

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JÉSSICA PEREIRA DA SILVA

**EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES COM
SISTEMA DE LODO ATIVADO E BIORREATOR POR
MEMBRANA**

ANÁPOLIS / GO

2015

JÉSSICA PEREIRA DA SILVA

**EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES COM
SISTEMA DE LODO ATIVADO E BIORREATOR POR
MEMBRANA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: PROFESSOR MESTRE EDSON NISHI

ANÁPOLIS / GO: 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, JÉSSICA PEREIRA.

Eficiência do Tratamento de Efluentes com Sistema de Lodo Ativado e Biorreator por Membrana [Goiás] 2015

46 P, 10 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015).

TCC – UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. ETE

2. Efluente

3. MBR

4. Lodo Ativado

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, J. P. Eficiência do Tratamento de Efluentes com Sistema de Lodo Ativado e Biorreator por Membrana. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 46 p. 2015.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jéssica Pereira da Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Eficiência do Tratamento de Efluentes com Sistema de Lodo Ativado e Biorreator por Membrana.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2015

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Jéssica Pereira da Silva

E-mail: jessica_s236@hotmail.com

JÉSSICA PEREIRA DA SILVA

**EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES COM
SISTEMA DE LODO ATIVADO E BIORREATOR POR
MEMBRANA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**EDSON NISHI, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**

**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEvangélica)
(EXAMINADORA INTERNA)**

**ANNA PAULA BECHEPECHE, Doutora (UniEvangélica)
(EXAMINADORA INTERNA)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 25 de novembro de 2015

Aos meus pais, Ronaldo e Ivani, pela paciência, carinho, amor, dedicação e investimento em mim.

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos pela paciência durante os anos de faculdade; ao professor orientador Edson Nishi, por compartilhar os conhecimentos e pela colaboração; ao João Morais, Daniel de Faria e Rafael de Paula, por compartilhar conhecimento e informações; ao Danilo, pelo apoio, amizade, ajuda e colaboração.

“[...] Embora o assunto seja de grande importância para o futuro da água no planeta e esteja diretamente relacionado com a preservação e proteção da qualidade das águas superficiais, no Brasil, ainda é pouco conhecido para os profissionais e estudantes das áreas de engenharia civil, ambiental, sanitária, agrícola, agrônômica e biólogos de modo geral [...]” (EDSON JOSÉ DE ARRUDA LEME)

RESUMO

O tratamento de efluentes com sistema de lodo ativados é dos mais utilizados e quando bem dimensionado e operado possui alta eficiência, podendo chegar a 98% na remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) solúvel. A estação de tratamento de efluentes com sistema de lodo ativado estudada neste trabalho trata o efluente biológico e o efluente industrial (físico-químico). O efluente industrial passa pelo processo de equalização do pH, coagulação/floculação e decantação/clarificação. Em seguida, ele se junta ao efluente biológico. O tratamento do efluente biológico é composto por tratamento primário, tratamento secundário com biorreator por membrana (MBR), tratamento e disposição final do lodo. No tratamento primário são retidos os sólidos grosseiros, no secundário são removidos sólidos dissolvidos e, em conjunto com o processo MBR, remove macromoléculas, resultando em um permeado com altos níveis de clarificação. O lodo final é encaminhado para uma empresa terceirizada que utiliza a técnica de coprocessamento em fornos cimentícios, dando destinação final ao lodo sem degradar o meio ambiente.

Palavras-chave: Efluente. MBR. ETE. Lodo.

ABSTRACT

The wastewater treatment with activated sludge system is the most used, and when properly sized and operated has high efficiency, reaching 98% in the removal of soluble BOD. The wastewater treatment plant with activated sludge system studied in this paper treats the biological and industrial effluent (physical-chemical). The industrial effluent passes by the pH equalization process, coagulation / flocculation and settling / clarification. Then he joins with the biological effluent. The treatment of the biological effluent comprises primary treatment, secondary treatment with bioreactor membrane (MBR), treatment and final disposal of the sludge. In the primary treatment, the coarse solids are retained, in the secondary dissolved solids and are removed together with the MBR process removes macromolecules resulting in a permeate with high levels of clarity. The final sludge is sent to a third company that uses the technique of co-processing in cement kilns, giving the sludge final disposal without degrading the environment.

Keywords: Effluent. MBR. ETE. Sludge.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1 – Vista Superior da Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos	14
Figura 2 – Vista Superior da Estação de Tratamento de Efluentes e das Lagoas de Impermeabilização	15
Figura 3 – Vista Lateral da Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos	15
Figura 4 – Mecanismo de Remoção de Partículas de Óleos	25
Figura 5 – Tanque de Equalização da ETE da Montadora de Veículos	28
Figura 6 – Tanque de Flocculação da ETE da Montadora de Veículos	29
Figura 7 – Tanque de decantação/clarificação da ETE da Montadora de Veículos	30
Figura 8 – Peneira para Remoção de Sólidos Grosseiros	32
Figura 9 – Reator Aeróbio Convencional	33
Figura 10 – Reator Aeróbio (esq.) e reator anóxico (anaeróbio) (dir.), da Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos	34
Figura 11 – Leito de Secagem da ETE da Montadora de Veículos	39
Figura 12 – Forno Cimentício	40
Figura 13 – Amostras do Efluente Bruto Industrial e do Efluente Bruto Tratado	41

LISTA DE ESQUEMAS

Esquema	Página
Esquema 1 – Simplificação do Processo Produtivo da Montadora de Veículos	26
Esquema 2 – Funcionamento da Membrana de Fibra Oca com Tecnologia Koch	36
Esquema 3 – Etapas do Processo MBR	37
Esquema 4 – Espessador de Lodo por Gravidade Formato Circular em Planta	38

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
Quadro 1 – Principais Características Físicas dos Esgotos Domésticos	17
Quadro 2 – Principais Características Químicas dos Esgotos Domésticos	18
Quadro 3 – Principais Microorganismos Presentes nos Esgotos	22
Quadro 4 – Sequência Típica da Linha de Pré-tratamento	24
Quadro 5 – Laudo Técnico de Análise de Efluente – Julho/2015	42
Quadro 6 – Laudo Técnico de Análise de Efluente – Agosto/2015	43
Quadro 7 – Laudo Técnico de Análise de Efluente – Setembro/2015	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

ETDI – Estação de Tratamento de Dejetos Industriais

MBR – Biorreator por membrana

UF - Ultrafiltração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS.....	16
2.1 QUANTIDADE DE ESGOTOS	16
2.2 QUALIDADE DOS ESGOTOS	16
2.2.1 Características físicas	16
2.2.2 Características químicas	18
2.2.3 Características biológicas	21
3 ESTUDO DE CASO	23
3.1 SOBRE A FÁBICA	23
3.2 ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO	23
4 TRATAMENTO DO EFLUENTE INDUSTRIAL	27
4.1 ETAPAS DO TRATAMENTO DO EFLUENTE INDUSTRIAL	27
4.1.1 Equalização/Acidificação	27
4.1.2 Coagulação/ Floculação	28
4.1.3 Decantação/ Clarificação	29
5 CONCEPÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODO ATIVADO E BIORREATOR POR MEMBRANA	31
5.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO	31
5.1.1 Peneiras	31
5.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO	32
5.2.1 Reator Aeróbio	33
5.2.2 Reator Anóxico	34
5.2.3 Membranas	35
5.2.3.1 Membranas de Ultrafiltração – Processo MBR	35
5.3 TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO	37
5.3.1 Adensamento por gravidade	38
5.3.2 Leito de secagem	38
5.3.3 Disposição final do lodo	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O uso dos recursos hídricos tem sido motivo de constante discussão, no que diz respeito à busca de alternativas para seu melhor aproveitamento. A conscientização da indústria pela incorporação de práticas de produção mais limpas e a utilização de águas residuárias tem papel relevante neste cenário.

