



FACULDADE CATÓLICA DE ANÁPOLIS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

**TECNOLOGIAS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA E PESQUISA DE CAMPO NAS ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DO DISTRITO AGROINDUSTRIAL  
DE ANÁPOLIS**

FERNANDO DIVINO DO NASCIMENTO CARVALHO

ANÁPOLIS/GO

2017

FERNANDO DIVINO DO NASCIMENTO CARVALHO

**TECNOLOGIAS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES: REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA E PESQUISA DE CAMPO NAS ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DO DISTRITO AGROINDUSTRIAL  
DE ANÁPOLIS**

Artigo apresentado à Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade Católica de Anápolis para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Anápolis-GO, 29 de Junho de 2017.

APROVADAS EM: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Ricardo Moreira de Castro  
Orientador

\_\_\_\_\_  
Prof. Ms. Ricardo Elias do Vale Lima

# TECNOLOGIAS EM TRATAMENTO DE EFLUENTES: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E PESQUISA DE CAMPO NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO DISTRITO AGROINDUSTRIAL DE ANÁPOLIS

Fernando Divino do Nascimento Carvalho<sup>1</sup>

Ricardo Moreira de Castro<sup>2</sup>

**RESUMO:** A crescente expansão industrial e a alta demanda por bens de consumo vêm ocasionando o esgotamento de recursos naturais, como a água. Dessa forma, têm sido exploradas diversas alternativas para o consumo sustentável, tratamento e disposição final adequada para os efluentes industriais. Neste panorama, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico das tecnologias em tratamento de efluentes compostos por Sistema de Biorreatores com Membranas (MBR), Processos Oxidativos Avançados (POA) e Adsorção analisando a aplicação em nível industrial. Foram realizadas visitas em diversas empresas localizadas no Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA) analisando em termos gerais a gestão do recurso hídrico pelas empresas, bem como a presença ou não de tratamento de efluentes. Foi constatado que todos os empreendimentos utilizam como fonte principal de água potável, à fornecida pela Companhia de Desenvolvimento Econômico do Estado de Goiás (CODEGO), contudo algumas possuem fontes alternativas e reutilizam água. Foi observado que 82,0% das empresas possuem estações para o tratamento de efluentes e que os 18,0% restantes planejam desenvolver seus próprios sistemas de tratamento. São utilizadas em 30,0% das empresas tecnologias de MBR e POA para complementar o processo de tratamento e garantir a qualidade do efluente destinado à rede coletora do DAIA, e que o processo de adsorção será futuramente inserido como complemento no tratamento em 20,0% das empresas.

Palavras-chave: Efluentes, DAIA, Biorreatores com Membranas, Adsorção, Processos Oxidativos Avançados.

**ABSTRACT:** The growing industrial expansion and strong demand for consumer goods come causing the depletion of natural resources such as water. In this way, several alternatives have been explored for sustainable consumption, the treatment and final disposal adequate for industrial effluents. In this panorama, the present study had as objective to carry out a bibliographical survey of the technologies in effluent treatment composed of Membrane Bioreactors System (MBR), Advanced Oxidative Processes (POA) and Adsorption analyzing the application in an industrial level. A Field Survey was also carried out in several companies located in the Agribusiness District of Anápolis (DAIA), analyzing in general terms the management of the water resource by the companies, as well as the presence or not of wastewater treatment. It was verified that all the enterprises use as main source of drinking water, provided by the Economic Development Company of the State of Goiás (CODEGO), however some have alternative sources and reuse water in order to reduce costs and reduce the environmental impact on water sources. It was observed that 82% of the companies have effluent treatment stations and that the remaining 18% plan to develop their own treatment systems. The MBR and POA technologies are used in 30% of the companies that have effluent treatment to complement the process and to guarantee the quality of the effluent destined to the collection network of the DAIA, and that the adsorption process will be inserted in the future as a complement in the treatment in 20 % of companies.

Keywords: Wastewater, DAIA, membrane bioreactors, adsorption, oxidative processes.

---

<sup>1</sup>Acadêmico do 4º Período do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade Católica de Anápolis (fernando.carvalho@caoamontadora.com.br). <sup>2</sup>Bacharel em Química (UFG). Especialista em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos (UFG). Professor orientador do Projeto Integrador do curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental (quimico.ricardocastro@gmail.com).

## 1. INTRODUÇÃO

É recente a preocupação com o meio ambiente pela comunidade mundial, em que foi intensificada a partir da década de 1960 ocorrendo a partir daí encontros mundiais de significativa importância, como a conferência mundial de Meio Ambiente em Estocolmo, a ECO-92 no Rio de Janeiro e as Conferências de Kyoto, para discussão da conduta dos países em relação às mudanças climáticas e um novo comportamento sustentável (LUZ; SELLITTO; GOMES, 2006).

A crescente demanda por bens de consumo acompanhados pelo crescimento demográfico ocasiona de forma progressiva a expansão da atividade industrial, sendo estes, os principais fatores que resultam no esgotamento dos recursos naturais, uma vez que são utilizados como insumos na produção e também receptores dos resíduos provenientes da indústria e urbanização. Entre estes se destaca a exploração dos recursos hídricos, levando à sua escassez, portanto tem-se dado atenção especial a esta problemática. A cada dia o conceito de desenvolvimento sustentável faz presente à necessidade de novas tecnologias, e conscientização para novos desafios das gerações futuras atendendo suas próprias necessidades e conservação dos recursos naturais, essencial para manutenção da vida no planeta.

