

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PAULA PILATI KATO

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DA VAZÃO
DE LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO ANIMAL A
PARTIR DA ANÁLISE DE PARÂMETROS ESPECIFICADOS EM LEGISLAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA
2021

PAULA PILATI KATO

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DA VAZÃO
DE LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO ANIMAL A
PARTIR DA ANÁLISE DE PARÂMETROS ESPECIFICADOS EM LEGISLAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Químico.

Orientadora: Profa. Dra. Pricila Marin

LONDRINA

2021

PAULA PILATI KATO

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA PARA CONTROLE DA VAZÃO
DE LANÇAMENTO DO EFLUENTE DE UMA INDÚSTRIA DE RAÇÃO ANIMAL A
PARTIR DA ANÁLISE DE PARÂMETROS ESPECIFICADOS EM LEGISLAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 30 de Novembro de 2021

Pricila Marin - Orientador
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Silvia Priscila Dias Monte Blanco – Membro Titular
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Andréa da Silva Guidio – Membro Titular
Special Dog Company

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram eu chegar até aqui. Portanto, desde já, peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que foram muito importantes nessa caminhada.

Agradeço à minha orientadora Prof. Dra. Pricila Marin, por todo o apoio neste trabalho e por compartilhar sua sabedoria com humildade.

À Special Dog Company e à todos os colaboradores com que tive contato por possibilitar a realização deste trabalho e pela experiência profissional e pessoal que obtive durante o estágio.

Às minhas amigas e ao meu namorado por estarem comigo desde o começo do curso, nos momentos bons e também nos ruins, me alegrando e dando forças para continuar sempre.

À minha família por todo o amparo e amor, que não conseguiria colocar em palavras.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo central deste trabalho foi a proposta de implantação de um sistema para o monitoramento da vazão de lançamento do efluente industrial de uma fábrica de ração animal, a Special Dog Company, da cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, São Paulo. Para tanto, primeiramente, foram avaliados os resultados de análises dos parâmetros físicos e químicos do efluente, bem como, da qualidade da água do corpo receptor, a jusante e a montante do ponto de descarte. Tais análises foram realizadas em laboratório certificado e, a partir dos resultados obtidos, constatou-se que todos os parâmetros avaliados no efluente tratado estão de acordo com o especificado na legislação, indicando que o tratamento realizado na empresa é eficaz e não há, portanto, a necessidade de alteração ou implantação de novas etapas à estação de tratamento. Em relação à qualidade da água do corpo receptor, foram verificados valores acima dos permitidos para os parâmetros Coliformes Totais e *Escherichia coli*. No entanto, observou-se que estes já se encontravam em desacordo com os requisitos de qualidade, mesmo a montante do ponto de descarte, não sendo, portanto, uma consequência do lançamento deste efluente. Constatou-se, ainda, que, dentre todas as exigências legais, o único parâmetro ainda não monitorado pela empresa é a vazão de lançamento do efluente no corpo receptor. Este parâmetro é apenas estimado de acordo com os dados de entrada do efluente bruto na estação de tratamento e, de acordo com esta estimativa, atende aos requisitos de vazão e volume diário descartados. No entanto, para que seja possível realizar a medição da vazão real e corroborar o atendimento à legislação, fez-se um estudo para a proposta de implantação de um sistema de controle deste parâmetro. Após analisar os possíveis métodos a serem aplicados para esta finalidade, foi proposta a instalação de uma Calha Parshall com 1 polegada de largura de garganta com o acoplamento de um medidor ultrassônico para medição contínua da vazão. Ainda, após avaliação das recomendações de instalação deste tipo de sistema e do espaço físico da Special Dog Company, propôs-se que o sistema seja instalado em um ponto de fácil acesso e sem a necessidade de grandes alterações na planta industrial. Acredita-se que esta é uma proposta viável para o constante acompanhamento da vazão de saída, possibilitando assegurar o atendimento à legislação e garantir que, tanto a qualidade da água quanto a capacidade do corpo receptor, o Ribeirão Mandaçaia, não sejam prejudicadas devido ao lançamento do efluente.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes. Legislação. Controle de vazão. Calha Parshall. Medição ultrassônica de vazão.

