03/2016 | 624 | 90 | SC |
| 23/03/2016 | 632 | 91 | 0 |
| 31/03/2016 | 640 | 92 | SC |
| 07/04/2016 | 647 | 93 | 0 |
| 13/04/2016 | 653 | 94 | SC |
| 19/04/2016 | 659 | 95 | 0 |
| 27/04/2016 | 667 | 96 | SC |
| 04/05/2016 | 674 | 97 | 0 |
| 10/05/2016 | 680 | 98 | SC |
| 19/05/2016 | 689 | 99 | 0 |
| 25/05/2016 | 695 | 100 | SC |
| 01/06/2016 | 702 | 101 | 0 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 35 - Consolidação dos Resultados de O&G efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (conclusão)

| Data | Período | | O&G (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 09/06/2016 | 710 | 102 | SC |
| 14/06/2016 | 715 | 103 | 0 |
| 22/06/2016 | 723 | 104 | SC |
| 30/06/2016 | 731 | 105 | 0 |
| 07/07/2016 | 738 | 106 | SC |
| 13/07/2016 | 744 | 107 | 0 |
| 19/07/2016 | 750 | 108 | 3 |
| 28/07/2016 | 759 | 109 | 4 |
| 03/08/2016 | 765 | 110 | SC |
| 11/08/2016 | 773 | 111 | 0 |
| 16/08/2016 | 778 | 112 | SC |
| 24/08/2016 | 786 | 113 | 3 |
| 01/09/2016 | 794 | 114 | SC |
| 06/09/2016 | 799 | 115 | 3 |
| 14/09/2016 | 807 | 116 | SC |
| 22/09/2016 | 815 | 117 | 0 |
| 28/09/2016 | 821 | 118 | SC |
| 06/10/2016 | 829 | 119 | 0 |
| 11/10/2016 | 834 | 120 | SC |
| 21/10/2016 | 844 | 121 | SC |
| 27/10/2016 | 850 | 122 | SC |
| Legenda: | SC | - | Sem coleta |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 36 - Consolidação dos Resultados de SST efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)

| Data | Período | | SST (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 01/07/2014 | 1 | 1 | 39 |
| 09/07/2014 | 9 | 2 | SC |
| 15/07/2014 | 15 | 3 | 18 |
| 24/07/2014 | 24 | 4 | SC |
| 30/07/2014 | 30 | 5 | SC |
| 07/08/2014 | 38 | 6 | 21 |
| 12/08/2014 | 43 | 7 | SC |
| 20/08/2014 | 51 | 8 | 13 |
| 28/08/2014 | 59 | 9 | SC |
| 03/09/2014 | 65 | 10 | 11 |
| 09/09/2014 | 71 | 11 | SC |
| 18/09/2014 | 80 | 12 | 19 |
| 24/09/2014 | 86 | 13 | SC |
| 02/10/2014 | 94 | 14 | 14 |
| 07/10/2014 | 99 | 15 | SC |
| 15/10/2014 | 107 | 16 | 51 |
| 23/10/2014 | 115 | 17 | SC |
| 29/10/2014 | 121 | 18 | SC |
| 06/11/2014 | 129 | 19 | SC |
| 11/11/2014 | 134 | 20 | 12 |
| 19/11/2014 | 142 | 21 | SC |
| 27/11/2014 | 150 | 22 | 12 |
| 04/12/2014 | 157 | 23 | SC |
| 09/12/2014 | 162 | 24 | 10 |
| 18/12/2014 | 171 | 25 | SC |
| 22/12/2014 | 175 | 26 | 12 |
| 30/12/2014 | 183 | 27 | SC |
| 08/01/2015 | 192 | 28 | SC |
| 13/01/2015 | 197 | 29 | 9 |
| 22/01/2015 | 206 | 30 | SC |
| 28/01/2015 | 212 | 31 | 23 |
| 05/02/2015 | 220 | 32 | SC |
| 11/02/2015 | 226 | 33 | 12 |
| 19/02/2015 | 234 | 34 | SC |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 36 - Consolidação dos Resultados de SST efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | SST (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 25/02/2015 | 240 | 35 | 24 |
| 05/03/2015 | 248 | 36 | SC |
| 10/03/2015 | 253 | 37 | 5 |
| 18/03/2015 | 261 | 38 | SC |
| 26/03/2015 | 269 | 39 | 5 |
| 01/04/2015 | 275 | 40 | SC |
| 07/04/2015 | 281 | 41 | 32 |
| 16/04/2015 | 290 | 42 | SC |
| 22/04/2015 | 296 | 43 | 15 |
| 30/04/2015 | 304 | 44 | SC |
| 06/05/2015 | 310 | 45 | SC |
| 12/05/2015 | 316 | 46 | 13 |
| 20/05/2015 | 324 | 47 | 15 |
| 28/05/2015 | 332 | 48 | 15 |
| 06/06/2015 | 341 | 49 | SC |
| 11/06/2015 | 346 | 50 | 9 |
| 17/06/2015 | 352 | 51 | SC |
| 25/06/2015 | 360 | 52 | 0,5 |
| 02/07/2015 | 367 | 53 | SC |
| 08/07/2015 | 373 | 54 | 14 |
| 16/07/2015 | 381 | 55 | SC |
| 22/07/2015 | 387 | 56 | 5 |
| 28/07/2015 | 393 | 57 | SC |
| 05/08/2015 | 401 | 58 | SC |
| 11/08/2015 | 407 | 59 | 7 |
| 20/08/2015 | 416 | 60 | SC |
| 26/08/2015 | 422 | 61 | 51 |
| 03/09/2015 | 430 | 62 | SC |
| 09/09/2015 | 436 | 63 | 35 |
| 17/09/2015 | 444 | 64 | SC |
| 23/09/2015 | 450 | 65 | 19 |
| 08/10/2015 | 465 | 67 | SC |
| 14/10/2015 | 471 | 68 | 21 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 36 - Consolidação dos Resultados de SST efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | SST (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 20/10/2015 | 477 | 69 | SC |
| 28/10/2015 | 485 | 70 | 44 |
| 05/11/2015 | 493 | 71 | SC |
| 11/11/2015 | 499 | 72 | 7 |
| 17/11/2015 | 505 | 73 | 7 |
| 24/11/2015 | 512 | 74 | 30 |
| 03/12/2015 | 521 | 75 | 16 |
| 09/12/2015 | 527 | 76 | 16 |
| 17/12/2015 | 535 | 77 | 20 |
| 22/12/2015 | 540 | 78 | 14 |
| 30/12/2015 | 548 | 79 | 16 |
| 07/01/2016 | 556 | 80 | 45 |
| 13/01/2016 | 562 | 81 | 204 |
| 19/01/2016 | 568 | 82 | 82 |
| 27/01/2016 | 576 | 83 | 22 |
| 02/02/2016 | 582 | 84 | 7 |
| 12/02/2016 | 592 | 85 | 5 |
| 17/02/2016 | 597 | 86 | 33 |
| 25/02/2016 | 605 | 87 | 22 |
| 03/03/2016 | 612 | 88 | 12 |
| 09/03/2016 | 618 | 89 | 11 |
| 15/03/2016 | 624 | 90 | 18 |
| 23/03/2016 | 632 | 91 | 24 |
| 31/03/2016 | 640 | 92 | 4 |
| 07/04/2016 | 647 | 93 | 44 |
| 13/04/2016 | 653 | 94 | 8 |
| 19/04/2016 | 659 | 95 | 60 |
| 27/04/2016 | 667 | 96 | 49 |
| 04/05/2016 | 674 | 97 | 21 |
| 10/05/2016 | 680 | 98 | 16 |
| 19/05/2016 | 689 | 99 | 56 |
| 25/05/2016 | 695 | 100 | 14 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 36 - Consolidação dos Resultados de SST efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (conclusão)