O efluente gerado decorrente da atividade humana é destinado aos corpos hídricos e eventualmente, quando não tratados de maneira adequada ocasionam a contaminação destes receptores desencadeando uma série de impactos ao meio ambiente, saúde humana e economia, uma vez que a água é um recurso extensivamente utilizado nos processos de produção. Os métodos de tratamento são diretamente relacionados às características do efluente e sua composição, sendo comumente utilizados em diversas estações de tratamento de efluentes (ETE) processos físico-químicos tais como, coagulação, floculação, sedimentação, flotação dentre outros e o método biológico por lodos ativados. Contudo, tais processos podem apresentar-se não suficientes na remoção dos variados poluentes presentes nos rejeitos, sendo assim, são necessárias técnicas complementares e/ou alternativas a fim de garantir a qualidade da água após o tratamento sendo então possível realizar o reúso da água ou o descarte adequado nos corpos receptores (HASSEMER; SENS, 2002; CRESPILO; SANTANA; REZENDE, 2004).

O Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA) está situado no eixo Goiânia-Anápolis-Brasília, que é a região mais desenvolvida do centro-oeste brasileiro. Além de incentivos

fiscais que visam à industrialização do estado de Goiás, a posição geográfica é estratégica na implementação das indústrias visto que, possui interligação com o Porto de Santos por um ramal da ferrovia Centro Atlântica, e é também o marco zero da ferrovia Norte-Sul, ainda em construção. Outro fator de suma importância que atraem diversos modelos produtivos à cidade de Anápolis é a topografia da região sem grandes desníveis, bem como a presença de uma rede de drenagem natural, além de se servir de duas bacias hidrográficas, a Amazônica e Platina que são utilizadas para o abastecimento das indústrias.

Nesta perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre as técnicas terciárias de tratamento de efluentes: Biorreatores com Membranas (MBR), Processos Oxidativos Avançados (POA) e Adsorção além de uma pesquisa de campo em algumas Estações de Tratamento de Efluentes de indústrias localizadas no DAIA a fim de levantar dados estatísticos referentes às técnicas de tratamento utilizadas e o emprego de tecnologias no tratamento de efluentes a nível terciário.

Por meio do estudo realizado, percebeu-se que a maioria das empresas visitadas possuem estações de tratamento dos efluentes e aquelas que não possuem, planejam implementar sistemas de tratamento. Observou-se também que há um crescente interesse das empresas em desenvolvimento sustentável, sendo que uma parcela destas possuem fontes de água alternativas, bem como processos de reaproveitamento do recurso que visam simultaneamente diminuir o impacto ambiental e custos de produção.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. POLUIÇÃO INDUSTRIAL**

A partir da Revolução Industrial no século XVIII, o mundo seguiu um novo modelo social em que correram a partir daí, a ampliação e distribuição de bens de consumo em volumes cada vez maiores e a ritmos cada vez mais acelerados. Dessa forma, a exploração dos recursos naturais foi acompanhada com o desenvolvimento industrial que ao longo dos séculos desencadeou um desequilíbrio ambiental visto a somatória de diversos fatores como a extração desenfreada de matérias-primas naturais e produção de rejeitos (sólidos, líquidos e gasosos) compostos por diversas substâncias utilizadas e decorrentes nos processos produtivos e que ocasionalmente são depositados no ambiente, tanto terrestres como aquáticos. Outro fator aliado à Revolução Industrial é a urbanização que desencadeou uma alta demanda por bens de consumo. A problemática ambiental é ainda agravada pelo perfil

social, uma vez que em locais onde há menor disposição de recursos tecnológicos e financeiros a devastação do meio ambiente ocorre de maneira descontrolada, como por exemplo, a falta de saneamento básico acarreta na destruição de ecossistemas aquáticos uma vez que, estes se tornam esgotos à céu aberto devido a falta de tratamento e disposição adequada dos resíduos sólidos e efluentes industriais (GOULART; CALLISTO, 2003).

## 2.2. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A legislação é a primeira condicionante para um projeto de uma estação de tratamento de efluentes, sendo importante ressaltar que as diferenças das legislações muitas vezes inviabilizam a cópia de uma estação de tratamento que apresente sucesso em um local para outro. Uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) pode ser suficiente para atender a legislação de um Estado, mas não atender a todos os limites estabelecidos por outro (GIORDANO, 2003).

No lançamento dos resíduos líquidos em um corpo hídrico, deve ser levada em consideração a classe deste corpo receptor de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece a classificação dos corpos de água doces, salobras e salinas de acordo com a qualidade requerida para seus usos hegemônicos (BRASIL, 2005).

De acordo com a Resolução CONAMA 430/2011 art. 3º os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições padrões e exigências dispostas nesta resolução e em outras normas aplicáveis. A Resolução também define em complementação à Resolução CONAMA 357/2005, devendo ser analisada a capacidade de suporte do corpo receptor, bem como a Concentração de Efeito Não Observado (CENO) que define a concentração máxima do efluente que não causa efeito na sobrevivência e reprodução dos organismos em determinado tempo de exposição e a concentração do efluente no corpo receptor, sem porcentagem. É importante ainda salientar, que a Resolução estabelece que o órgão ambiental competente possa, mediante fundamentação técnica, exigir tecnologia ambientalmente adequada e economicamente viável tendo em vista particularidades do efluente em específico, bem como as características do corpo receptor (BRASIL, 2011).