Para que um sistema de águas residuárias seja implantado, é necessário que se tenha conhecimento das características quantitativas e qualitativas dos efluentes, da bacia hidrográfica e dos aspectos econômicos. Tais características apontarão o sistema mais adequado e eficiente a ser implantado.

A unidade de tratamento – Estação de Tratamento de Efluente ou Esgoto (ETE) – pode ser implantada com a finalidade de tratar esgotos domésticos gerados por uma cidade ou efluentes gerados por indústrias. A função da ETE municipal é remover, por meio de processos primários e secundários, a matéria orgânica, sólidos em suspensão e organismos causadores de doenças (patogênicos). Pode ocorrer também a remoção de nitrogênio e fósforo por meio de tratamento avançado. Já a ETE Industrial remove poluentes de maior concentração presentes nos efluentes industriais, como fósforo e nitrogênio, compostos tóxicos e não-biodegradáveis, sólidos em suspensão e matéria orgânica.

Tendo em vista a preocupação com o mau uso dos recursos hídricos e diante da escassez de água na qual se vive, este trabalho tem como objetivo o estudo do tratamento de águas residuárias nas Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) com Sistema de Lodo Ativado e Biorreator por Membrana, especificamente a sua eficiência, tendo como objeto de estudo principal a Estação de Tratamento de Efluentes e Dejetos Industriais de uma montadora de veículos em Goiás, apresentada nas Figuras 1, 2 e 3.

Para que a eficiência do Tratamento de Efluentes com Sistema de Lodo Ativado e Biorreator por Membrana seja verificada, foram utilizadas tabelas com a apresentação dos resultados de análises químicas realizadas no laboratório da própria Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos. Os parâmetros de análise são os teores de nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrato, DQO, pH, eficiência de remoção de DQO, zinco, ferro solúvel, fenóis, manganês, cromato, surfactantes, alcalinidade, fósforo e sulfato contidos no efluente bruto (esgoto), efluente tratado físico-químico (industrial) e efluente tratado.

Os capítulos a seguir detalham todo o processo do tratamento. O capítulo 2 trata da Caracterização das Águas Residuárias, que consiste na análise quantitativa e qualitativa

(características físicas, químicas e biológicas) dos esgotos. No capítulo 3 pode-se entender a Concepção de uma Estação de Tratamento de Efluentes por Sistema de Lodo Ativo e Biorreator por Membrana e suas etapas: Tratamento Primário (peneiras), Tratamento Secundário (reator anaeróbico, reator aeróbico e membranas) e Tratamento e Disposição Final do Lodo (adensamento por gravidade, leito de secagem e disposição final do lodo). O capítulo 4 consiste no Tratamento do Efluente Industrial (equalização, coagulação/floculação, decantação/clarificação).

Figura 1 – Vista Superior da Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015

Figura 2 – Vista Superior da Estação de Tratamento de Efluentes e das Lagoas de Impermeabilização



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015

Figura 3 – Vista Lateral da Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015

2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O planejamento e o gerenciamento de sistemas de águas residuárias requerem o conhecimento das características qualitativas e quantitativas dos efluentes que, em análise conjunta com outros aspectos ambientais, sociais e legais da bacia hidrográfica, além da questão econômica, apontarão o sistema mais adequado a ser implantado (PHILIPPI JR., 2005, p.191).

2.1 QUANTIDADE DE ESGOTOS

A medição da quantidade de esgotos se dá por meio do parâmetro de medição denominado vazão de esgoto.

A vazão dos efluentes industriais depende do tipo da indústria, porte, tipo de processo usado, existência de sistema de recirculação, pré-tratamento e outros aspectos. De forma geral, a vazão do efluente industrial é regular e uniforme, podendo também ocorrer variações ao longo do dia ou entre os dias de trabalho da semana (LEME, 2010, p. 29).

2.2 QUALIDADE DOS ESGOTOS

As águas residuárias apresentam características físicas, químicas e biológicas.

2.2.1 Características físicas

As características físicas das águas residuárias são: temperatura, cor, odor, turbidez e teor de sólidos.

O teor de sólidos nas águas residuárias, principalmente os do esgoto sanitário, ocasiona o aumento da turbidez, o que influencia diretamente na quantidade de luz, diminuindo o índice de saturação do oxigênio dissolvido.

O Quadro 1 apresenta as principais características dos esgotos domésticos.

Quadro 1 – Principais Características Físicas dos Esgotos Domésticos

Parâmetro	Descrição
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Ligeiramente superior à da água de abastecimento; • Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar); • Influência na atividade microbiana; • Influência na solubilidade dos gases; • Influência na velocidade das reações químicas; • Influência na viscosidade do líquido.
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: ligeiramente cinza; • Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.
Odor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável; • Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos da decomposição; • Despejos industriais: odores característicos.
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> • Causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão; • Esgotos mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.

Fonte: VON SPERLING (2005) appud <http://pt.slideshare.net/gilnovais/tratamento-e-reso-de-guas-residurias-introduo>

2.2.2 Características químicas

Os componentes das características químicas das águas residuárias são divididos em orgânicos e inorgânicos. Os compostos orgânicos são carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, e os inorgânicos são constituídos por oxigênio dissolvido, nitrogênio (nitrito e nitrato), metais, fósforo, etc.

O Quadro 2 apresenta as características dos principais componentes químicos dos efluentes domésticos.

Quadro 2 – Principais Características Químicas dos Esgotos Domésticos (continua)

Parâmetro	Descrição
<p>SÓLIDOS TOTAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Em suspensão; <ul style="list-style-type: none"> - Fixos - Voláteis • Dissolvidos <ul style="list-style-type: none"> - Fixos - Voláteis • Sedimentáveis 	<p>Orgânicos e inorgânicos; Suspensos e dissolvidos; sedimentáveis.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fração de sólidos orgânicos e inorgânicos que não são filtráveis (não dissolvidos) - Componentes minerais, não incineráveis, inertes, dos sólidos em suspensão - Componentes orgânicos dos sólidos em suspensão - Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que são filtráveis. Normalmente considerados com dimensão inferior a 10^{-3} - Componentes minerais dos sólidos dissolvidos - Componentes orgânicos dos sólidos dissolvidos - Fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimenta em 1 hora no cone Imhoff. Indicação aproximada da sedimentação em um tanque de decantação.
<p>MATÉRIA ORGÂNICA</p>	<p>Mistura heterogênea de diversos compostos orgânicos. Principais componentes: proteínas, carboidratos e lipídios.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Determinação indireta <ul style="list-style-type: none"> - DBO5 -DQO -DBO última • Determinação direta <ul style="list-style-type: none"> - COT 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda Bioquímica de Oxigênio: medida a 5 dias, 20°C. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. É uma medida do oxigênio consumido após 5 dias pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica. - Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em condições ácidas. - Demanda Última de Oxigênio. Representa o consumo total de oxigênio, ao final de vários dias, requerida para os microrganismos para a estabilização bioquímica da matéria orgânica. - Carbono Orgânico Total. É uma medida direta da matéria orgânica carbonácea. É determinado através da conversão do carbono orgânico a gás carbônico.
<p>NITROGÊNIO TOTAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nitrogênio orgânico • Amônia 	<p>O nitrogênio total inclui o nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato. É um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos no tratamento biológico. O nitrogênio orgânico e a amônia compreendem o denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nitrogênio na forma de proteínas, aminoácidos e uréia. - Produzida como primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico

<ul style="list-style-type: none"> • Nitrito • Nitrato 	<ul style="list-style-type: none"> - Estágio intermediário da oxidação da amônia . Praticamente ausente no esgoto bruto. - Produto final da oxidação da amônia. Praticamente ausente no esgoto bruto.
FÓSFORO <ul style="list-style-type: none"> • Fósforo orgânico • Fósforo inorgânico 	<p>O fósforo total existe na forma orgânica e inorgânica. É um nutriente indispensável no tratamento biológico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combinado de matéria orgânica - Ortofosfato e polifosfatos
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o Ph
ALCALINIDADE	Indicador da capacidade tampão do meio (resistência das variações do pH). Devido à presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila (OH ⁻).
CLORETOS	Provenientes da água de abastecimento e dos dejetos humanos.
ÓLEOS E GRAXAS	Fração da matéria orgânica solúvel em hexanos. Nos esgotos domésticos, as fontes de óleos e gorduras utilizados nas comidas.