ABSTRACT

The central aim of this work was the implementation proposal of a system to monitor the industrial effluent flow from an animal feed industry, Special Dog Company, located in Santa Cruz do Rio Pardo, Sao Paulo. For this purpose, the effluent physicochemical parameters and the quality of the receptor waterbody, downstream and upstream the disposal point, were evaluated. The analyzes were carried out in a licensed laboratory. Results showed that all of the treated effluent parameters are according to the legislation, which means that the type of treatment carried out in the company is effective, meaning that there is no need to change or implement new stages in the wastewater treatment plant. Regarding the quality of the receiving waterbody, it was noticed that the total coliforms and *Escherichia coli* parameters were above the limit. However, these parameters were already over the permitted limit upstream of the disposal point. Therefore, this is not a consequence of the effluent discharge. Also, it was noted that, among all legal requirements, the only parameter not yet monitored by the company is the effluent discharge flow into the receiving waterbody. This parameter can be estimated according to the raw effluent input data at the treatment plant. According to this estimate, it meets the requirements of daily discharged volume and volume. However, to measure the actual flow and confirm compliance with legislation, a study was carried out to propose a control system for this parameter. After analyzing the possible methods to be applied for this purpose, it was proposed to install a Parshall flume with 1 inch of throat width with the coupling of an ultrasonic meter for continuous flow measurement. Furthermore, after evaluating the installation recommendations for this type of system and the Special Dog Company's physical space, it was proposed that the system would be installed in an easily accessible point and without the need for massive alterations to the industrial plant. This work concludes that this is a viable proposal for the constant monitoring of the outflow, making it possible to ensure compliance with legislation and ensure both the quality and the capacity of the receiving waterbody, Ribeirão Mandaçaia, are not harmed due to the discharge of the effluent.

Keywords: Wastewater treatment. Legislation. Flow control. Parshall flume. Ultrasonic flow measurement.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Vista aérea da Special Dog Company	12
Figura 2 - Fluxograma da produção de ração seca.....	15
Figura 3 - Fluxograma da produção de ração úmida tipo sachê	16
Figura 4 - Zonas características do processo de autodepuração.....	24
Figura 5 - Fluxograma da estação de tratamento de efluentes industriais da Special Dog Company.....	27
Figura 6 - Fluido escoando através de um Vertedouro triangular.....	30
Figura 7 - Vertedores de parede delgada do tipo (A) retangular, (B) trapezoidal e (C) triangular ou em “V”	31
Figura 8 - Escoamento de fluido através de uma Calha Parshall.....	32
Figura 9 - Calha Parshall observada em um corte em (A) Vista superior e (B) Vista lateral.....	33
Figura 10 - Vista superior (acima) e corte lateral (abaixo) da Calha Parshall	42
Figura 11 - Tabela de dimensionais e faixas de vazão da Calha Parshall	42
Figura 12 - a) Calha Parshall com W=1”, marca Inccer e b) escala graduada	44
Figura 13 - Dimensões da Calha Parshall proposta (Medidas em mm, exceto o valor da largura da garganta, que está em polegada: 1”)	45
Figura 14 - Medidor Ultrassônico (esquerda) e Módulo Controlador (direita).....	45
Figura 15 - Representação do método de medição proposto, utilizando Calha Parshall e medidor ultrassônico	46
Figura 16 - Local de instalação proposto (circulado em vermelho)	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da outorga para lançamento superficial	26
Tabela 2 - Valores de n e K de acordo com a largura da garganta (W)	34
Tabela 3 - Métodos recomendados para escoamento livre em diferentes intervalos de vazão	34
Tabela 4 - Resultados analíticos do efluente bruto e tratado e seus respectivos parâmetros.	36
Tabela 5 - Dados de eficiência de remoção	38
Tabela 6 - Resultados analíticos da montante e jusante e seus respectivos parâmetros	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
OD	Oxigênio Dissolvido
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Indústria de Ração Animal Special Dog Company	12
2.1.1	<i>Processo produtivo de ração animal</i>	13
2.1.2	<i>Efluente gerado no processo produtivo de ração animal</i>	16
2.2	Normas para lançamento de efluentes em corpos hídricos	17
2.3	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais da Special Dog Company	26
2.4	Controle da vazão de lançamento do efluente no corpo receptor	29
3	METODOLOGIA	35
3.1	Análises de parâmetros físicos e químicos do efluente e do corpo receptor	35
3.2	Estimativa da vazão de saída do efluente tratado e proposta de sistema para monitoramento deste parâmetro	35
4	ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	36
4.1	Análises de parâmetros físicos e químicos do efluente e do corpo receptor	36
4.2	Estimativa da vazão de saída do efluente tratado e proposta de sistema para monitoramento deste parâmetro	40
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O meio ambiente tem sido implacavelmente prejudicado pelo crescimento industrial e populacional. O aumento na geração de efluentes industriais e de resíduos domésticos têm influenciado diretamente a qualidade de vida da população devido ao seu reflexo no ecossistema. A industrialização e o crescimento populacional urbano são inevitáveis no modelo econômico atual do país, porém, devem ser realizados com responsabilidade e sustentabilidade, evitando, assim, impactos e alterações junto ao ecossistema (MOURE, 2019).