### 2.3. TRATAMENTO DE EFLUENTES

Efluentes industriais são definidos pela NBR 9800 de 1987, como sendo todos os rejeitos líquidos oriundos da atividade industrial, águas de refrigeração e pluviais poluídas e esgoto doméstico (ABNT, 1987). Os efluentes apresentam diversos efeitos toxicológicos no meio ambiente e na saúde pública, tal fato deve-se a complexidade física, química e biológica de cada rejeito influenciada diretamente pelos processos produtivos. Os principais parâmetros a serem considerados no descarte de efluentes são a turbidez, cor, concentração de oxigênio dissolvido, concentração de sólidos totais dissolvidos, pH, dureza, temperatura, concentração de nitrogênio e fósforo totais, microorganismos patogênicos, demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO) e alcalinidade (DEZOTTI, 2008).

O controle destes parâmetros não implica na qualidade e no descarte apropriado dos efluentes em um corpo receptor, pois cada rejeito possui suas particularidades relacionadas à sua origem, bem como compostos específicos que mesmo em baixas concentrações desencadeiam um desequilíbrio ambiental como, por exemplo, fármacos, hormônios e pesticidas que possuem atividade desreguladora endócrina influenciando a reprodução da biota além de causadores de cânceres (REIS FILHO; LUVIZOTTO-SANTOS; VIEIRA, 2007).

Em termos gerais, o tratamento de efluentes é caracterizado em níveis que auxiliam na compreensão de sua eficiência. Tais níveis são definidos como preliminar, primário, secundário, terciário e avançado que resultam da combinação de diversas operações unitárias e processos. O tratamento preliminar consiste na remoção física de materiais sólidos suspensos através de etapas de gradeamento e desaeração, posteriormente o tratamento primário é caracterizado por processos físico-químicos que englobam a equalização, neutralização da carga do efluente e a aplicação de produtos químicos a fim de remover através da floculação e sedimentação de partículas em suspensão. O tratamento secundário é a etapa em que ocorre oxidação da matéria orgânica por meio de reações bioquímicas aeróbicas e/ou anaeróbicas, onde há a presença de microorganismos que compõem o material biológico denominado lodo ativado. E por último têm-se os níveis terciário e avançado que são constituídos por tecnologias de tratamento complementares, uma vez que, as etapas anteriores não são suficientes na remoção adequada de poluentes. Há uma grande diversidade de tecnologias desenvolvidas e em desenvolvimento para tratamento de efluentes em nível terciário e avançado e as características do efluente são as diretrizes para a escolha de uma

técnica específica que atenda as necessidades do tratamento realizado (HELMER; HESPANHOL, 1997).

#### 2.4. TECNOLOGIAS DE NÍVEL TERCIÁRIO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

A aplicação de um determinado modelo ou tecnologia no tratamento de efluentes é diretamente relacionada à heterogeneidade da composição dos resíduos, do custo financeiro, viabilidade técnica além do objetivo do tratamento. Se deseja remover contaminantes específicos, promover o reuso da água ou despejo em um corpo receptor (HELMER; HESPANHOL, 1997).

Técnicas de filtração de Biorreatores com membranas (MBR), Processos Oxidativos Avançados (POA) e Adsorção são muito utilizados no tratamento de efluentes por apresentarem processos que possuem aplicações a nível industrial, bem como, uma ampla gama de variações (ANDRADE; SOUZA; COUTO, 1998).

##### 2.4.1. BIORREACTORES COM MEMBRANAS (MBR)

O sistema de tratamento por biorreatores com membranas (MBR) consiste de uma técnica combinada de tratamento por lodos ativados e microfiltração ou ultrafiltração (varia conforme a porosidade), em que o princípio básico de funcionamento é a passagem do efluente pelos poros da membrana, onde o lodo ativado é retido na parte externa e a água permeia o interior do material sendo, portanto, clarificada (MELIN et al., 2006). Tal sistema de tratamento é uma alternativa altamente eficiente, visto que dispensa sistemas de clarificação terciários e filtração de areia no tratamento de efluente biológico além de apresentar-se também como um método de remoção físico multicomponente, em que retém os sólidos característicos do lodo ativado, macromoléculas e possui elevado nível de desinfecção física, uma vez que também é capaz de reter bactérias e vírus além de ainda apresentar como vantagem a baixa geração de lodo (JUDD, 2006).

A utilização de membranas de ultrafiltração possui significativa vantagem operacional no tratamento de efluentes, uma vez que, se utiliza basicamente de bombas de sucção para forçar a passagem do efluente pelos poros das membranas, facilitando assim o controle de variáveis importantes como vazão e a pressão exercida sobre o material filtrante, adequando o sistema às necessidades do processo (SHIMIZU et al., 1996). A pressão e a vazão com que o



efluente flui pelas membranas exercem significativa influência na sobrealimentação do sistema em seus estágios iniciais, o que pode ter como consequência a incrustação dos poros levando a um baixo rendimento e alto consumo energético até a danificação das membranas.

#### 2.4.2. PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Os Processos Oxidativos Avançados (POA) compreendem todas as técnicas de oxidação em que se produzem radicais hidroxila ( $\text{OH}^{\bullet}$ ), conhecidos na literatura por oxidar a grande maioria dos compostos orgânicos a dióxido de carbono. O mecanismo de atuação consiste na reação do radical hidroxila com um composto orgânico formando radicais orgânicos que posteriormente reagem com o oxigênio desencadeando uma série de reações e formando por fim dióxido de carbono e água (BRITTO; RANGEL, 2008).