Fonte: Adaptado de Arceivala (1981), Qasim (1985), Metcalf & Eddy (1991) appud <http://pt.slideshare.net/gilnovais/tratamento-e-reso-de-guas-residurias-introduo>

Para Leme (2010, p.32), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é o parâmetro mais usado para medir a concentração da poluição orgânica existente nas águas residuárias, e envolve a quantidade de oxigênio dissolvido usado pelos microorganismos para oxidação bioquímica da matéria orgânica. O índice de DBO utilizado é obtido após cinco dias de incubação e é chamado de DBO₅.

Outro parâmetro importante para a determinação da concentração de matéria orgânica nas águas residuárias é a demanda química de oxigênio (DQO), que consiste na medição do

consumo de oxigênio durante a oxidação química dos compostos orgânicos. Essa medição ocorre por meio de um agente oxidante em meio ácido (dicromato de potássio, geralmente).

Tanto DBO quanto DQO medem o consumo de oxigênio durante a oxidação química dos compostos orgânicos. A diferença entre eles é que a DBO é feita em compostos orgânicos biodegradáveis, enquanto a DQO é feita entre compostos orgânicos bio e não biodegradáveis, com oxidação química.

2.2.3 Características biológicas

Para Leme (2010, p. 33), os principais componentes das características biológicas do esgoto doméstico e das águas residuárias são os microorganismos, representados pelos coliformes fecais (presentes nas fezes humanas), coliformes totais (presentes nas fezes humanas e dos animais) e pelos agentes patogênicos, que são organismos e microorganismos que podem transmitir e causar doenças de veiculação hídrica.

Para Nuvolari (2011, p. 189), nesses sólidos proliferam microorganismos, podendo ocorrer organismos patogênicos, dependendo da saúde da população contribuinte. Esses microorganismos são constituintes das fezes humanas. Podem ainda ocorrer poluentes tóxicos, em especial fenóis e os chamados metais pesados, da mistura com efluente industrial.

O quadro 3 apresenta os principais microorganismos presentes nos esgotos:

Quadro 3 – Principais Microorganismos Presentes nos Esgotos

Microrganismo	Descrição
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos protistas unicelulares; - Apresentam-se em várias formas e tamanhos; - São os principais responsáveis pela estabilização da matéria orgânica; - Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.
Fungos	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos; - Também tem grande importância na decomposição da matéria orgânica; - Podem crescer em condições de baixo pH.
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos unicelulares sem parede celular; - A maioria é aeróbia ou facultativa; - Alimentam-se de bactérias, algas e outros microrganismos; - São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos; - Alguns são patogênicos.
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> - Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça proteica; - Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> - Animais superiores; - Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.

Fonte: Silva e Mara (1979), Tchobanoglous e Schroeder (1985), Metcalf & Eddy (1991) apud <http://slideplayer.com.br/slide/366572/>

3 ESTUDO DE CASO

3.1 SOBRE A FÁBRICA

Inaugurada em 2007, a Montadora de Veículos localizada no estado de Goiás, é a detentora da maior rede de concessionárias do Brasil, e desde 1999 é a importadora exclusiva da marca que fabrica. Com 1.500.000 m² de área total, sendo 178.000 m² de área construída, atualmente a montadora produz 4 modelos de carros, sendo produzidos mais de 86 mil veículos por ano, com a qualidade ISO 9001:2008.

O processo produtivo possui alta tecnologia e excelência em todos os setores e alta eficiência ambiental, com controle total de emissão de gases industriais e reutilização de água da produção e reserva ambiental com mudas de árvores típicas do cerrado, características que garantiram à fábrica o título de “Empresa do Bem”, em 2010.

A Montadora de Veículos possui uma Estação de Tratamento de Efluentes e Dejetos Industriais (ETDI), que trata cem por cento do efluente biológico e o efluente industrial, não havendo descarte para a Estação de Tratamento de Efluentes da cidade.

3.2 ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO

As superfícies dos veículos são tratadas a fim de garantir a conservação de peças e estruturas aumentando a resistência a agentes corrosivos e também pelo efeito estético, dando o acabamento.

Antes da pintura, as superfícies são lavadas e preparadas para que seja removido qualquer resíduo resultante dos processos produtivos anteriores. Um acabamento livre de imperfeições, com boa aderência e qualidade, só é possível se a superfície estiver suficientemente limpa. Este processo de limpeza é feito com produtos à base de água.

Os resíduos e impurezas comumente retirados na lavagem e que são descartados na ETDI são desengraxantes (óleos e graxas, cujo pH varia de 9 a 12), fosfatos (pH varia de 3 a 5), resíduos do processo de eletrodeposição (ED, cujo pH varia de 2 a 5) e miscelâneos (camadas de óxido, resinas, parafinas, poeira, resíduos de processos anteriores, sais e crostas de tratamento térmico, manchas, etc. O pH varia de 6 a 8). O Quadro 4 mostra a sequência típica da linha de pré-tratamento.

Quadro 4 – Sequência Típica da Linha de Pré-tratamento

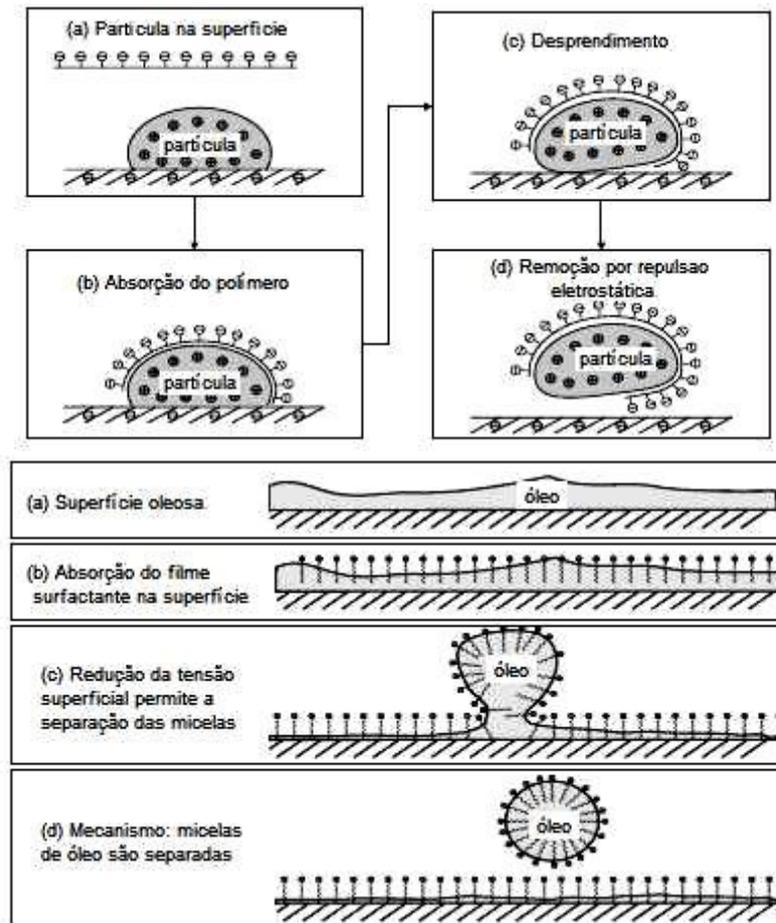
Número do estágio	Etapa	Temperatura (°C)	Tempo (s)	Controle
1	Lavagem	40	60	-
2	Pré-desengraxe	50	90	Alcalinidade total e condutividade
3	Desengraxe	50	15s: spray entrada 120s: submerso 15s: spray saída	Alcalinidade total, condutividade
4	Enxágue	Sem aquecimento	30	-
5	Enxágue	Sem aquecimento	30	-
6	Ativação	<50	Entra/sai	Condutividade e pH
7	Fosfatização	50	135s: submerso 15s: spray saída	Alcalinidade total e concentração de Zn
8	Enxágue	Sem aquecimento	30	-
9	Enxágue	Sem aquecimento	Entra/sai	-
10	Passivação	Sem aquecimento	30	-
11	Enxágue com água deionizada	Sem aquecimento	Entra/sai	Condutividade
12	Enxágue com água deionizada	Sem aquecimento	30	Condutividade

Fonte: Adaptado de STREITBERGER, H.J.; DÖSSEL, K.F., 2008.