| Data | Período | | SST (mg/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 01/06/2016 | 702 | 101 | 3 |
| 09/06/2016 | 710 | 102 | 36 |
| 14/06/2016 | 715 | 103 | 7 |
| 22/06/2016 | 723 | 104 | 21 |
| 30/06/2016 | 731 | 105 | 11 |
| 07/07/2016 | 738 | 106 | 154 |
| 13/07/2016 | 744 | 107 | 6 |
| 19/07/2016 | 750 | 108 | 21 |
| 28/07/2016 | 759 | 109 | 287 |
| 03/08/2016 | 765 | 110 | 21 |
| 11/08/2016 | 773 | 111 | 20 |
| 16/08/2016 | 778 | 112 | 10 |
| 24/08/2016 | 786 | 113 | 10 |
| 01/09/2016 | 794 | 114 | 27 |
| 06/09/2016 | 799 | 115 | 7 |
| 14/09/2016 | 807 | 116 | 16 |
| 22/09/2016 | 815 | 117 | 19 |
| 28/09/2016 | 821 | 118 | 27 |
| 06/10/2016 | 829 | 119 | 26 |
| 11/10/2016 | 834 | 120 | 8 |
| 21/10/2016 | 844 | 121 | 10 |
| 27/10/2016 | 850 | 122 | SC |

Legenda: SC - Sem coleta

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 37 - Consolidação dos Resultados de SS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continua)