Os efluentes líquidos representam uma parte dos resíduos gerados industrialmente e podem ser oriundos tanto da limpeza da fábrica e dos equipamentos, quanto da própria linha de produção. O descarte inapropriado desses efluentes é um importante desafio técnico para a comunidade científica envolvida na resolução de problemas ambientais (ARAUJO *et al.*, 2016). A ausência de tratamento prévio e de adequação à legislação vigente, além das possíveis sanções legais à indústria, podem causar o desequilíbrio e a degradação do ecossistema, provocar a mortalidade da flora e da fauna aquática, além da proliferação excessiva de algas (MOURE, 2019).

No Brasil, a preocupação com as questões ambientais tornou-se notável a partir de 1990, quando houve uma evolução em relação às limitações legais para uso da água e às restrições para o descarte de efluentes, estabelecendo-se tratamentos específicos que possibilitam atingir os limites ideais para lançamento nos corpos d'água. Há mais de uma década, existem diversas leis, decretos, portarias e resoluções que normatizam as ações legais de indústrias e empresas diante de questões ambientais (FLORÊNCIO e MALPASS, 2014).

Neste cenário, pode-se citar a Lei 9.605/1998, denominada Lei dos Crimes Ambientais, que dispõe sobre as infrações e sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, atribuindo à sociedade, aos órgãos ambientais e ao Ministério Público, mecanismos para penalizar os infratores (BRASIL, 1998). Para adequar-se aos padrões permitidos de lançamento no meio ambiente, deve-se consultar tanto a Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes e que complementa e altera a Resolução nº 357, de março

de 2005, do mesmo órgão (BRASIL, 2011), como também, o Decreto Estadual nº 8.468 de 08 de setembro de 1976, que aprova o Regulamento da Lei nº 997 de 31 de maio de 1976, sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1976). Em caso de desacordo com os valores permitidos de cada parâmetro estabelecido nos documentos mencionados, necessita-se a implantação de um sistema de tratamento de efluentes.

Sendo assim, visando tornar ainda mais eficientes o tratamento e o descarte do efluente gerado na linha de produção da indústria de ração animal Special Dog Company, este trabalho tem como objetivos principais a verificação da eficiência da estação de tratamento de efluentes da empresa por meio da análise do cumprimento dos parâmetros estabelecidos em legislação e a proposta de implantação de um sistema de controle de vazão para o descarte em corpo hídrico.

Para alcançar os objetivos principais, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos:

- Análise dos parâmetros físicos e químicos estabelecidos para o lançamento de efluente industrial em corpos hídricos;
- Análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos do corpo receptor, a jusante e a montante do ponto de descarte;
- Estimativa da vazão de lançamento do efluente industrial no corpo receptor a partir de dados da vazão de entrada da estação de tratamento;
- Proposta de implantação de um sistema de monitoramento da vazão de lançamento do efluente no corpo receptor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico apresenta uma breve descrição da indústria de ração animal Special Dog Company, do processo produtivo da ração seca e da ração úmida e das características do efluente gerado na linha de produção. Em seguida, são abordados os parâmetros que devem ser controlados para lançamento de efluentes em corpos hídricos, a descrição da estação de tratamento de efluentes industriais da empresa e os métodos de controle da vazão de lançamento de efluentes no corpo receptor.

2.1 Indústria de Ração Animal Special Dog Company

Fundada em 7 de fevereiro de 2001, a Special Dog Company é uma empresa do ramo alimentício para cães e gatos, localizada na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, estado de São Paulo. A Figura 1 mostra uma vista aérea da empresa.

Figura 1 - Vista aérea da Special Dog Company



Fonte: Special Dog Company, 2021.

Atualmente, a indústria emprega mais de 1.000 colaboradores e possui em seu catálogo 47 produtos para cães e 26 para gatos, divididos em alimentos secos e úmidos, nas linhas Premium, Premium Especial, Super Premium (Prime) e Slacks. A marca está presente em 13 países e conta com uma produção de mais de 20 mil toneladas por mês. No ano de 2020, 217 mil toneladas de ração animal foram comercializadas pela companhia e a meta de fechar com receita de R\$ 800 milhões foi superada, atingindo a marca recorde de R\$ 1 bilhão em vendas (GHIRALDI, 2021).