Desengraxe

São constituídos de parte alcalina (sais orgânicos) e surfactantes (compostos orgânicos). A base alcalina é responsável pela saponificação do óleo, mas não é o responsável pela limpeza da superfície. Os surfactantes são hidrofílicos (tem afinidade com a água) e hidrofóbicos (não tem afinidade com a água). A limpeza ocorre quando os surfactantes hidrofóbicos interagem com as partículas contaminantes e com os compostos orgânicos, removendo-os da superfície do metal, formando micelas, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Mecanismo de remoção de partículas de óleos.



Fonte: Adaptado de STREITBERGER, H.J.; DÖSSEL, K.F., 2008.

Após o desengraxe acontece o enxágüe, a fim de remover os resíduos da solução de desengraxe da superfície da peça. A água é trocada constantemente para evitar o acúmulo de resíduos.

Fosfatização

O processo tem a finalidade de garantir a boa aderência da pintura e resistência à corrosão, na superfície metálica. Isso acontece devido à transformação da superfície metálica em camada de fosfato metálico. O metal é convertido em fosfato (sal) insolúvel de íon metálico. O fosfato é depositado sobre o metal, modificando suas propriedades superficiais.

A solução fosfática, geralmente aplicada por aspersão, imersão, ou por meio dos dois processos, é constituída por água, ácido fosfórico livre, sais de fosfato e zinco, e agentes oxidantes. Soluções com altas concentrações de íons de metais pesados resultam em melhor proteção à superfície.

Eletr deposição

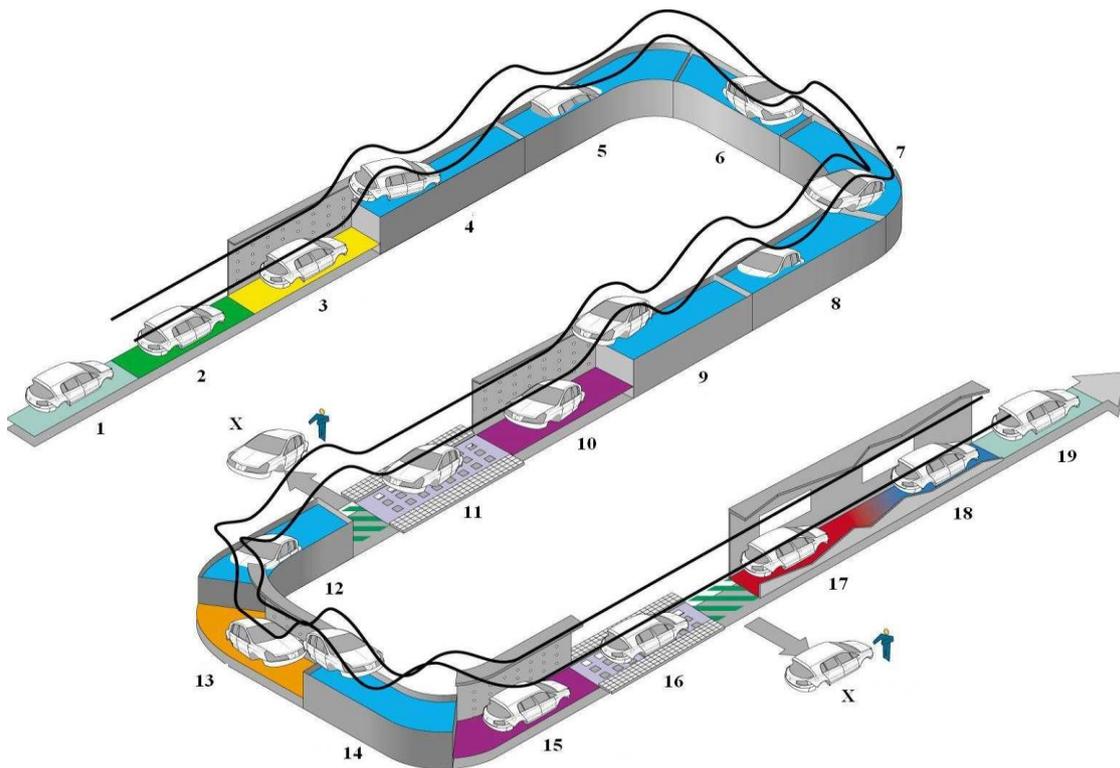
É um processo de pintura (aquoso), cujos componentes são os mesmos de um processo de pintura convencional, como resinas (formam um filme protetor), pigmentos, aditivos e alguns solventes.

Este processo ocorre por meio da imersão da peça em um tanque contendo tinta de eletro-revestimento e conectado a um retificador. O banho contém água deionizada, resina, pigmentos e aditivos ou solventes.

As etapas do processo produtivo da Montadora de Veículos são: soldagem (Body Shop), lavagem, primer e pintura (Paint Shop e Small Parts) e mecânica (Trim Shop). Todas as etapas do processo produtivo geram efluentes.

O Esquema 1 apresenta de forma simplificada o processo de pintura da Montadora de Veículos.

Esquema 1 – Simplificação do processo produtivo da Montadora de Veículos.



1- Preparação da carroceria para Tratamento Superficial; 2- Entrada no trilho; 3- Desengraxe primário por aspersão; 4- Desengraxe misto (aspersão e imersão); 5- Lavagem mista com água industrial (aspersão e imersão); 6- Refinador misto (aspersão e imersão); 7- Fosfatização; 8- Lavagem mista com água industrial (aspersão e imersão); 9- Lavagem mista com água desmineralizada (aspersão e imersão); 10- Lavagem final (aspersão); 11- Zona para escoamento; 12- Eletr deposição cataforética; 13- Lavagem (aspersão); 14- Lavagem em ultrafiltrado recirculado (imersão); 15- Lavagem com água desmineralizada (aspersão); 16- Zona para escoamento; 17- Incinerador; 18- Resfriamento; 19- Saída para a pintura e X- Controle de qualidade por amostragem.

4 TRATAMENTO DO EFLUENTE INDUSTRIAL

O efluente industrial pode ser tratado por meios físicos (separação de sólidos grosseiros, equalização, separação de óleo livre por gravidade, sedimentação, filtração e flotação a ar dissolvido), ajuste de pH (neutralização de despejos ácidos e alcalinos), tratamentos físico-químicos (remoção de óleos, metais e outros poluentes, coagulação /floculação e sistema de dispersores), tratamentos biológicos (processos aeróbios, anóxicos, anaeróbios e outras combinações de processos), tratamentos por adsorção (carvão ativo e argilas organofílicas), tratamentos por membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), tratamentos eletroquímicos (troca iônica e eletrodeionização) e tratamentos químicos oxidativos.

Na ETDI da Montadora de Veículos em estudo, o efluente industrial passa pelo processo de equalização/acidificação (meios físicos), em sequência pelo processo de coagulação/floculação (tratamento físico-químico), decantação/clarificação (tratamento físico-químico), e em seguida vai para o reator anóxico, onde é misturado ao efluente biológico (sanitário), assunto tratado no próximo capítulo.