| Data | Período | | SS (mL/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 01/07/2014 | 1 | 1 | 0,5 |
| 09/07/2014 | 9 | 2 | 0,5 |
| 15/07/2014 | 15 | 3 | 0,5 |
| 24/07/2014 | 24 | 4 | 0,5 |
| 30/07/2014 | 30 | 5 | 0,5 |
| 07/08/2014 | 38 | 6 | 0,5 |
| 12/08/2014 | 43 | 7 | 0,5 |
| 20/08/2014 | 51 | 8 | 0,5 |
| 28/08/2014 | 59 | 9 | 0,5 |
| 03/09/2014 | 65 | 10 | 0,5 |
| 09/09/2014 | 71 | 11 | 0,5 |
| 18/09/2014 | 80 | 12 | 0,5 |
| 24/09/2014 | 86 | 13 | 0,5 |
| 02/10/2014 | 94 | 14 | 0,5 |
| 07/10/2014 | 99 | 15 | 0,5 |
| 15/10/2014 | 107 | 16 | 0,5 |
| 23/10/2014 | 115 | 17 | 0,5 |
| 29/10/2014 | 121 | 18 | 0,5 |
| 06/11/2014 | 129 | 19 | SC |
| 11/11/2014 | 134 | 20 | 0,5 |
| 19/11/2014 | 142 | 21 | 0,5 |
| 27/11/2014 | 150 | 22 | 0,5 |
| 04/12/2014 | 157 | 23 | 0,5 |
| 09/12/2014 | 162 | 24 | 0,5 |
| 18/12/2014 | 171 | 25 | 0,5 |
| 22/12/2014 | 175 | 26 | 0,5 |
| 30/12/2014 | 183 | 27 | 6 |
| 08/01/2015 | 192 | 28 | 0,5 |
| 13/01/2015 | 197 | 29 | 0,5 |
| 22/01/2015 | 206 | 30 | 0,5 |
| 28/01/2015 | 212 | 31 | 0,5 |
| 05/02/2015 | 220 | 32 | 0,5 |
| 11/02/2015 | 226 | 33 | 0,5 |
| 19/02/2015 | 234 | 34 | 0,5 |
| 25/02/2015 | 240 | 35 | 0,5 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 37 - Consolidação dos Resultados de SS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | SS (mL/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 05/03/2015 | 248 | 36 | 0,5 |
| 10/03/2015 | 253 | 37 | 0,5 |
| 18/03/2015 | 261 | 38 | 0,5 |
| 26/03/2015 | 269 | 39 | 0,5 |
| 01/04/2015 | 275 | 40 | 0,5 |
| 07/04/2015 | 281 | 41 | 0,5 |
| 16/04/2015 | 290 | 42 | 0,5 |
| 22/04/2015 | 296 | 43 | 0,5 |
| 30/04/2015 | 304 | 44 | 0,5 |
| 06/05/2015 | 310 | 45 | 0,5 |
| 12/05/2015 | 316 | 46 | 0,5 |
| 20/05/2015 | 324 | 47 | 0,5 |
| 28/05/2015 | 332 | 48 | 0,5 |
| 06/06/2015 | 341 | 49 | 0,5 |
| 11/06/2015 | 346 | 50 | 0,5 |
| 17/06/2015 | 352 | 51 | 0,5 |
| 25/06/2015 | 360 | 52 | 0,5 |
| 02/07/2015 | 367 | 53 | 0,5 |
| 08/07/2015 | 373 | 54 | 0,5 |
| 16/07/2015 | 381 | 55 | 0,5 |
| 22/07/2015 | 387 | 56 | 0,5 |
| 28/07/2015 | 393 | 57 | 0,5 |
| 05/08/2015 | 401 | 58 | 0,5 |
| 11/08/2015 | 407 | 59 | 0,5 |
| 20/08/2015 | 416 | 60 | 0,5 |
| 26/08/2015 | 422 | 61 | 0,5 |
| 03/09/2015 | 430 | 62 | 0,5 |
| 09/09/2015 | 436 | 63 | 0,5 |
| 17/09/2015 | 444 | 64 | 0,5 |
| 23/09/2015 | 450 | 65 | 0,5 |
| 08/10/2015 | 465 | 67 | 0,5 |
| 14/10/2015 | 471 | 68 | 0,5 |
| 20/10/2015 | 477 | 69 | 0,5 |
| 28/10/2015 | 485 | 70 | 0,5 |

APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(continuação)

Tabela 37 - Consolidação dos Resultados de SS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (continuação)

| Data | Período | | SS (mL/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 05/11/2015 | 493 | 71 | 0,5 |
| 11/11/2015 | 499 | 72 | 0,5 |
| 17/11/2015 | 505 | 73 | 0,5 |
| 24/11/2015 | 512 | 74 | 0,5 |
| 03/12/2015 | 521 | 75 | 0,5 |
| 09/12/2015 | 527 | 76 | 0,2 |
| 17/12/2015 | 535 | 77 | 0,2 |
| 22/12/2015 | 540 | 78 | 0,1 |
| 30/12/2015 | 548 | 79 | 0,3 |
| 07/01/2016 | 556 | 80 | 0,2 |
| 13/01/2016 | 562 | 81 | 12 |
| 19/01/2016 | 568 | 82 | 0,2 |
| 27/01/2016 | 576 | 83 | 0,2 |
| 02/02/2016 | 582 | 84 | 0,2 |
| 12/02/2016 | 592 | 85 | 0,2 |
| 17/02/2016 | 597 | 86 | 0,5 |
| 25/02/2016 | 605 | 87 | 0 |
| 03/03/2016 | 612 | 88 | 0,5 |
| 09/03/2016 | 618 | 89 | 0,5 |
| 15/03/2016 | 624 | 90 | 0,2 |
| 23/03/2016 | 632 | 91 | 0,2 |
| 31/03/2016 | 640 | 92 | 0,2 |
| 07/04/2016 | 647 | 93 | 4 |
| 13/04/2016 | 653 | 94 | 0,3 |
| 19/04/2016 | 659 | 95 | 0,2 |
| 27/04/2016 | 667 | 96 | 0,2 |
| 04/05/2016 | 674 | 97 | 0,2 |
| 10/05/2016 | 680 | 98 | 0,3 |
| 19/05/2016 | 689 | 99 | 0,2 |
| 25/05/2016 | 695 | 100 | 0,2 |
| 01/06/2016 | 702 | 101 | 0 |
| 09/06/2016 | 710 | 102 | 0,2 |
| 14/06/2016 | 715 | 103 | 0,2 |