Dentre as técnicas de oxidação de compostos orgânicos por meio da formação do radical hidroxila, tem-se a fotólise do peróxido de hidrogênio, onde sob irradiação ultravioleta (UV) ocorre a quebra homolítica da molécula de peróxido de hidrogênio formando dois radicais  $\text{OH}^{\bullet}$ ; a ozonização que consiste na reação direta da molécula de ozônio ou a produção de radicais hidroxilas em meio alcalino; fenton e foto-fenton que se dão na decomposição de peróxido de hidrogênio na presença de ferro em meio ácido e sob irradiação ultravioleta na região do visível ocorre a redução dos complexos de ferro levando Ferro (III) à Ferro (II) oxidando o ligante formando o radical hidroxila e regenerando o Ferro (II) para a reação de fenton, que é a decomposição do  $\text{H}_2\text{O}_2$  na presença de Fe (II) (MELO et al., 2009).

Os POA são alternativas promissoras na degradação de poluentes orgânicos, contudo ainda há uma grande barreira de aplicação de tais técnicas devido a não seletividade do radical hidroxila, que ao degradar determinados compostos leva a possibilidade da formação de intermediários com níveis de toxicidades mais altos que o componente que foi degradado (FREITAS; SIRTORI; PERALTA-ZAMORA, 2008).

Britto e Rangel (2008) realizaram um levantamento das principais técnicas utilizadas na degradação de compostos fenólicos através de processos de oxidação. Foi enfatizada pelos autores a presença de tais compostos nos efluentes, visto a sua presença em desinfetantes e matéria-prima na produção de diversas resinas plásticas, portanto é efetivamente presente em efluente doméstico e industrial além de possuir alta solubilidade em água.

### 2.4.3. ADSORÇÃO

Adsorção é um fenômeno de superfície que consiste no acúmulo de fases ou aumento da concentração de partículas sobre uma superfície sólida através da interação entre o substrato e a partícula adsorvida, sendo dependente da temperatura, pressão, natureza do adsorvente e o arranjo de suas partículas bem como a natureza do adsorvato (CASTELLAN, 1986).

Tal técnica baseia-se na passagem do efluente sobre um material adsorvente onde ficam retidos os poluentes e a água segue então tratada, destaca-se devido à sua alta eficiência em casos em que a concentração dos poluentes é inferior a  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (CHOO et al., 2016).

Diversos materiais são utilizados como adsorventes, sendo o mais comum o carvão ativado, que possui um extenso raio de aplicação que vai desde macromoléculas a compostos inorgânicos e orgânicos como os fenóis. Contudo, são ainda explorados diversos materiais como, por exemplo, os bioadsorventes que são compostos naturais empregados em processos de adsorção tais como a quitina, quitosana e celulose. Porém, um dos grandes problemas deste método de tratamento é a irreversibilidade da adsorção, sendo nestes casos, as mídias adsorventes materiais não renováveis o que requer trocas periódicas alavancando o custo econômico do processo e gerando resíduos sólidos (KHRAISHEH; ALDEGS; MCMINN, 2004).

É comum a presença de metais pesados, fenóis, hormônios, organoclorados, dentre outros contaminantes mesmo após tratamento primário, secundário e até terciário. Processos de adsorção visam, na sua maioria, a remoção de quantidades traço de poluentes presentes após etapas físico-químicas e biológicas de tratamento. Dessa forma a busca por materiais adsorventes que objetivam a remoção de compostos específicos tem sido bastante explorada por pesquisadores (GUPTA; NAYAK; AGARWAL, 2015).

## 3. METODOLOGIA

Foi realizada revisão bibliográfica dos métodos de Biorreatores com Membranas (MBR); Processos Oxidativos Avançados (POA) e Adsorção no tratamento de efluentes, ressaltando a diversidade de aplicação de tais técnicas, suas principais vantagens e desvantagens.

Posteriormente foi feita uma pesquisa de campo exploratória, realizada em diversas indústrias situadas no DAIA, na cidade de Anápolis sendo avaliados os seguintes pontos:

- Classificação geral dos métodos de tratamento de efluentes nas indústrias visitadas (preliminar, primário, secundário ou terciário) ou a inexistência de tratamento de efluentes *in loco*;
- Aplicação do questionário constante em Anexo referente à presença de estações de tratamento de efluentes e a aplicação de tecnologias de tratamento a nível terciário nas empresas visitadas;
- Destino dos efluentes pós-tratamento;
- Consumo de água potável bem como as fontes utilizadas;
- Emprego das tecnologias: MBR, POA e Adsorção.

A partir das repostas obtidas pelo questionário aplicado foi realizado um estudo estatístico com o intuito de analisar a situação atual e a tendência no tratamento de efluentes e gerenciamento de recursos hídricos por parte das empresas situadas no DAIA, bem como a aplicação industrial das tecnologias de biorreatores com membranas, adsorção e processos oxidativos avançados.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Segundo a Companhia de Desenvolvimento Econômico de Goiás (CODEGO), estão situadas no DAIA mais de 150 empresas, sendo a economia baseada em diversos segmentos como indústrias de transformação química, farmacêuticas, alimentícia, automobilística e também comércio atacadista. A heterogeneidade dos processos produtivos e a grande quantidade de empresas tem como consequência a geração de alto volume de efluentes industriais.