4.1 ETAPAS DO TRATAMENTO DO EFLUENTE INDUSTRIAL

Após as etapas do processo produtivo, o efluente industrial descartado vai para os reservatórios, onde fica armazenado separadamente, de acordo com seu tipo. O descarte para a ETDI acontece conforme a necessidade do processo.

4.1.1 Equalização/ Acidificação

A equalização de despejos industriais, para Cavalcanti (2012, p. 216), visa garantir às fases subsequentes de tratamento, regimes de vazão e concentrações com certo grau de uniformidade [...], amortecer o pH, concentração e vazão mássica dos constituintes do despejo, através da mistura do próprio despejo no dispositivo de equalização.

A Figura 5 apresenta o tanque de equalização da ETE da Montadora de Veículos.

Figura 5 – Tanque de Equalização da ETE da Montadora de Veículos



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015.

4.1.2 Coagulação/ Floculação

Segundo Cavalcanti (2012, p.216), coagulantes são substâncias que quando adicionadas à água ou a um despejo industrial provocam coagulação e floculação em virtude da produção de íons positivos necessários à redução do potencial Zeta. [...] Ao reagirem com a alcalinidade produzem compostos ou complexos que atuam para a formação de flocos em tamanho adequado para permitirem a adsorção de sólidos dissolvidos, coloidais e em suspensão.

Floculação é, de acordo com Nuvolari (2003, p. 260), quando as partículas são reunidas em flocos de pequena concentração, ou seja, floculam, formam partículas maiores, e a velocidade de sedimentação cresce com o tempo por absorver, na trajetória, flocos menores ou partículas isoladas.

Para Cavalcanti (2012, p. 276), os floculadores (Figura 6) [...] são utilizados para agitar de maneira lenta e uniforme a massa líquida já misturada com coagulantes químicos, de modo a permitir a formação e crescimento de flocos.

Figura 6 – Tanque de Floculação da ETE da Montadora de Veículos



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015.

4.1.3 Decantação/ Clarificação

De acordo com Nuvolari (2003, p. 261), a função dessa unidade é clarificar o esgoto, removendo os sólidos que, isoladamente ou em flocos, podem sedimentar pelo seu próprio peso.

Ainda segundo Nuvolari (2003, p. 261), as partículas que sedimentam, ao se acumularem no fundo do decantador, formam o chamado lodo primário, que é daí retirado. Nessa unidade, normalmente aproveita-se também para remoção de flutuantes: espumas, óleos e graxas acumulados na superfície.

Após as etapas descritas acima, o efluente industrial vai para um tanque e, em seguida, para o reator anaeróbio, onde se encontra com o efluente biológico, e passa pelas etapas descritas no capítulo a seguir.

A Figura 7 apresenta um tanque de decantação/clarificação da ETE da Montadora de Veículos.

Figura 7 – Tanque de decantação/clarificação da ETE da Montadora de Veículos.



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015.

5 CONCEPÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS POR LODO ATIVADO E BIORREATOR POR MEMBRANA

O Processo de lodo ativado é o mais difundido dos processos biológicos aeróbios. É um processo muito flexível, e pode estar associado a outros tratamentos. Cavalcanti (2009, p.286) define lodo ativado como a aglomeração de flocos formados continuamente pelo crescimento de várias espécies de microorganismos, a partir da matéria orgânica dos despejos, na presença de oxigênio dissolvido.

As etapas do funcionamento de uma ETE são, basicamente: tratamento primário (peneiras), tratamento secundário (lodos ativados) e tratamento e disposição final do lodo.

3.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO

Segundo Cavalcanti (2009, p.212), trata-se efetivamente da primeira das operações unitárias em plantas de tratamento de efluentes. Destina-se à remoção de sólidos grosseiros carregados pelas águas residuais. É utilizada para a proteção de bombas, válvulas, tubulações bem como para integridade das demais unidades de tratamento a jusante.

O tratamento primário de um sistema convencional é composto por várias unidades, como grades e peneiras, onde são removidos os sólidos grosseiros; a caixa de areia, onde é removida a areia e o decantador primário, cuja finalidade é remover os sólidos sedimentáveis (lodo primário).

Na ETE da Montadora de Veículos estudada, o tratamento primário é constituído apenas por peneiras, uma vez que as mesmas diminuem a carga orgânica nas estações de tratamento, reduzindo os custos e a área necessária para as unidades de tratamento subsequentes.

5.1.1 Peneiras

Cavalcanti (2009, p. 213) diz que as peneiras (Figura 8) são indicadas para a remoção de sólidos grosseiros. Contudo, dada a sua capacidade de remoção também de sólidos finos e mesmo de sólidos em suspensão residuais de tratamento biológicos, as peneiras têm sido cada vez mais utilizadas também como tratamento primário, substituindo até mesmo decantadores primários.

Figura 8 – Peneira para remoção de sólidos grosseiros



Fonte: <http://www.sigma.ind.br/produtos/grades-mecanizadas#visualizar>, 2015.

5.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Segundo Nuvolari (2011, p. 295), o tratamento secundário visa remover os sólidos dissolvidos, bem como os sólidos finamente particulados, não removidos no tratamento primário. Normalmente, esse tratamento é feito por meio de processos biológicos, podendo ser tanto em ambientes aeróbios quanto em anaeróbios.

O processos aeróbios são mais eficientes, mais rápidos e mais fáceis de controlar, mas em caso de lodos ativados, consomem mais energia devido à incorporação do oxigênio à massa líquida, e também ao acionamento das bombas. Por sua vez, os processos anaeróbios são promissores, visto que não dispendem energia nem grandes áreas, e tem como subproduto o gás metano, que em alguns casos é reaproveitado como combustível.

Ainda segundo o autor referenciado acima, os lodos ativados são processos aeróbios, dos mais utilizados no tratamento de águas residuárias, por causa de sua eficiência. Estes, quando bem projetados e operados, podem chegar a uma eficiência de 98% na remoção de DBO solúvel.

Para Nuvolari (2011, p. 296), o reator descontínuo é aquele no qual certo volume de esgoto, contendo uma certa quantidade de microorganismos e uma certa quantidade de matéria orgânica, é colocado num tanque de aeração (reator). O esgoto é aerado para introdução de

oxigênio, depois se interrompe a aeração, dá-se um tempo, para sedimentação dos sólidos e descarta-se o efluente tratado. Após o descarte, passa-se a encher novamente o reator.

5.2.1 Reator Aeróbio

Segundo Andreoli (2001, p. 148), a digestão aeróbia convencional estabiliza o excesso de lodo ativado em digestores abertos não aquecidos, através da utilização de ar difuso ou aeradores mecânicos. De forma a reduzir o volume do digestor, é comum que o lodo sofra algum tipo de adensamento antes de ser encaminhado para a digestão. A Figura 9 apresenta um reator aeróbio convencional.

Para Nuvolari (2011, p. 297), nesta fase, a massa de substrato praticamente acabou e existe no meio uma grande quantidade de microorganismos (bactérias já bastante esbeltas) que passam a morrer. Com o rompimento das células bacterianas (*lisis*), as escassas reservas alimentares lançadas no meio passam a servir de alimento às outras bactérias.

Figura 9 – Reator Aeróbio Convencional.



Fonte: <http://ccw.sct.embrapa.br>, 2013.

5.2.2 Reator Anóxico (Anaeróbio)

O reator anóxico (Figura 10) existe com a finalidade de misturar o efluente industrial (que é assunto do próximo capítulo) ao efluente sanitário. Segundo Cavalcanti (2009, p. 329), o reator anóxico recebe o despejo bruto e os lodos recirculados provenientes do reator aeróbio. Ambos os lodos são ricos em nitrato, cujo oxigênio será usado pela biomassa presente no reator anóxico. Em consequência, o nitrogênio será liberado sob forma gasosa.