**APÊNDICE A – Relatórios de Acompanhamento de Efluentes Líquidos – RAE
(conclusão)**

Tabela 37 - Consolidação dos Resultados de SS efluente no período compreendido entre julho de 2014 até outubro de 2016 (conclusão)

| Data | Período | | SS (mL/L) |
|------------|---------------|--------|------------------|
| | Dias corridos | Semana | Efluente Tratado |
| 22/06/2016 | 723 | 104 | 0,2 |
| 30/06/2016 | 731 | 105 | 0,5 |
| 07/07/2016 | 738 | 106 | 0,5 |
| 13/07/2016 | 744 | 107 | 0,2 |
| 19/07/2016 | 750 | 108 | 0 |
| 28/07/2016 | 759 | 109 | 0,2 |
| 03/08/2016 | 765 | 110 | 0 |
| 11/08/2016 | 773 | 111 | 0,2 |
| 16/08/2016 | 778 | 112 | 0,2 |
| 24/08/2016 | 786 | 113 | 0,2 |
| 01/09/2016 | 794 | 114 | 0,2 |
| 06/09/2016 | 799 | 115 | 0,3 |
| 14/09/2016 | 807 | 116 | 0,2 |
| 22/09/2016 | 815 | 117 | 0 |
| 28/09/2016 | 821 | 118 | 0,2 |
| 06/10/2016 | 829 | 119 | 0,2 |
| 11/10/2016 | 834 | 120 | 0 |
| 21/10/2016 | 844 | 121 | 0,2 |
| 27/10/2016 | 850 | 122 | SC |

Legenda: SC - Sem coleta

APÊNDICE B – Orçamentos (continua)

Maricá, 16 de Julho de 2017

À
AUTON-SOLUÇÕES AMBIENTAIS
AV. 22 de Maio, 9000-Lote 12, quadra F-
Engenho Velho-Itaboraí-RJ

At.: Sr. Fabio
fabioambrosio@auton.com.br

Prezados senhores
Apresentamos abaixo diversas informações, conforme sua solicitação, relativas ao fornecimento e montagem de sistema de Ultrafiltração, com características de turbidez máxima de 150 NTU antes do filtro, incluindo montagem final no Cliente e Start Up.

1-OBJETO

Fornecer dados para tomada de decisão referente à contratação dos equipamentos e serviços acima.

2-DOCUMENTO DE PROJETO

Informação volumétrica do projeto. Há necessidade de reunião conjunta a respeito dos dados enviados do efluente para se estabelecer a necessidade de dosagem de coagulante e alcalinizante antes da UF decorrente da presença de Matéria Orgânica Dissolvida e Metais dissolvidos.

3-OBSERVAÇÕES GERAIS

Caso hajam questionamento técnicos durante a fase de montagem, sejam de ordem elétrica, hidráulica, de projeto, etc desde que as partes acertem as alterações serão objeto de orçamento e cobrança à parte. O mesmo aplicando-se à instalação em campo.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



4-CONFIGURAÇÃO DO EQUIPAMENTO

O presente projeto utiliza 2 módulos Aquadyn de fibras ocas com área filtrante individual de 65m² nominal cada e taxa de filtração de até 120LMH (na verdade 120l/m²/h) dependendo do efluente a ser tratado. Automação feita através de cabeçotes inteligentes.

Bomba de retrolavagem inclusa no preço. Painel elétrico de comando incluso nos preços, compressor de ar para a retrolavagem incluso nos preços. (Frete não incluso)

5-VALORES

Valor Total: R\$ 137.490,00

6-FORMA DE PAGAMENTO:

40% de sinal
40% na montagem final e testes do equipamento
20% na instalação da unidade em campo.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE: Estão previstas 3 visitas técnicas de ajuste do equipamento em campo. Após isso, cada visita técnica pelo valor simbólico de R\$ 490,00 será acrescida de despesas de deslocamento e alimentação de 3 técnicos.

7-RESPONSABILIDADE TÉCNICA:

A Guarany se responsabiliza pela qualidade final do Efluente, uma vez conhecido o histórico mensal da qualidade do mesmo, bem como a tecnologia do filtro polidor antes do módulo aqui proposto. Poderá haver necessidade de Up-Grade no mesmo.

Retrabalhos por necessidades diversas serão cobradas em orçamentos à parte.

Atenciosamente.

Filtros Guarany

Na página a seguir alguns exemplos de módulos de UF

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



PROASTEC - TECNOLOGIA EM TRATAMENTO DE AGUA E EFLUENTES

AV. Eunice Cavalcante de Souza Queiroz, 834 – JUNDIAÍ – S.P. CEP: 13.212.463
FONE: (0XX11) – 4533-3040 / 4601-2221

Jundiaí, 05 de Julho de 2017

À:

AUTON – RJ.

A/C: **Fábio Ambrosio – comercial.**

Referente: Montagem UF 2 m³/h

Proposta previa.

É com satisfação que encaminhamos aos seus cuidados, nossa proposta Técnica Comercial para sua apreciação e aprovação e nos colocamos à disposição para detalhamentos e alinhamentos.

Desde 2001, a Proastec é referência no mercado de tratamento de águas e efluentes, atuando no Brasil, fornecendo sistemas, equipamentos e serviços através de diferenciadas soluções técnicas.