Tal fato levou a CODEGO publicar um Ofício Circular no ano de 2016 que obriga a todas as empresas do DAIA independente dos processos produtivos apresentarem mensalmente e semestralmente análises físico-químicas, presentes nos artigos 63 e 67 do Regulamento dos Serviços de Água e Esgotos da companhia, do efluente gerado a fim de que sejam mantidos o controle ambiental e a preservação dos recursos naturais. A figura 1 mostra a evolução no decorrer do tratamento de efluente industrial e biológico proveniente de

indústria automobilística e tratado pelo método de biorreatores com membranas chegando até a fase final que é a água para reutilização.

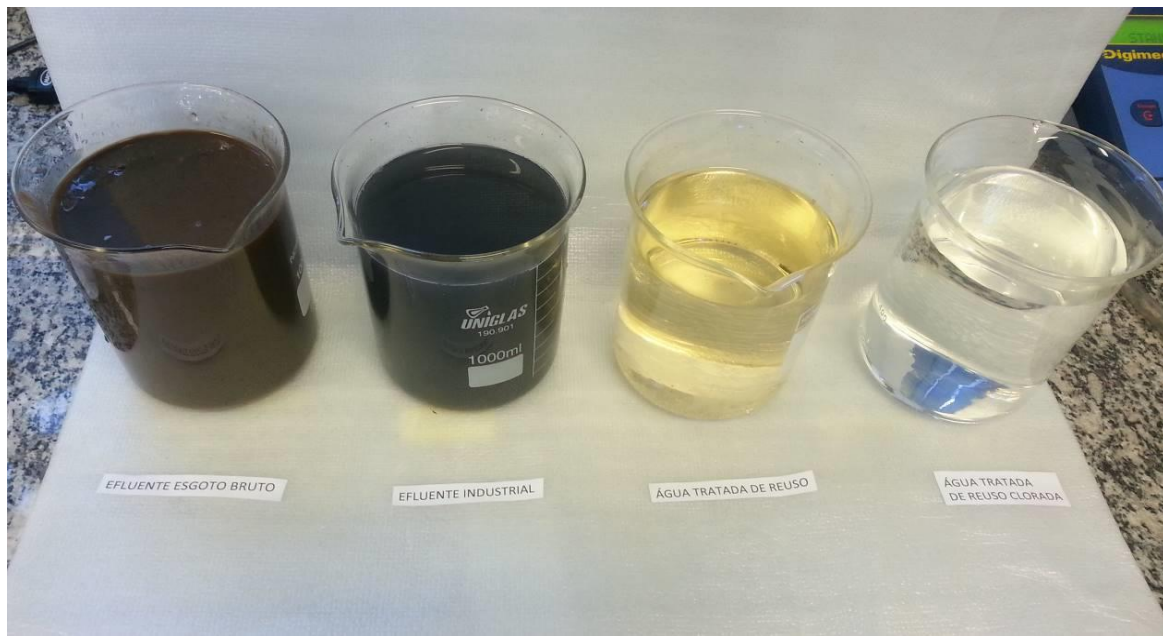


Figura 1. Efluente esgoto bruto, efluente industrial, água tratada e água tratada clorada.  
Fonte: O autor, 2017.

Criada pela Lei nº 19.064, de 14 de outubro de 2015, a CODEGO possui o objetivo de ampliar e acelerar a industrialização do Estado de Goiás, atraindo investimentos e aumentando os distritos industriais sendo ligada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SED). Atuando na administração de 34 distritos industriais, a companhia se depara atualmente com o desafio ambiental na ampliação do DAIA em Anápolis, visto a alta carga de efluentes despejada na rede de esgoto que conseqüentemente chega à estação de tratamento do DAIA.

O processo de tratamento dos efluentes se dá por lagoas de estabilização em que na primeira etapa é constituída de lagoas facultativas anaeróbicas onde são adicionadas culturas de microrganismos que realizam a decomposição da matéria orgânica de forma anaeróbica, seguindo então para lagoas aeradas onde ocorre à decomposição da matéria orgânica na presença de oxigênio, e o efluente segue para lagoas de decantação com o objetivo de retirar a biomassa presente e garantir que a mesma não chegue ao corpo receptor. Na última etapa têm-se as lagoas de maturação que visam à remoção de possíveis patógenos. Após este tratamento, o efluente é descartado no corpo receptor (Ribeirão Extrema) conforme figura 2 e 3.



Figura 2. Disposição final do efluente tratado.  
Fonte: O autor, 2017.



Figura 3. Disposição final do efluente tratado.  
Fonte: O autor, 2017.

O elevado volume de efluentes e a heterogeneidade na composição são as principais dificuldades enfrentadas pela companhia na garantia da qualidade do efluente tratado, uma vez que, o sistema de tratamento utilizado muitas vezes é incapaz de atender a demanda e ineficiente frente a diversos poluentes tais como fármacos, metais pesados dentre outros. Outro fator que corrobora com a situação é a precariedade da estação.

A pesquisa de campo teve como objetivo principal analisar a presença de estações de tratamento de efluentes e a aplicabilidade das técnicas de tratamento por Biorreatores com Membranas, Processos Oxidativos Avançados e Adsorção nas empresas visitadas. A partir da pesquisa realizada e dos dados coletados foi possível relacionar eventuais problemas na distribuição da água potável no DAIA e qualidade do efluente que é enviado para a Estação de Tratamento de Efluentes geral do distrito industrial facilitando como isso, futuros planejamentos na gestão dos recursos hídricos e projetos que objetivam aperfeiçoar o tratamento dos efluentes industriais. Tais planejamentos na rede de esgoto e distribuição de água no DAIA são de suma importância no contexto atual, visto que estes são alguns dos principais gargalos na ampliação do parque industrial e instalação de novas empresas.