Para Andreoli (2001, p.134), digestores anaeróbios são reatores biológicos fechados construídos em concreto ou aço, onde o lodo bruto é misturado [...] com o gás produzido [...]. A configuração dos digestores varia de acordo com a disponibilidade de área, a necessidade de manutenção de regime de mistura completa e a remoção de areia e espuma.

O uso de reatores anóxicos associados ao tratamento de efluentes industriais líquidos geram economia de energia elétrica, minimizam a produção de resíduos sólidos (lodo biológico) e a produção de biogás energético.

Figura 10 – Reator Aeróbio (esq.) e reator anóxico (anaeróbio) (dir.), da Estação de Tratamento de Efluentes da Montadora de Veículos



Fonte: Departamento de Engenharia Civil da Montadora de Veículos, 2015.

5.2.3 Membranas

Cavalcanti (2009, p. 396), diz que as membranas são utilizadas para separar fases, isto é, de um fluido são separadas partículas sólidas de pequenas dimensões, óleos emulsionados, microorganismos (bactérias e vírus), moléculas orgânicas de alto e baixo peso molecular, gases, bem como íons.

Na ETE da montadora são utilizadas membranas de ultrafiltração.

5.2.3.1 Membranas de Ultrafiltração – Processo MBR

Entre as substâncias que podem ser separadas pela membrana de ultrafiltração pode-se citar macro moléculas de peso molecular (PM) maior que 5000 g (de 0,1 a 0,02 μm), colóides, sólidos em suspensão, óleos e graxas, silicatos e proteínas, microorganismos (algas, bactérias, vírus, coliformes).

O processo consiste no transporte de uma solução através dos poros de uma membrana semipermeável sob baixa pressão. Visto que as moléculas retidas são de alto peso molecular, a pressão osmótica é desprezível.

A intensidade do fluxo do permeado pode variar de acordo com a viscosidade do fluido, do diâmetro do poro da membrana, da porosidade da superfície e da tortuosidade da membrana. As causas de redução do fluxo podem ser entupimento ou adsorção, acúmulo de solutos na superfície ou formação de camada de gel.

Tal processo resulta em um permeado com altos níveis de clarificação.

Quando o sistema de lodos ativados trabalha em conjunto com membranas de ultrafiltração no processo de separação do líquido, trata-se do processo de biorreator por membrana (MBR), como é o caso da ETE da montadora estudada.

No processo MBR (esquema 3) as membranas de ultrafiltração servem como barreira física, ao invés de decantação ou flotação. Este processo resulta em um efluente de baixa turbidez (isento de sólidos suspensos). Resultam também em reatores aeróbios menores do que os do processo convencional.

Membranas com diâmetro dos poros entre 0,03 e 0,4 μm podem ser de fibra oca reforçada ou de placas planas, ocasionando uma grande superfície de filtração e sendo capazes de resistir à contrapressão durante a limpeza. A direção do fluxo pode ser de fora para dentro

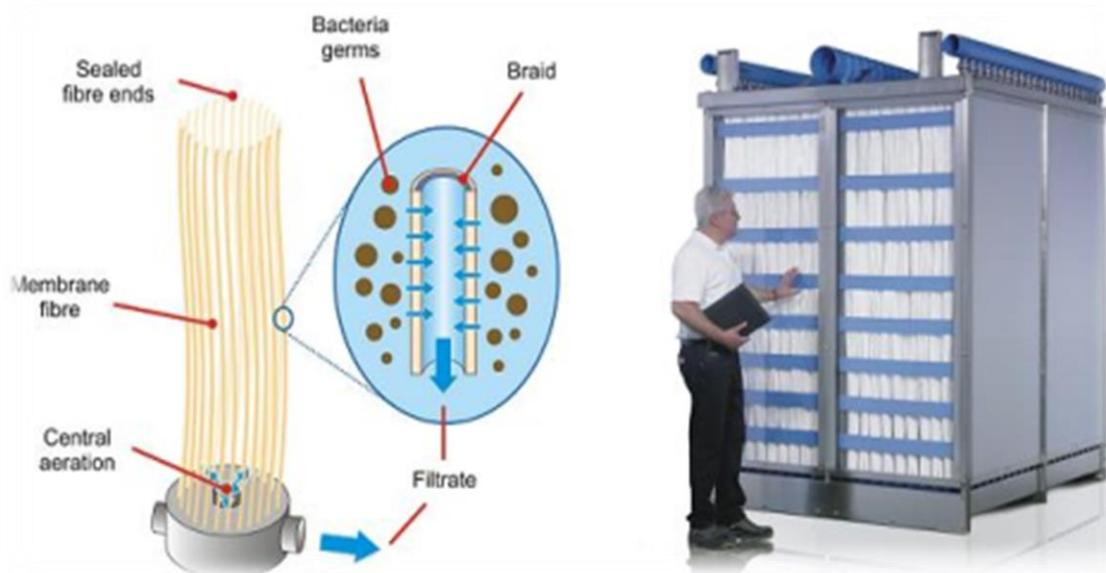
ou pressurizadas com fluxo de dentro para fora. Podem estar submersas no reator biológico, em tanque separado ou não submersas.

Cavalcanti (2009, p. 406) diz que o efluente produzido possui alto grau de depuração (DBO, N e detergentes), além de ser isentos de sólidos em suspensão e de microorganismos. O nível de tratamento é superior a de um sistema convencional terciário incluindo desinfecção com cloro.

O sistema MBR não possui limite de vazão, desde que sejam colocadas membranas suficientes para permear a vazão desejada e a limpeza é totalmente automática, ocorrendo de uma a quatro vezes no mês, de forma que um grupo de membranas sofre uma reversão de fluxo com produtos químicos e com vazão elevada por curto período de tempo e outra reversão durante um período maior, com vazão inferior e também com produtos químicos.