São mais de 500 equipamentos e sistemas comercializados e serviços prestados, utilizando material de melhor qualidade na fabricação dos equipamentos e acessórios, garantindo a qualidade e confiabilidade com garantias de fornecimento: eletromecânica, garantia estendida e garantia de performance.

A Proastec possui normas rigorosas de procedimentos que visam a satisfação dos nossos clientes no atendimento, pós-venda e durante a execução de obras e desenvolvimento de projetos.

Através da experiência, tradição e inovação, tornou-se possível atender diversas modalidades de fornecimento e serviços, com pacote tecnológico (equipamentos, projeto básico, projeto executivo, comissionamento), soluções turn-key, engenharia básica e de detalhamento, diagnósticos de sistemas atuais, mão de obra especializada, assistência técnica, suporte técnico e manutenção preventiva.

Com o objetivo de viabilizar a implantação das soluções e projetos, a PROASTEC disponibiliza condições e modalidades diferenciadas com condições comerciais e prazos diferenciados.

Atenciosamente,

Marcelo Sperandio – Desenvolvimento / Eng. WATER.

Contato.proastec@gmail.com - Marcelo@proastec.com.br

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



PROASTEC - TECNOLOGIA EM TRATAMENTO DE AGUA E EFLUENTES
 AV. Eunice Cavalcante de Souza Queiroz, 834 – JUNDIAÍ – S.P. CEP. 13.212.463
 FONE: (0XX11) – 4533-3040 / 4601-2221

SUMÁRIO TECNICO:

Premissas da Montagem

- ✦ A proposta de montagem baseou-se nas seguintes premissas:
- ✦ O fornecimento de banheiro e vestiários será de responsabilidade do cliente;
- ✦ O almoxarifado e segurança do armazenamento dos materiais serão de responsabilidade do Cliente;
- ✦ O Cliente fornecerá todos os pontos e gastos com energia elétrica necessária para os equipamentos e
- ✦ ferramentas, durante a montagem;
- ✦ A montagem será durante o período diurno, não sendo necessário segundo turno;
- ✦ O Cliente será responsável pela execução da base civil conforme aprovação do projeto, caso estejam,
- ✦ divergentes do combinado, serão responsáveis pela correção do mesmo;
- ✦ O Cliente deverá manter o local limpo e seco para início de montagem;

NOTAS: Qualquer alteração no escopo durante montagem, impactando nos prazos de montagem e/ou custos serão cobrados em aditivos de contrato;

Caso existam exigências de segurança específicas, procedimentos e cursos específicos, dificuldades na montagem que exijam equipamentos especiais, o contratante (cliente) deverá informar a PROASTEC durante negociação da proposta. Caso contrário, serão cobrados aditivos após a venda.

Comissionamento

O comissionamento é realizado ao término da montagem mecânica e elétrica. Todos os equipamentos são minuciosamente testados verificando o funcionamento, vazamento e desempenho dos equipamentos. Quando fornecido em conjunto com painel elétrico, são testadas todas as funções do painel juntamente com o equipamento. Entregando os equipamentos em perfeitas condições para o início de operação.

Documentos

- ✦ Todos os documentos são enviados no formato PDF. Estão inclusas em nosso escopo padrão:
- ✦ Desenhos de Conjuntos e Arranjos Gerais, com listagem de peças identificando todos os itens que os compõem;
- ✦ Plano de Pintura especificando o processo de limpeza e acabamento das peças;
- ✦ Plano de Inspeções e Testes;
- ✦ Manuais de montagem, Operação e Manutenção;
- ✦ Data Book;

NOTA: Outros documentos não especificados acima estão fora do escopo de fornecimento.

Investimento: R\$ 80.479,60
 PROPOSTA COMERCIAL n: 005/07-2017.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)

PROASTEC - TECNOLOGIA EM TRATAMENTO DE AGUA E EFLUENTES
AV. Eunice Cavalcante de Souza Queiroz, 834 – JUNDIAÍ – S.P. CEP. 13.212.463
FONE: (0XX11) – 4533-3040 – 4601-2221.

PROPOSTA COMERCIAL n: 005/07-2017.

Jundiaí, 05 de Julho de 2017.

À

AUTON - RJ.

Atenção: Sr.. FABIO AMBROSIO

Assunto: Projeto de Reuso de Água.