A empresa conta com certificações da ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, Análises de perigo e pontos críticos de controle (HACCP) e Boas Práticas de Fabricação (BPF), que atestam o padrão de qualidade do alimento, o comprometimento com a proteção ambiental, o cuidado com a saúde e a segurança dos colaboradores, o controle dos processos e boas práticas higiênicas no manuseio dos alimentos. Além dos preceitos de valorização e engajamento, ética, relacionamento, sustentabilidade e perenidade, a Special Dog Company tem como missão “Trabalhar com qualidade na produção e entrega de alimentos seguros, destinados a animais de estimação” e como visão “Ser empresa de referência no que diz respeito à qualidade de produtos, serviços, bem-estar de seus colaboradores e na relação com *stakeholders* (partes interessadas)”.

2.1.1 Processo produtivo de ração animal

A Special Dog Company conta com uma variedade de produtos para cães e gatos em seu catálogo. A seguir estão descritos, simplificada, os processos de produção da ração seca e úmida tipo sachê, que são os dois produtos principais fabricados pela empresa.

A ração animal seca é, majoritariamente, composta por grãos, farelos e óleos. Após ser recebida na indústria, a matéria-prima passa por uma avaliação para atestar sua qualidade, onde são feitas algumas inspeções como a data de validade da carga, características sensoriais da matéria-prima, como aroma, cor, aspecto, alterações e estrutura microscópica, também pode ser feita a verificação da presença de pragas, parasitas, substâncias tóxicas ou estranhas (CAMARGO, 2018). Na sequência, são direcionadas para o armazenamento, onde ficam estocadas até que sejam destinadas à produção. As matérias-primas líquidas são armazenadas em tanques, os grãos são

estocados nos silos e os farelos em armazéns, todos com os controles de umidade e de temperatura necessários (Special Dog Company, 2018).

Na linha de produção, os grãos passam por uma etapa de moagem, pesagem e mistura com os outros componentes, como vitaminas e minerais. Na sequência, uma segunda moagem é feita para reduzir a granulometria, garantindo a uniformidade das partículas e aumentando sua área superficial. Após a moagem, dá-se início ao processo de cozimento, onde o produto recebe água e vapor por, aproximadamente, 90 segundos. A massa resultante segue para a etapa de extrusão (Special Dog Company, 2018).

Na extrusão, a massa recebe mais água e vapor, alcançando de 20 a 25% de umidade a uma temperatura de até 130°C. Ao final da extrusão, tem-se a formatação do alimento em *pellets* (Special Dog Company, 2018).

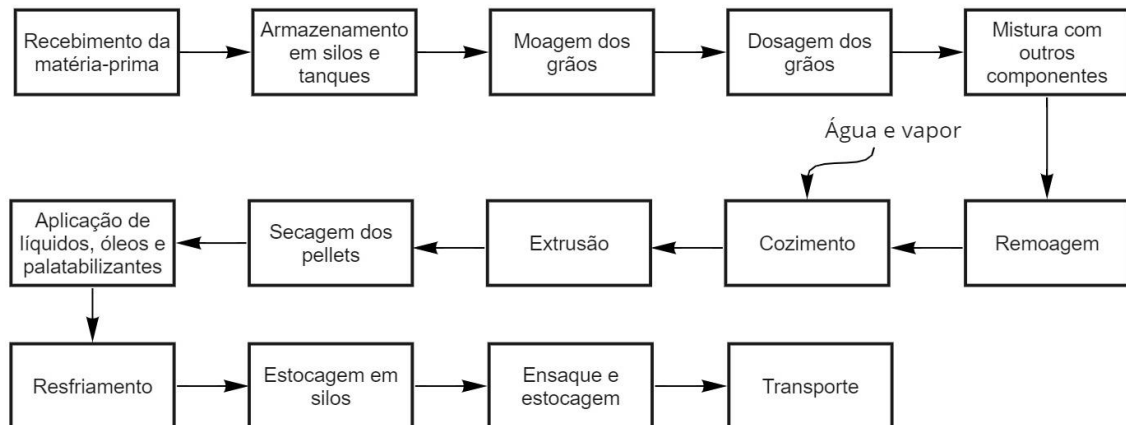
Os pellets são, então, transportados para o secador, onde permanecem durante 30 minutos a uma temperatura média de 120°C, reduzindo a umidade para uma faixa de 8 a 10%. Após a secagem, o produto recebe aplicação de líquidos, óleos e palatilizantes e é uniformizado a fim de garantir a harmonia dos ingredientes. Posteriormente, é direcionado ao resfriador para redução da temperatura (Special Dog Company, 2018).

Após o processo de resfriamento, tem-se uma etapa de seleção, na qual os *pellets* que não estão uniformes ou não estão em conformidade com os padrões de qualidade exigidos, são desviados do processo. Os que estão dentro dos padrões são estocados em silos, separados por tipos e formatos (Special Dog Company, 2018).