A pesquisa foi realizada em quinze empresas localizadas no Distrito Agroindustrial de Anápolis e os resultados discutidos foram baseados nas respostas obtidas pela aplicação do questionário constante em anexo. Os segmentos de atuação foram diversificados tendo presentes indústrias dos ramos de saneantes, farmacêuticas, transformação química, papel, agroindústria (óleo, biodiesel e derivados), metal mecânica e logística.

Inicialmente analisando as fontes de água potável utilizadas foi constatado que todas as empresas são abastecidas pela rede da CODEGO. Contudo, 60,0% utilizam também fontes alternativas, sendo que 83,0% das fontes alternativas são poços artesianos e 17,0% utilizam água proveniente de lagoa de retenção. Incluído no grupo das empresas que não possuem fontes alternativas foi observado que 50,0% delas planejam utilizar água proveniente de poços artesianos.

Das empresas analisadas 30,0% possuem também como fonte alternativa água reutilizada do sistema produtivo. Nesta perspectiva, 43,0% das empresas que não possuem sistema de reutilização de água planejam implementar um sistema de reaproveitamento. Percebe-se que há a preocupação por quase metade das empresas que não reusam a água em desenvolver políticas e projetos com o intuito de minimizar desperdício, aliado à redução de custos o que influencia diretamente no impacto ambiental da atividade industrial e percebe-se uma tendência do setor privado em atividades cada vez mais eficientes que minimizam o consumo.

No âmbito dos efluentes industriais, é possível verificar (Figura 4) que a maioria dos empreendimentos possui, pelo menos, tratamento a nível primário que é constituído basicamente do processamento físico-químico do efluente. Outra parcela menor indica a presença de tratamento em nível secundário, sendo feito também o tratamento não apenas dos resíduos de produção como também, do esgoto sanitário.

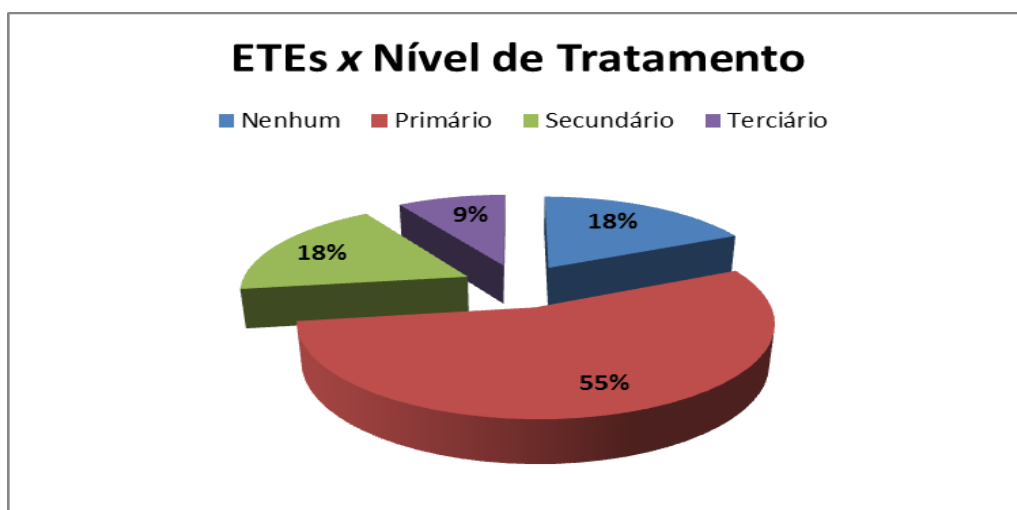


Figura 4. Estações de Tratamento de Efluentes e o nível de tratamento aplicado.  
Fonte: O autor, 2017.

É ainda observado que há uma relevante fatia de empreendimentos que não possuem sistemas de tratamento de efluentes e que a menor parcela é representada por indústrias que

realizam tratamento a nível terciário. É válido salientar que todas as empresas geram rejeitos provenientes tanto das atividades profissionais quanto esgoto sanitário e que, todas descartam os efluentes gerados após processo de tratamento ou não, na rede coletora de esgoto encaminhando para a ETE do DAIA.

A Figura 5 expõe as tecnologias de tratamento de efluentes como Biorreatores com Membranas (MBR), Processos oxidativos avançados (POA) e Adsorção aplicados nas estações de tratamento. Percebe-se que métodos como MBR e POA já são aplicados a nível industrial no DAIA. Nenhuma das empresas visitadas continham o sistema por adsorção, porém 20,0% destas tem a intenção de adotar tal tecnologia para complementar o processo e despejar os resíduos provenientes das atividades de acordo com as novas especificações da CODEGO.