Proposta Técnica Comercial

Prezados Senhores

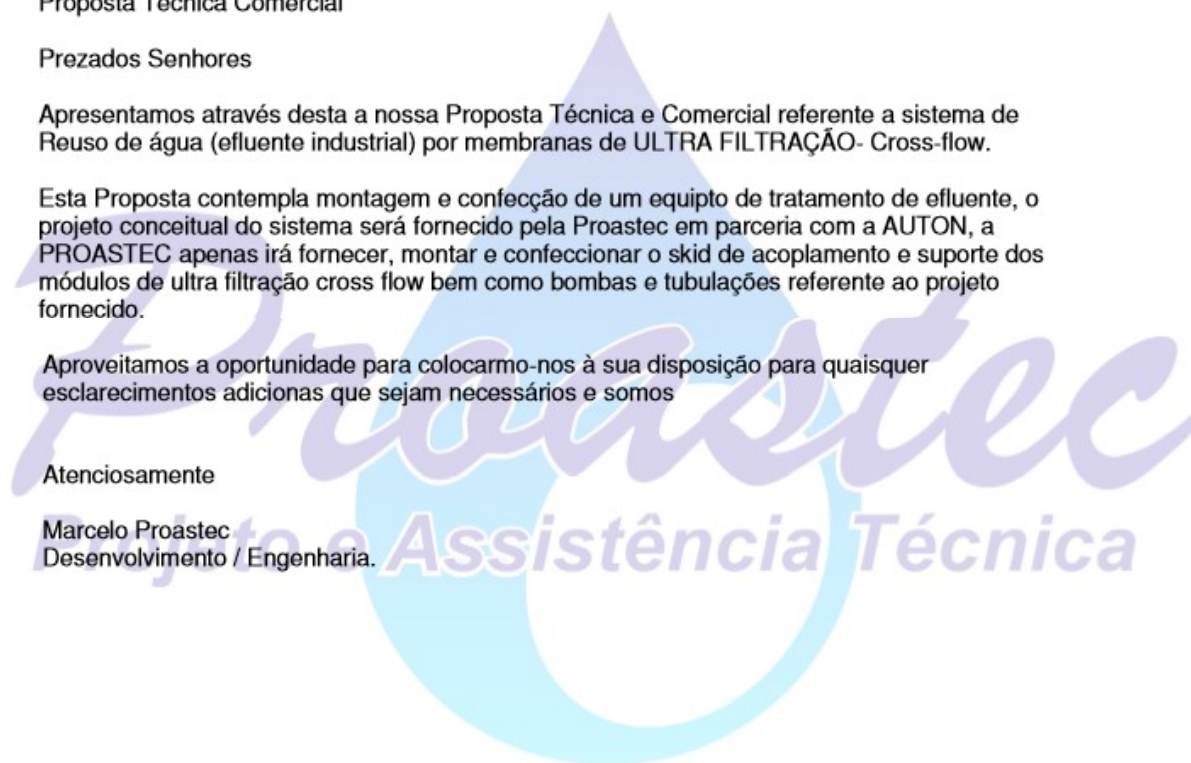
Apresentamos através desta a nossa Proposta Técnica e Comercial referente a sistema de Reuso de água (efluente industrial) por membranas de ULTRA FILTRAÇÃO- Cross-flow.

Esta Proposta contempla montagem e confecção de um equipto de tratamento de efluente, o projeto conceitual do sistema será fornecido pela Proastec em parceria com a AUTON, a PROASTEC apenas irá fornecer, montar e confeccionar o skid de acoplamento e suporte dos módulos de ultra filtração cross flow bem como bombas e tubulações referente ao projeto fornecido.

Aproveitamos a oportunidade para colocarmo-nos à sua disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais que sejam necessários e somos

Atenciosamente

Marcelo Proastec
Desenvolvimento / Engenharia.



APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



PROASTEC - TECNOLOGIA EM TRATAMENTO DE AGUA E EFLUENTES

AV. Eunice Cavalcante de Souza Queiroz, 834 – JUNDIAÍ – S.P. CEP. 13.212.463

FONE: (0XX11) – 4533-3040 – 4601-2221.

PROPOSTA COMERCIAL n: 005/07-2017.

INTRODUÇÃO

A proposta que apresentamos a seguir refere-se a montagem e instalação do projeto conceitual de sistema de reuso de água (efluente) por módulos de ultra-filtração do efluente proveniente de ETE.

A Proastec, possui experiência neste tipo de serviços e montagem de equiptos para tratamento de água e efluentes industriais tendo em vista que seus sócios atuaram nas empresas mais importantes de tratamento de águas e efluentes no Brasil, executando as mais variadas funções,

Desde estudos de concepção até projetos completos e comissionamento e posta em marcha de plantas.

Para o perfeito desenvolvimento de um projeto de reuso de água deve-se conhecer todas as características físicas químicas da água.

DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

A proposta que apresentamos a seguir refere-se a um sistema convencional e contemplará desde a montagem de um sistema de ultra filtração modular, o projeto do sistema foi dimensionado e projetado pela Proastec em parceria com o cliente Auton. É de responsabilidade da Proastec apenas a confecção e a instalação do equipto em campo pelo cliente.

ESCOPO DE SERVIÇOS

O trabalho de montagem e instalação será desenvolvido conforme a seguinte metodologia:

- _ Definição das etapas de tratamento pela Proastec.
- _ Dimensionamento dos equipamentos de processo pela Proastec

A documentação a ser fornecida compreenderá pela Proastec;

Projeto Conceitual

- _ Definição das etapas de tratamento pela Proastec;
- _ Seleção dos processos de tratamento cliente
- _ Dimensionamento dos equipamentos de processo Proastec
- _ Seleção de equipamentos de processo Proastec.
- _ sistema automatizado com painel elétrico por PLC NR-10
- _ Pre bombas de recirculação, retrolavagem e recalque.
- _ dosagem de químicos para CIPs alcalina e acidas automatizada.
- _ ski móvel de fácil manutenção e acoplamentos UF de engates simples rápidos.
- _ sistema pre montado para uso em campo direto.

CRONOGRAMA

Apresentamos a seguir um cronograma preliminar para a **execução dos serviços de montagem** contemplando desde as etapas de caracterização até o embarque do sistema pela PROASTEC.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



PROASTEC - TECNOLOGIA EM TRATAMENTO DE AGUA E EFLUENTES
 AV. Eunice Cavalcante de Souza Queiroz, 834 – JUNDIAÍ – S.P. CEP. 13.212.463
 FONE: (0XX11) – 4533-3040 – 4601-2221.