Antes de serem embalados, os produtos passam por uma inspeção de qualidade para comprovação dos níveis de garantia e segurança dos alimentos. Após serem embalados, os produtos são mantidos em armazéns específicos para esse fim, devidamente separados e identificados, até que sejam retirados para transporte (Special Dog Company, 2018).

A Figura 2 mostra o fluxograma do processo produtivo da ração seca.

Figura 2 - Fluxograma da produção de ração seca



Fonte: Autoria própria, 2021.

Enquanto a ração animal seca possui cerca de 10% de umidade, a ração úmida tipo sachê possui em torno de 80%. Ao chegar na indústria, a matéria-prima passa por uma avaliação para atestar sua qualidade, assim como na fábrica de ração seca (KAORU, 2018), no entanto, seu processo produtivo é, relativamente, diferente.

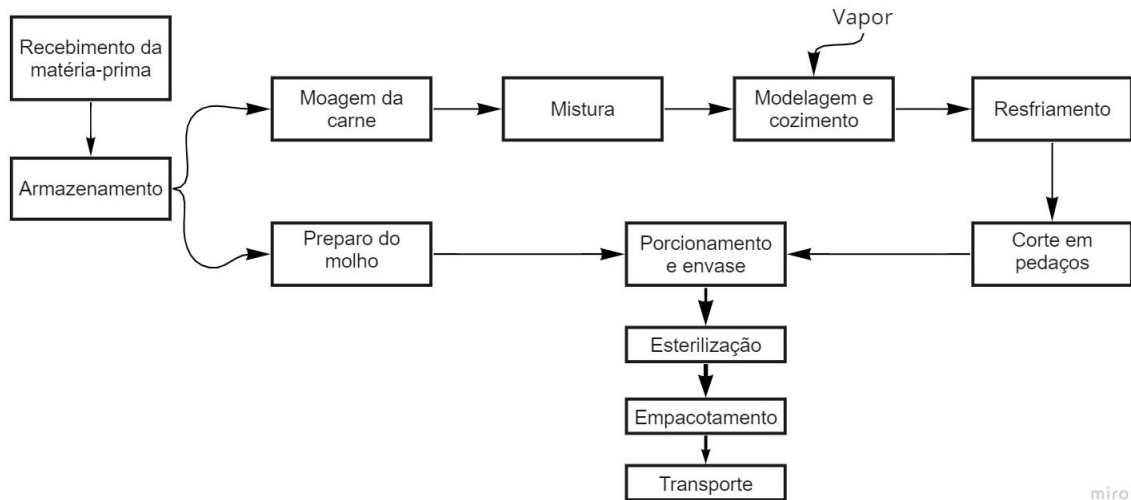
Miúdos de suínos, miúdos de aves, carne bovina e de frango são alguns dos ingredientes principais neste tipo de ração. As carnes são moídas e armazenadas até que sejam usadas no processo do produto programado. Na fabricação, as carnes são misturadas com ingredientes como sais minerais, vitaminas, farinha de trigo, plasma sanguíneo suíno em pó, água e óleo, que podem variar de acordo com o tipo de ração produzida (KAORU, 2018).

Os ingredientes formam uma massa, que sai do equipamento em formato de longas tiras e segue numa esteira até o forno, onde são cozidos a vapor. Após o cozimento, seguem na esteira onde são resfriados com o auxílio de um ventilador. A massa é então cortada em pedaços e levada até a balança, onde são pesadas as porções para cada embalagem (KAORU, 2018).

Já dentro da embalagem, a massa é misturada com o molho, que é preparado previamente e separadamente com água e ingredientes em pó. A embalagem é selada e segue para esterilização na autoclave. Ao saírem do equipamento, o produto passa por inspeções para assegurar o padrão de qualidade e está pronto para ser empacotado para venda (KAORU, 2018).

A Figura 3 mostra o fluxograma do processo produtivo da ração úmida tipo sachê.

Figura 3 - Fluxograma da produção de ração úmida tipo sachê



Fonte: Autoria própria, 2021.

2.1.2 Efluente gerado no processo produtivo de ração animal

O efluente gerado no processo produtivo industrial de ração animal representa a parte líquida dos resíduos gerados na produção. Majoritariamente, esse efluente é advindo da limpeza da fábrica e dos equipamentos, sendo a menor parcela da própria produção. Devido ao fato de a limpeza ser realizada apenas em momentos específicos e, portanto, não ter uma geração constante, o efluente é armazenado em tanques pulmão até que seja direcionado para tratamento, evitando a sobrecarga da estação de tratamento. Em média, trata-se cerca de 110 m³ de efluente industrial diariamente, exceto aos finais de semana e feriados, nos quais o processo de tratamento é interrompido. A análise e a caracterização do efluente bruto gerado na Special Dog Company é feita em laboratório certificado.