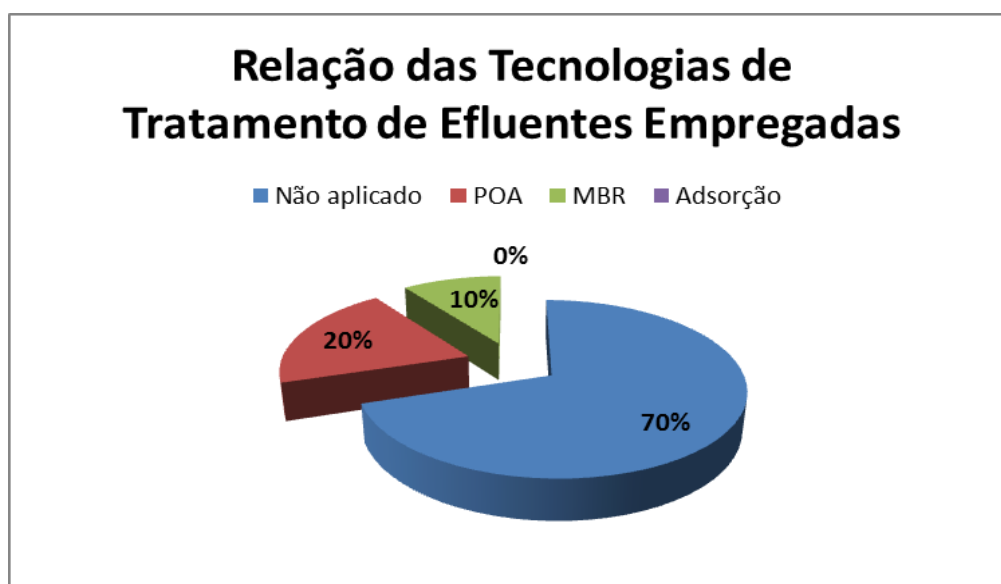


Figura 5. Tecnologias de Tratamento de Efluentes (DAIA).

Fonte: O autor, 2017.

Há a tendência na intensificação da legislação ambiental e uma nova regulamentação imposta pela CODEGO publicada no Ofício Circular do ano de 2016, consequência da elevada quantidade de efluentes recebida diariamente, dos rejeitos provenientes de diversas linhas industriais sendo portanto necessário sistemas de tratamento mais sofisticados que o atual e levando em consideração o aumento constante no volume de efluentes a ser tratado conforme o tempo, para que dessa forma seja garantido a correta disposição dos efluentes bem como a garantia do descarte adequado no meio ambiente.

Em busca por desenvolvimento aliado à conservação do meio ambiente impactando na sustentabilidade da atividade econômica e qualidade de vida da sociedade, diversas empresas buscam a ampliação e construção de sistemas de tratamento. Dos empreendimentos visitados, apenas 20,0% não possuem planejamento em relação ao aumento da capacidade no tratamento de efluentes, contudo, 50,0% visam ampliação das estações com o intuito de reutilizar água do processo produtivo. É válido ainda ressaltar que aquelas empresas que não dispõem de nenhum sistema de tratamento dos efluentes planejam implementar uma ETE.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através do levantamento bibliográfico sobre os sistemas MBR, POA e Adsorção para tratamento de efluentes, percebe-se que são tecnologias aplicáveis e flexíveis a variações que sistemas de tratamento específicos eventualmente necessitam, garantindo assim um maior raio de aplicabilidade real das pesquisas desenvolvidas em torno destas tecnologias.

Através da pesquisa de campo, nota-se também que tais processos já são aplicados de forma satisfatória garantindo a diversos empreendimentos maior sustentabilidade na produção, uma vez que, possibilita reuso da água ou descarte de rejeitos com níveis de contaminantes significativamente baixos nos corpos receptores. Foi confirmada a presença de tais tecnologias nas Estações de Tratamento e que a fração tende a aumentar devido a novos projetos de ampliação da capacidade de tratamento.

Também é notado que, a exigência da qualidade dos efluentes despejados tanto na ETE do DAIA quanto para os corpos receptores tendem a se intensificar visto a alta carga direcionada a estação do DAIA. Dessa forma há a necessidade de um tratamento prévio por parte do gerador do efluente, o que tende às indústrias a buscar alternativas mais eficientes de consumo de água e no tratamento dos rejeitos visando atender as normas estabelecidas pelos órgãos ambientais competentes nas esferas, municipal, estadual e federal bem como, reduzir custos em longo prazo e garantir a oferta dos recursos naturais ao decorrer dos anos, contribuindo para o desenvolvimento de um novo modelo econômico sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente.



## 6. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. C. B. de; SOUZA, M. F. L. de; COUTO, E. da C. G. Influência de Efluentes Têxteis e Alimentícios sobre o Metabolismo e Propriedades Físicas e Químicas do Rio Piauitinga (SERGIPE). **Química Nova**, v. 21, p.424-427, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9800**: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA); **Resolução N° 430**, DE 13 DE MAIO DE 2011.
- BRASIL. Constituição (2005). Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. **Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005**. Brasília, DF.
- BRITTO, J. M.; RANGEL, M. do C. PROCESSOS AVANÇADOS DE OXIDAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM EFLUENTES INDUSTRIAIS. **Química Nova**, v. 31, p.114-122, 2008.
- CASTELLAN, G. **Fundamentos de Físico-Química**. Rio de Janeiro – RJ. Editora LTC, 1 ed., p. 460-463, 1986.
- CHEN, L.; GU, Y.; CAO, C.; ZHANG, J.; NG, Jing-Wen; TANG, C. Performance of a submerged anaerobic membrane bioreactor with forward osmosis membrane for low-strength wastewater treatment. **Water Research**, v. 50, p.114-123, 2014.
- CHOO, C. K.; KONG, X. Y.; GOH, T. L.; CHENG, N. G.; HORRI, B. A.; SALAMATINIA, B. Chitosan/halloysite beads fabricated by ultrasonic-assisted extrusion-dripping and a case study application for copper ion removal. **Carbohydrate Polymers**, v. 138, p.16-26, 2016.
- CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C. G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de Efluente da Indústria de Processamento de Coco Utilizando Eletroflotação. **Química Nova**, v. 27, p. 387-392, 2004.
- DECHEZLEPRÊTRE, A.; NEUMAYER, E.; PERKINS, R. Environmental regulation and the cross-border diffusion of new technology: Evidence from automobile patents. **Research Policy**, v. 44, p.244-257, 2015.