PROPOSTA COMERCIAL n: 005/07-2017.

Projetos básicos foram dimensionados pela empresa fornecedora das membranas de ultra-filtração Proastec import.

Projeto Conceitual

Prazo de montagem da Proastec 60 a 120 dias uteis, a partir dos componentes postos em nossa fábrica situada em Jundiaí- SP.

5. LISTA DE EXCLUSÕES

Esta proposta de serviços não inclui:

- Análises laboratoriais – por terceiros
- Fornecimento dos materiais para montagem do equipamentos de ultra filtração, membranas e materiais que é de responsabilidade da Proastec fornecer conforme proposta da mesma enviada ao depto de engenharia.
- Montagem dos equipamentos – por terceiros. Auton
- Licenciamento ambiental – a ser contratado posteriormente, se necessário.
- Despesas, taxas e/ou emolumentos referentes a qualquer órgão público.
- Obras civis de qualquer natureza – por terceiros
- Projeto de detalhamento fornecido pela Proastec
- Gerenciamento de qualquer natureza de projeto inicial e performance das membranas de ultra-filtração;
- Todo e qualquer serviço não claramente mencionado no item quatro (4) desta Proposta Técnica.

CONDIÇÕES COMERCIAIS

Preços:

SKID completo de um sistema de ultra-filtração para vazão de **2.000 Litros/hora**, Projeto Conceitual de montagem. R\$ 54.500,00

Notas: a) Os preços deverão ser revistos caso sejam introduzidas mudanças nos projetos fornecidos pelo cliente e Proastec

Pagamentos: a definir futuramente com o cliente. O valor acima citado para viabilidade de custo e verba.

Impostos:

Já incluso os impostos. S.T. por conta do cliente nos Estados da Federação.

Validade de Preços

Os preços são fixos em Reais e tem a validade de **30 (trinta)** dias a partir da data desta Proposta, porém deverão ser revistos em comum acordo entre as partes.

Aproveitamos a oportunidade para colocarmo-nos á sua disposição em tudo o mais e Somos
 Atenciosamente.

Marcelo Luis Proastec.
Desenvolvimento/Engenharia

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)

PROPOSTA TÉCNICA E COMERCIAL



Rio de Janeiro, 10 de Junho de 2017

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)

Rio de Janeiro, 10 de Junho de 2017

UF – Industria Farmacéutica/Avaliação de proceso.

MSC Eng Thiago Monteiro

Ref: Fornecimento de sistema para reutilização de efluentes industriais.

Prezado,

Baseando-se nos dados enviados e pela vasta experiência da AUTON AMBIENTAL em sistemas de tratamento desta natureza, estamos apresentamos a nossa Proposta Técnica-Comercial para o fornecimento de sistema para reutilização de efluentes industriais.

Franciane Barbosa – Coordenadora Administrativa & Comercial
CRA-RJ 20-89323
Tels. +55 21 3669-5417 / 3637-2850 * Cel. 21 98154-8674 / 21 3637-4052

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



APRESENTAÇÃO

Com atividades iniciadas em 2001, a AUTON especializa – se no fornecimento de soluções integradas com produtos e serviços para captação de água e seu respectivo tratamento e tratamento efluentes.

A AUTON atua desde tratamento químico de torre de resfriamento, caldeiras, até equipamentos de Osmose Reversa, oferecem o que há de mais sofisticado em tecnologia de produtos e serviços para simples sistemas ou aqueles com maior complexidade.

A AUTON é Formada por uma equipe multidisciplinar altamente treinada e experiente, nossas parcerias com Líderes Mundiais proporcionam um real valor a nossos clientes, em todas nossas atividades estão incorporados princípios de qualidade para produtos e serviços, modelagem econômica que atenda às necessidades de nossos clientes e objetivo “ZERO” impacto ambiental.

Visão Global - A AUTON utiliza tecnologia de Líderes Mundiais em produtos e serviços para tratamento de água e efluentes.

Atendimento Local: - Empresa de capital nacional com equipe experiente, treinada e capacitada para seu mercado.

Soluções Individuais: Focada num segmento que necessita de soluções integradas, a AUTON pode projetar sistemas únicos e individuais para sua empresa.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



Logística otimizada: Garantindo a não interrupção de suas aplicações e continuidade operacional, realizamos entregas rápidas e corretas num tempo médio de 5 (Cinco) dias.

Todas as soluções em uma só empresa: A AUTON pode lhe oferecer todas as soluções em produtos químicos, equipamentos, serviços e consultoria ambiental, otimizando resultados com ganho de produtividade.