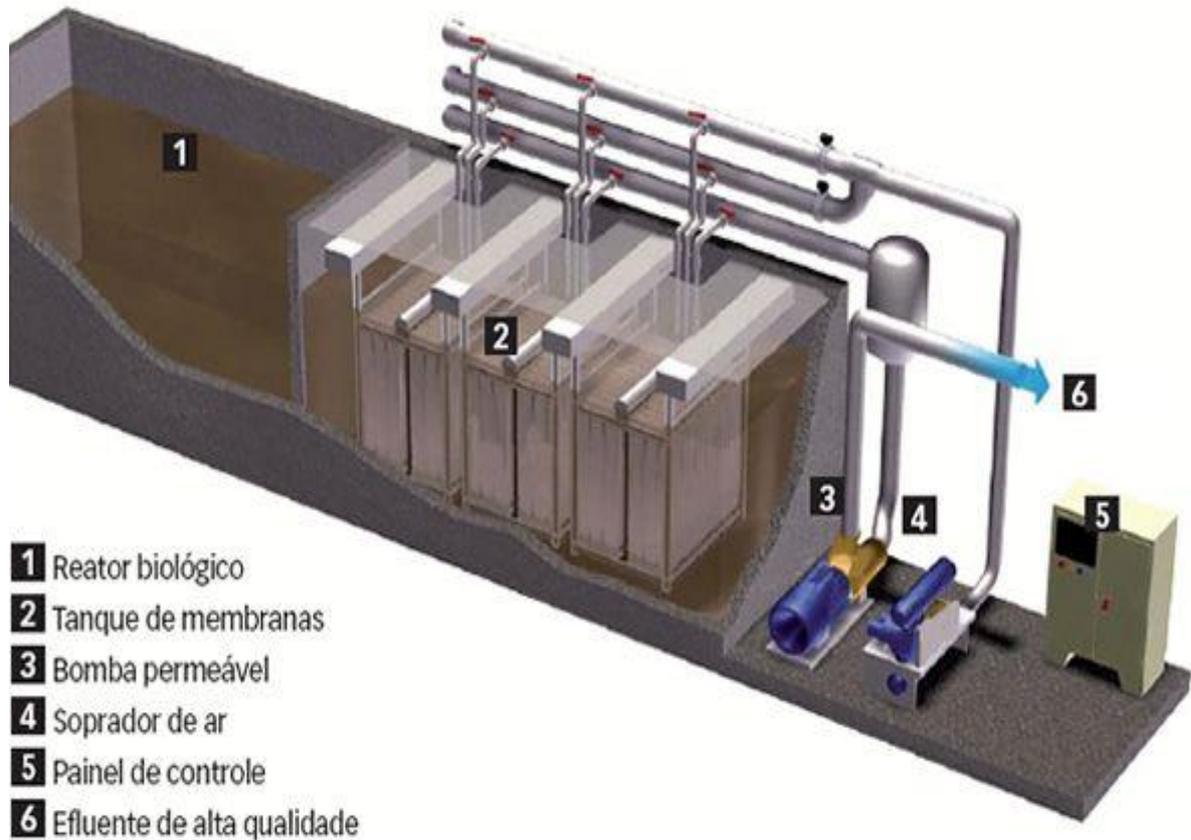
A ETE estudada possui membranas de fibra oca reforçada com tecnologia Koch (Esquema 2), em que ficam submersas no tanque de aeração, em contato direto com a biomassa. Cavalcanti (2009, p. 406) descreve o processo da seguinte forma: “através de uma bomba centrífuga cria-se o vácuo aplicado por uma tubulação conectada às membranas que succiona o permeado (efluente tratado). O oxigênio é introduzido através de ar soprado na parte inferior dos módulos de Ultrafiltração (UF)”, mantendo os sólidos em suspensão e também auxiliando na limpeza da superfície externa das fibras. As membranas podem ser fabricadas em Fluoreto de polivinilideno (PVDF) e Polietersulfona (PES).

Esquema 2 – Funcionamento da Membrana de Fibra Oca com tecnologia Koch



Fonte: Departamento de Meio Ambiente da Montadora de Veículos, 2015.

Esquema 3 – Etapas do processo MBR



Fonte: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br>, 2012.

5.3 TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO

Após as etapas descritas acima, a água tratada vai para o reservatório de água, e o lodo passa pelo adensamento por gravidade, leito de secagem e disposição final do lodo.

Segundo Nuvolari (2011, p. 335), os valores de produção final de lodo de uma determinada estação de tratamento geralmente são apresentados em bases secas, ou seja, numa situação em que os lodos estariam com teor de umidade zero.

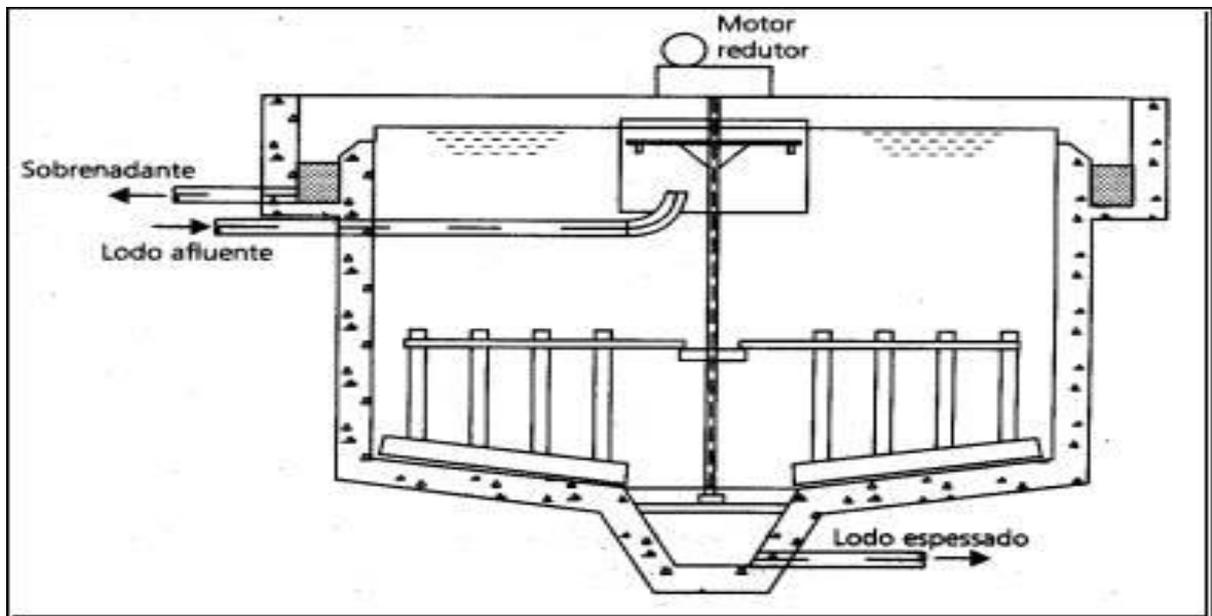
Para Andreoli (2001, p. 159), a remoção de umidade é uma operação unitária fundamental para a redução de massa e volume do lodo em excesso a ser tratado ou descartado da ETE.

5.3.1 Adensamento por gravidade

Nuvolari (2011, p. 343) diz que é mais comum se fazer o espessamento do lodo primário por unidades de sedimentação gravimétrica, dos mesmos tipos utilizados nos decantadores primários.

Para Andreoli (2001, p. 169), adensadores por gravidade (Esquema 4) possuem uma estrutura similar ao de decantadores. Usualmente o formato é circular, a alimentação é central, a saída do lodo pelo fundo, e a saída do sobrenadante pela periferia.

Esquema 4 - Espessador de Lodo por Gravidade de Formato Circular em Planta



Fonte: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/modulos/saneamento/lodo/lodo.htm>, 2004

5.3.2 Leito de secagem

Para Nuvolari (2011, p. 364), os leitos de secagem (Figura 11) são geralmente utilizados nas instalações de pequeno porte, face à maior simplicidade desse processo, quando comparado com os processos mecanizados.

Para Andreoli (2001, p. 184 e 185), este tipo de processo de desaguamento é indicado para comunidades de pequeno e médio porte [...]. Os leitos de secagem são uma das técnicas mais antigas utilizadas na separação sólido-líquido do lodo, tendo custo de implantação bastante reduzido, se comparado com as opções mecânicas.

Para Nuvolari (2011, p. 364), são áreas retangulares, confinadas lateralmente por uma mureta de arrimo, sendo preenchidas por uma camada de aterro argiloso compactado [...], sobre o qual são assentados tubos de drenagem [...]. A brita [...] é espalhada sobre o aterro argiloso.

Figura 11 – Leito de secagem da ETE da Montadora de Veículos



Fonte: Departamento de Meio Ambiente da Montadora de Veículos, 2015.

5.3.3 Disposição final do lodo

Na montadora estudada, a disposição final do lodo acontece “off site”, ou seja, fora da empresa, em instalações licenciadas de terceiros, que realiza o reaproveitamento energético de todos os tipos de resíduos industriais. Esta empresa utiliza a tecnologia de coprocessamento em fornos cimentícios para dar a destinação final ao lodo, sem gerar danos ao meio ambiente. Para Cavalcanti (2009, p. 467) a grande vantagem de fornos de cimento em relação aos incineradores convencionais é que as cinzas resultantes são incorporadas ao clínquer, não requerendo disposição final em aterros.

A destruição de resíduos em fornos cimentícios (Figura 12) acontece em forno rotativo com temperatura acima de 1700 °C durante um tempo entre 8 e 14 segundos, condições em que há garantia de destruição total da parte orgânica do resíduo.