A partir dos dados da caracterização do efluente, é possível determinar quais parâmetros devem ser predominantemente observados durante o seu tratamento. Ademais, além das características físico-químicas do efluente final, os métodos empregados para esta finalidade devem ser adequados, também, ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional na indústria e aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação (MANAGO *et al.*, 2017).

Embora cada um dos métodos de tratamento possua vantagens e limitações, que devem ser seguidas de acordo com a particularidade de cada processo, o tratamento a ser empregado deve ser capaz de adequar o efluente aos rigorosos padrões de lançamento, exigidos pela legislação.

No item 2.2 são abordados os principais parâmetros que devem ser observados para o lançamento deste tipo de efluente, os limites especificados pela legislação e os métodos de tratamento que são, comumente, empregados.

2.2 Normas para lançamento de efluentes em corpos hídricos

O descarte inapropriado do efluente industrial no meio ambiente, sem tratamento prévio, causa preocupação pública, além de possíveis sanções legais, conforme legislação vigente (ARAUJO *et al.*, 2016). A Resolução do CONAMA N° 430/11 dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2011). E o Decreto Estadual n° 8.468 de 08 de setembro de 1976, que aprova o Regulamento de execução da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, dispõe sobre controle da poluição do meio ambiente do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1976).

Para comprovação do atendimento aos requisitos legais do efluente gerado pela Special Dog Company, são feitas análises semestrais, em laboratório certificado, do efluente bruto, do efluente tratado e dos efluentes a montante e a jusante do corpo d'água. De acordo com as normas brasileiras, os laboratórios com capacidade para realizar estas análises devem ser acreditados pela Coordenação Geral de Acreditação – CGCRE, do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. A certificação assegura que o laboratório acreditado esteja apto para produzir dados confiáveis, reprodutíveis e rastreáveis. Além disso, de acordo com a resolução SMA 90/2012, a CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo não aceita laudos de análise de laboratórios que não sejam aprovados pela norma (TERA AMBIENTAL, 2016).

Devido às características do efluente abordado neste trabalho, pode-se destacar alguns dos parâmetros dos padrões de lançamento de efluentes citados na Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011) e no Decreto Estadual n° 8.468/76

(SÃO PAULO, 1976), que são o Potencial Hidrogeniônico, temperatura, sólidos sedimentáveis, demanda biológica de oxigênio, demanda química de oxigênio, óleos e graxas, nitrogênio amoniacal e fósforo total.

Na sequência, apresenta-se a importância do monitoramento destes parâmetros no efluente tratado, os limites especificados pela legislação e os métodos de tratamento comumente utilizados, além das legislações que dizem respeito à preservação das características do corpo receptor.

- Potencial Hidrogeniônico (pH) e Temperatura

O controle do pH é extremamente importante, uma vez que, efluentes lançados com valores de pH distantes da neutralidade, podem influenciar diretamente nos ecossistemas aquáticos naturais, afetando as taxas de crescimento dos microrganismos, além de causar efeitos sobre a fisiologia de diversas espécies. O pH também pode influenciar indiretamente na precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou ainda, exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (ACQUA EXPERT, 2018). De acordo com a Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011) e com o Decreto Estadual n° 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976), para que possa ser lançado nos corpos hídricos, o pH do efluente deve estar entre 5 e 9.

Assim como o pH, caso a temperatura de lançamento do efluente não esteja dentro dos limites de tolerância térmica, pode influenciar no crescimento dos organismos aquáticos e tende a afetar sua reprodução. Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água (TERA AMBIENTAL, 2018). De acordo com a Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011) e com o Decreto Estadual n° 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976) para que possa ser lançado nos corpos hídricos, a temperatura do efluente deve estar abaixo de 40°C.

- Sólidos sedimentáveis

Os sólidos sedimentáveis representam a parte não solubilizada do efluente e são considerados indicadores de poluição, constituindo um parâmetro da Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011) e do Decreto Estadual n° 8.468/76 (SÃO

PAULO, 1976). Estes estabelecem um limite máximo de 1 mg de sólidos por 1 litro de efluente a ser lançado. Os sólidos sedimentáveis podem ser utilizados como índice de eficiência do sistema de tratamento e sua remoção é geralmente realizada através do uso de sedimentadores (TERA AMBIENTAL, 2018). Assim garante-se que os efluentes estejam livres de contaminação e também afirma-se o cumprimento da resolução.

- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) são outros dois parâmetros que têm grande influência quando se quer medir os impactos ambientais do lançamento. A DBO identifica a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos para decompor a matéria orgânica biodegradável presente no efluente, enquanto a DQO se refere à quantidade de oxigênio que os processos químicos precisam para degradar todo o material orgânico. Sendo assim, o valor da DQO será sempre maior que o da DBO para uma mesma amostra, podendo ser feitas correlações entre estes dois parâmetros através de estudos das características do efluente em questão.

Quando há uma quantidade de matéria orgânica muito alta no ambiente, as bactérias passam a se multiplicar em demasia e acabam disputando entre si todo o oxigênio disponível no meio. Com a escassez do oxigênio dissolvido na água, as bactérias morrem e o corpo receptor torna-se incapaz de sustentar a vida aeróbia. Para a DBO, o Decreto Estadual nº 8468/76 estabelece o máximo de 60 mg/L (SÃO PAULO, 1976). Este limite poderá ser ultrapassado nos casos em que a eficiência do processo de tratamento é superior a 80%. O CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011) estabelece como parâmetro a remoção mínima de 60% de DBO, que corresponde à quantidade de oxigênio consumida na degradação da matéria orgânica no meio aquático por processos biológicos (NAIME e NASCIMENTO, 2009). Vale ressaltar que a DQO, por sua vez, não possui especificações de limites máximos permitidos pela legislação.

Tanto para diminuir a DBO quanto a DQO do efluente, é necessário realizar a remoção da matéria orgânica através de métodos físico-químicos ou biológicos.

No processo físico-químico, é utilizado o processo de coagulação e floculação. Neste método, a maioria dos sólidos em suspensão é retirada e resta boa parte dos sólidos dissolvidos. Este método é recomendado nos casos em a maior parcela do material não é biodegradável (OPERSAN, 2015).

Para o tratamento biológico, pode-se utilizar o sistema de lodo ativado. O processo começa dentro de um tanque aeróbio, onde há fornecimento de oxigênio aos microrganismos através de um sistema de aeração mecânica. Em seguida o efluente é direcionado para o decantador. Nele há a separação do lodo, que se deposita no fundo, e do sobrenadante. O lodo é recirculado para o tanque de aeração, aumentando a concentração de microrganismos a fim de estabilizar a matéria orgânica. Esta recirculação ocorre pela fase endógena ou fase de decaimento, ou seja, os microrganismos continuam utilizando o O_2 para se manterem vivos, porém não degradam mais a matéria orgânica. O sobrenadante do decantador é o efluente tratado, que é então lançado no corpo hídrico. Durante o tratamento é preciso fazer a retirada de excesso do lodo no tanque, para que a concentração da biomassa do sistema esteja sempre dentro do desejado, caso contrário, o fruto do crescimento biológico terá interferência na eficiência do tratamento (IERVOLINO, 2019)

- Óleos e graxas

Os óleos e graxas, quando em excesso, acumulam-se nas superfícies de águas naturais, dificultando as trocas gasosas que ocorrem entre a água e a atmosfera, especialmente a de oxigênio. Além disso, a decomposição dos óleos e graxas causa redução de oxigênio dissolvido na água, devido à elevação da DBO e DQO, causando sérios problemas ao ecossistema aquático. Sendo assim, o Decreto Estadual nº 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976) estabelece o limite de 100 mg/L para os níveis de Óleos e Graxas dos efluentes lançados no corpo hídrico. Já a Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011), estabelece os limites máximos de 50 mg/L para Óleos Vegetais e Gorduras Animais e 20 mg/L para Óleos Minerais (PIVELI, 2021).

Os métodos de remoção de óleos e graxas mais simples consistem em separadores gravitacionais, comumente chamados de “caixa de gordura”. Estas estruturas retêm o óleo entre anteparos, através da flutuação do mesmo por diferença de densidade da água, que, por sua vez, escorre pelo fundo do tanque. A massa

oleosa que se forma na superfície deve ser removida e disposta adequadamente (PIVELI, 2021).

No caso de menores partículas de óleo, pode-se utilizar o método de flotação por ar dissolvido (FAD). Esse sistema é capaz de reduzir a carga orgânica do efluente, realizar a separação de elementos como óleo, graxa, partículas de gordura, proteínas, dentro outros. O processo consiste na floculação química do efluente por sais como o de alumínio ou ferro. As partículas coloidais são desestabilizadas e assim ocorre a formação de flocos. Então o efluente é saturado com ar dissolvido sob pressão e recirculado na câmara de microbolhas, fazendo com que os sólidos sejam levados à superfície, formando um leito flutuante de lodo, que é removido com ajuda de um raspador superficial (CECCHET *et al.*, 2010).