Qualidade e segurança – Todos os produtos e serviços são respectivamente produzidos e realizados sob rígido controle de qualidade.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



CADASTROS & CERTIFICAÇÕES

- ⇒ **CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio de Janeiro) AUTON – PJ – 2009203020.**
Engº Químico - Luiz Antonio de Oliveira Chaves
- ⇒ **CRQ 3ª Região (Conselho Regional de Química do Rio de Janeiro) AUTON – PJ – 04743.**
- ⇒ **ONIP (Organização Nacional da Indústria do Petróleo).**
- ⇒ **CADFOR (Cadastro de Fornecedores para o Segmento Brasileiro de Exploração e Produção de Petróleo e Gás natural).**
- ⇒ **PETROBRAS – CRCC (Certificado de Registro e Classificação Cadastral).**
- ⇒ **IBAMA 99576 (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).**
- ⇒ **REDE PETRO LESTE FLUMINENSE.**

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



DADOS TÉCNICOS

1. SISTEMA DE TRATAMENTO.

A indústria, com objetivo de reusar o efluente industrial, “adotou” o sistema de tratamento de Ultrafiltração (UF) para remoção de sólidos. O Sistema AUTON é composto por um SKID de UF detalhado na Tabela 03.

Tabela 03 – Sistema de UF

| UF (Ultrafiltração) - MANN+HUMMEL | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Vazão | 2 m ³ /h |
| Número de módulos | 2 |
| Regime Operacional | 8 horas |
| Automação | Cabeçotes temporizados |
| Taxa de Filtração | 120 L/m ² .h |

Tanque de Limpeza química

- Tipo Cilíndrico vertical
- Material PE industrial graduado
- Capacidade 300 litros.

Tubulação

As tubulações desde a alimentação do primeiro passo e dos rejeitos serão construídas em PVC soldáveis SCH-80.

A restante das outras linhas, como, por exemplo, a linha do permeado será confeccionada em PVC também SCH-80 industrial.

Válvulas Pressurizadoras

Será fabricado em aço inox, tipo agulha/globo de 40mm SCH-80.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



Pressostatos

Serão instalados na sucção e na descarga da bomba de pressurização e de alta pressão e na linha de permeado arranjos.

Painel de comando geral NR-10 - convencional.

Optamos por um sistema convencional, com os comandos sequenciados das bombas e com os Inter travamentos necessários para assegurar o sistema como um todo. Caso ocorra baixa pressão nas linhas de alimentação do primeiro e segundo passo, os pressostatos enviarão um sinal a um temporizador (com antecedência predeterminada para economizar variações pontuais) e enviarão um sinal de alarme, paralisando seu funcionamento em seguida. Será instalado um interruptor para baixa carga elétrica. Os alarmes serão individualizados e permanecerão acionados até se acione manualmente o botão de aceite do alarme. Os motores serão acionados com partidas suaves.

A planta contará com um completo sistema de alarmes para permitir que operador ou pessoa capacitada identifique qualquer tipo de falha operacional no painel. A identificação de cada condutor de sensores, válvulas, contadores, etc., das caixas de interconexão serão encaminhados via cabo de modos coincidentes com a entrada ou saída do Painel elétrico que corresponda. Marcas e modelos dos acionadores, comutadores, sinalizadores e conectores elétricos utilizados WEG, SIEMENS, EATON, SCHNEIDER e TELEMECANIQUE. Caixa protetora em aço carbono Epoxi contra explosão padrão Proastec/NR-10

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO.

O efluente industrial atualmente descartado no corpo receptor será encaminhado para o SKID de UF, com capacidade de produzir minimamente 2 m³/h.

- O efluente gerado na limpeza química da UF será encaminhado para o início da ETEI.
- O rejeito e/ou limpeza química da UF será encaminhado para o início da ETEI.

3. PRODUTOS QUÍMICOS

Serão utilizados os produtos a seguir:

- ✚ Alcalinizante (Soda caustica a 20%)
- ✚ Biocida oxidante (Hipoclorito de sódio 12% - 1 ppm)
- ✚ Ácido Clorídrico (Limpeza química)

4. GARANTIA

A AUTON AMBIENTAL, garante o sistema pelo prazo de 1 ano*, sendo este a contar da saída da unidade AUTON. A garantia abrange a substituições de peças quando a mesma apresentarem defeitos desde que comprovada problema de fábrica e/ou montagem.

*Após 90 dias do início da operação a garantia se encerrará.

APÊNDICE B – Orçamentos (continuação)



5. SERVIÇOS INCLUSOS

- Projeto básico, executivo e execução (elétrico e hidráulico)
- Manual de Operação
- Startup
- ART
- Montagem hidráulica e eletromecânica; Material Montagem hidráulica e elétrico.

6. SERVIÇOS E/OU EQUIPAMENTOS NÃO INCLUSOS

- Ponto de energia com a potência estabelecida pela Engenharia AUTON.
- Pré filtração UF
- Obtenção de Licença ambiental, seja ela qual for (Municipal, estadual ou Federal).
- Fornecimento de ponto de energia elétrica conforme potência determinada pela Engenharia AUTON.
- Qualquer obra civil na unidade.
- Análises físico químicas.
- Produtos químicos.
- Projeto/execução civil.
- Caminhão "suga fossa"

COMERCIAL

| DESCRIÇÃO / MODELO | INVESTIMENTO |
|---|----------------|
| Equipamento de UF (2 m ³ /h) | R\$ 138.988,00 |

- Todos Impostos Inclusos
- Empresa Optante Pelo Simples Nacional
- Equipamentos faturado pela empresa AUTON ESPECIALIDADES QUÍMICAS E EQUIPAMENTOS.

APÊNDICE B – Orçamentos (conclusão)



RESPONSÁVEIS TÉCNICOS

Luiz Antonio de Oliveira Chaves

Engenheiro (UFRJ)

CRQ RJ 0334521

CREA RJ 2003105231/D