O processo se inicia com a análise do resíduo recebido, de acordo com a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Em seguida, os resíduos são triturados e peneirados, o que forma o blend. Através da análise físico-química, os resíduos podem ter dois tipos de destinação: produção de combustível alternativo ou produção de cimento (clínquer).

Figura 12 – Forno Cimentício



Fonte: <http://grupoecoparticipacoes.com.br/ecoblending/#>

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quadros 5, 6 e 7 a seguir, apresentam os resultados encontrados nos laudos técnicos feitos no laboratório da Estação de Tratamento de Efluentes da montadora, seguindo as Normas Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st. Edition, 2005, durante os meses de julho, agosto e setembro de 2015.

Os parâmetros analisados foram: nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrato, DQO, pH, eficiência de remoção de DQO, zinco, ferro solúvel, fenóis, manganês, cromato, surfactantes, alcalinidade, fósforo e sulfato. Foram coletadas amostras do efluente bruto (esgoto), efluente tratado físico-químico (industrial) e efluente tratado, como mostra a Figura 13.

Os resultados demonstram a eficiência do Tratamento de Efluentes com Sistema de Lodo Ativado em Fluxo Intermitente e atendem à resolução do CONAMA 430/11, que estabelece os padrões para lançamento de efluentes em corpos receptores.

Analisando o quadro 5 que se refere ao mês de Julho, pode-se concluir que a eficiência de remoção de DQO do efluente tratado foi de 79,23%, estando acima do valor mínimo permitido pelo CONAMA, que é de 60%. No quadro 6 referente ao mês de Agosto, a eficiência da remoção de DQO no efluente tratado foi de 73,83%, e no quadro 7 referente ao mês de Setembro, a eficiência na remoção de DQO no efluente tratado foi de 98,08%.

Figura 13 – Amostras do Efluente Bruto Industrial e do Efluente Tratado



Fonte: Departamento de Meio Ambiente da Montadora de Veículos, 2015.

Quadro 5 – Laudo Técnico de Análise de Efluente – Julho/2015

Local da Coleta: Efluente bruto esgoto sanitário, efluente tratado Físico Químico e Efluente Tratado da Montadora de Veículos	Mês de referência: Julho de 2015 Data da Coleta: 28-07-2015
---	--

Parâmetro	Efluente Bruto Esgoto	Efluente Tratado Físico-Químico	Efluente Tratado	Unidade	Valor máximo permitido
Nitrito	0,096	0,732	0,056	mg/l	N.R
Nitrogênio Amoniacal	34,2	65,75	0,74	mg/l	≤ 20,0
Nitrato	0,18	4,8	17,9	mg/l	N.R
DQO	130	149	27	mg/l	N.R
Ph	7,87	7,58	7,49	N.R	5 a 9
Eficiência de Remoção DQO	N.A	N.A	79,23	%	≥ 60
Zinco	0,11	1,21	0,22	mg/l	≤ 5,0
Ferro Solúvel	0,52	0,44	0,49	mg/l	≤ 15,0
Fenóis	1,92	0,88	0,18	mg/l	≤ 0,5
Manganês	2,0	4,8	1,3	mg/l	≤ 1,0
Cromato	0,24	0,20	0,08	mg/l	≤ 0,1
Surfactantes	4,2	9,15	1,81	mg/L	N.R
Alcalinidade	-	-	-	mg/L	N.R
Fósforo	58,90	120,28	39,76	mg/L	N.R
Sulfato	57,71	112,5	65,2	mg/L	N.R

Fonte: Departamento de Meio Ambiente da Montadora.

- N.R – Não Regulamentado
- N.A - Não Aplicável

Quadro 6 - Laudo Técnico de Análise de Efluente – Agosto/2015

Local da Coleta: Efluente bruto esgoto sanitário, efluente tratado Físico Químico e Efluente Tratado da Montadora de Veículos	Mês de referência: Agosto de 2015 Data da Coleta: 11-08-2015
---	--

Parâmetro	Efluente Bruto Esgoto	Efluente Tratado Físico-Químico	Efluente Tratado	Unidade	Valor máximo permitido
Nitrito	0,087	4,7	0,064	mg/l	N.R
Nitrogênio amoniacal	17,7	65,5	0,46	mg/L	≤ 20,0
Nitrato	0,22	4,7	992,5	mg/l	N.R
DQO	107	465	58	mg/l	N.R
pH	8,01	7,45	7,41	N.R	5 a 9
Eficiência de Remoção DQO	N.A	N.A	73,83	%	≥ 60
Zinco	1,12	3,12	0,76	mg/l	≤ 5,0
Ferro Solúvel	0,59	1,60	0,19	mg/l	≤ 15,0
Fenóis	0,96	2,56	0,46	mg/l	≤ 0,5
Manganês	2,6	11,1	1,1	mg/l	≤ 1,0
Cromato	0,39	0,80	0,14	mg/l	≤ 0,1
Surfactantes	9,9	27,25	0,33	mg/L	N.R
Alcalinidade	-	-	-	mg/L	N.R
Fósforo	137,11	171,76	79,86	mg/L	N.R
Sulfato	54,51	146	63,95	mg/L	N.R

Fonte: Departamento de Meio Ambiente da Montadora.

- N.R – Não Regulamentado
- N.A - Não Aplicável

Quadro 7 - Laudo Técnico de Análise de Efluente – Setembro/2015

Local da Coleta: Efluente bruto esgoto sanitário, efluente tratado Físico Químico e Efluente Tratado da Montadora de Veículos.	Mês de referência: Setembro de 2015 Data da Coleta: 23-09-2015
--	--

Parâmetro	Efluente Bruto Esgoto	Efluente Tratado Físico-Químico	Efluente Tratado	Unidade	Valor máximo permitido
Nitrito	0,204	0,176	0,052	mg/l	N.R
Nitrogênio amoniacal	54,15	62,5	0,34	mg/L	≤ 20,0
Nitrato	0,39	0,30	912,5	mg/l	N.R
DQO	522	373	10	mg/l	N.R
pH	7,74	7,65	7,27	N.R	5 a 9
Eficiência de Remoção de DQO	N.A	N.A	98,08	%	≥ 60
Zinco	1,65	4,10	2,15	mg/l	≤ 5,0
Ferro Solúvel	2,18	2,03	0,94	mg/l	≤ 15,0
Fenóis	1,92	1,94	0,58	mg/l	≤ 0,5
Manganês	6,7	7,0	1,1	mg/l	≤ 1,0
Cromato	0,88	0,60	0,17	mg/l	≤ 0,1
Surfactantes	16,35	22,8	1,01	mg/L	N.R
Alcalinidade	90	70	100	mg/L	N.R
Fósforo	35,14	176,22	48,18	mg/L	N.R
Sulfato	131,85	185,4	79	mg/L	N.R

Fonte: Departamento de Meio Ambiente da Montadora.

- N.R – Não Regulamentado
- N.A - Não Aplicável

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de efluentes com sistema de lodo ativado em conjunto com membranas de ultrafiltração e processo MBR é de alta qualidade e eficiência, resultando em um permeado com altos níveis de clarificação e possui vários benefícios como economia de energia, vazão ilimitada, eliminação dos processos de decantação ou flotação, ausência de sólidos suspensos no efluente resultante, grande superfície de filtração e menor ocupação de espaço em relação ao sistema convencional, já que os reatores aeróbios são menores.

Diante da preocupação atual com a escassez de água e mau uso dos recursos hídricos, o conhecimento e aplicação de métodos de tratamento de efluentes é de grande importância para a sociedade e principalmente para as indústrias, onde a água tratada é utilizada para fins não potáveis, como descargas sanitárias e irrigação de jardins e a água potável passa a ser exclusivamente para consumo humano.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, Cleverson V. **Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484 p.

CAVALCANTI, José Eduardo W. De A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda., 2009. 500 p.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2010. 595 p.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2011. 565 p.

PHILIPPI Jr., Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 842p. – (Coleção Ambiental; 2).