DEFRANCE, L.; JAFFRIN, M.Y. Comparison between filtrations at fixed transmembrane pressure and fixed permeate flux: application to a membrane bioreactor used for wastewater treatment. **Journal of Membrane Science**, v. 152, p.203-210, 1999.

DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas para controle ambiental de Efluentes Líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais Ltda, 2008. 359 p.

ENCONTRO NACIONAL SOBRE MÉTODOS DOS LABORATÓRIOS DA EMBRAPA, 8., 2003, Jaguariúna. **Tratamento de Efluentes**. Jaguariúna: Cnpq - Embrapa, 2003. 28 p.

FREITAS, A. M. de; SIRTORI, C.; PERALTA-ZAMORA, P. G.. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS PARA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS COM GEOSMINA E 2-MIB. **Química Nova**, v. 31, p.75-78, 2008.

GIORDANO, G.; TRATAMENTO E CONTROLE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS, Diretor Técnico da Tecma-Tecnologia em Meio Ambiente Ltda, 2003.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA COMO FERRAMENTA EM ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL. **Revista da FAPAM**, n. 1, p.1-9, 2003.

GUPTA, V. K.; NAYAK, A.; AGARWAL, S. Bioadsorbents for remediation of heavy metals: Current status and their future prospects. **Environmental Engineering Research**, v. 20, p.1-18, 2015.

HASSEMER, M. E. N.; SENS, M. L. TRATAMENTO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL. PROCESSO FÍSICO-QUÍMICO COM OZÔNIO E COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, p.31-36, 2002.

HELMER, R.; HESPANHOL, I. **Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management Principles**. London: St Edmundsbury Press Ltda, 1997.

JUDD, Simon. **The MBR Book Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment**. 2. ed. Elsevier Science, 2006. 344 p.

KHRAISHEH, M; ALDEGS, Y.; MCMINN, W. Remediation of wastewater containing heavy metals using raw and modified diatomite. **Chemical Engineering Journal**, v. 99, p.177-184, 2004.

LUZ, S. O. de C. da; SELBITTO, M. A.; GOMES, L. P. MEDIÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL BASEADA EM MÉTODO MULTICRITERIAL DE APOIO À DECISÃO: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA. **Gestão & Produção**, v. 13, p.557-570, 2006.

MELIN, T. et al. Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. **Desalination**, v. 187, p.271-282, 2006.

MELO, Silene Alessandra Santos et al. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Química Nova**, v. 32, p.188-197, 2009.

POTRICH, A. L.; TEIXEIRA, C. E.; FINOTTI, A. R. Avaliação de impactos ambientais como ferramenta de gestão ambiental aplicada aos resíduos sólidos do setor de pintura de uma indústria automotiva. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 3, p.162-175, 2007.

RADJENOVIC, J.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Fate and distribution of pharmaceuticals in wastewater and sewage sludge of the conventional activated sludge (CAS) and advanced membrane bioreactor (MBR) treatment. **Water Research**, v. 43, p.831-841, 2009.

REIS FILHO, R. W.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; VIEIRA, E. M.. Poluentes Emergentes como Desreguladores Endócrinos. **Jornal Brasileiro da Sociedade de Ecotoxicologia**, v. 2, p.283-288, 2007.

SHIMIZU, Y.; OCUNO, Y.; URYU, K.; OHTSUBO, S.; WATANABE, A. Filtration Characteristics of Hollow Fiber Microfiltration Membranes Used in Membrane Bioreactor for Domestic Wastewater Treatment. **Water Resources Management**, Great Britain, v. 30, p.2385-2392, 1996.

## ANEXO

### ANEXO - QUESTIONÁRIO APLICADO EM EMPREENDIMENTOS SITUADOS NO DISTRITO AGROINDUSTRIAL DE ANÁPOLIS

FACULDADE CATÓLICA DE ANÁPOLIS

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

#### Questionário – Tratamento de Efluentes

EMPRESA<sup>(\*)</sup>: \_\_\_\_\_

SEGMENTO: \_\_\_\_\_

(\*) O nome da empresa não será divulgado, sendo atribuído um nome fictício a qual seja impossível identificar a mesma.

1. Qual o nível do tratamento dos efluentes aplicado?

- ( ) Preliminar
- ( ) Primário
- ( ) Secundário
- ( ) Terciário
- ( ) Avançado
- ( ) Nenhum

2. Qual a fonte de água para consumo explorada? Existem fontes alternativas?

---

---

---

3. É realizado o reuso da água tratada? Se sim, qual a fração/porcentagem de água é reutilizada?

---

---

4. É considerada a aplicação dos métodos MBR, Processos Oxidativos Avançados ou Adsorção no tratamento dos efluentes?

---

---

5. Quais as perspectivas futuras para o tratamento dos efluentes? Exemplo: Há o planejamento de ampliação da capacidade, ou inserir métodos alternativos/complementares no tratamento.

---

---

6. Qual a origem dos efluentes gerados?

- (    ) Processos produtivos e/ou atividades relacionadas
- (    ) Esgoto sanitário
- (    ) Ambos
- (    ) Outros

7. Onde são descartados os Efluentes gerados?

---

---