A desestabilização do efluente contendo óleo também pode ser realizada sem aditivos químicos, através da eletrocoagulação. Neste processo, íons metálicos são liberados no eletrólito, fazendo com que ocorra a neutralização da carga da solução, desestabilizando-a. Desse modo, as gotículas de óleo se fundem e sobem à superfície (NICHOLAS, 2020).

- Nitrogênio Amoniacal

O nitrogênio pode estar presente no efluente em diversas formas, porém, as mensuráveis em ensaios laboratoriais são nitrogênio amoniacal, nitrogênio albuminoide, nitrogênio orgânico, nitrito e nitrato, cujas concentrações, somadas, constituem o nitrogênio total (FOX WATER, 2018). Dentre estas formas, o nitrogênio amoniacal ganha destaque por ser considerado um sério poluente à vida aquática. O nitrogênio amoniacal engloba a forma gasosa NH_3 , mais conhecida como amônia, e a forma ionizada NH_4^+ , denominada íon amônio. Ambas as formas têm efeitos ambientais nocivos ao promover o crescimento demasiado de algas e plantas aquáticas, o que pode provocar um déficit significativo de oxigênio dissolvido nos corpos receptores, sendo assim responsável pelo fenômeno de eutrofização das águas superficiais (LIMA *et al.*, 2008). De acordo com a Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011) para que possa ser lançado nos corpos hídricos, o limite de nitrogênio amoniacal presente no efluente deve ser de, no máximo, 20 mg/L.

Tradicionalmente, o processo de remoção de nitrogênio implica em etapas separadas de aeração e não aeração. Primeiramente, ocorre a etapa de nitrificação,

onde o amônio é convertido a nitrato sobre condições aeróbias, tendo o oxigênio como acceptor de elétrons na cadeia respiratória, permitindo a reoxidação das coenzimas e a geração de ATP. A segunda etapa, de desnitrificação, ocorre em condições anóxicas. Nesse processo uma fonte externa de carbono é necessária para que o nitrato seja convertido em nitrogênio gasoso (N_2), tendo o nitrato como acceptor de elétrons (MADIGAN *et al.*, 1997, UEMOTO e SAIKI, 2000 apud MORAIS, 2015)

Uma alternativa de tratamento de nitrogênio amoniacal é a nitrificação e desnitrificação simultânea (SND), onde estas duas etapas acontecem em um mesmo reator, sem separação, nas mesmas condições e ao mesmo tempo. Neste método, a distribuição desigual de oxigênio dentro da biomassa permite a proliferação simultânea de bactérias nitrificantes em áreas que possuem maior concentração de oxigênio e desnitrificantes em áreas onde a concentração de oxigênio é limitante (ZOPPAS, 2016). Adicionalmente, algumas bactérias nitrificantes conseguem realizar a desnitrificação com pequenas concentrações de oxigênio, fazendo com que o nitrogênio amoniacal possa ser diretamente convertido em nitrogênio gasoso (N_2) sem acumulação de nitrito nem de nitrato (CIUDAD, 2007 apud ZOPPAS, 2016).

WASEM (2015), realizou um estudo com zeólitas sintetizadas a partir da cinza pesada de carvão mineral para realizar a adsorção de nitrogênio amoniacal de efluentes industriais. As zeólitas são materiais com uma área superficial relativamente grande e que podem apresentar alta capacidade de adsorção. A eficiência da remoção do íon amônio está associada a relação Si/Al da zeólita, pois para cada Si substituído por Al é gerada uma carga negativa, a qual é compensada por um cátion. Assim, os cátions ficam livres para entrar e sair das estruturas zeolíticas, o que permite sua aplicação para uma troca catiônica (BRUNO, 2008 apud WASEM, 2015).

- Fósforo Total

Assim como o nitrogênio, o fósforo, quando em excesso, é responsável pelo processo de eutrofização, onde ocorre o estímulo de crescimento e multiplicação de algas e outras plantas aquáticas. O aumento desses organismos pode acarretar na intoxicação e mortalidade de plantas e animais, pois há a diminuição do oxigênio dissolvido na água. Além disso a contaminação causada por eutrofização pode se disseminar devido à mobilidade dos corpos hídricos. (FANGMEIER *et al.*, 2015). De acordo com a Resolução do CONAMA N° 430/11 Art. 17, o órgão ambiental

competente poderá definir padrões específicos para o parâmetro fósforo no caso de lançamento de efluentes em corpos receptores (BRASIL, 2011).

A remoção de Fósforo pode ser feita por métodos físicos, químicos ou biológicos. O método físico consiste na adsorção do fósforo por materiais como óxidos de alumínio e ferro, zeólitas, silicatos, carvão entre outros. Sua eficiência de remoção será relacionada com a granulometria, porosidade e comportamento hidráulico do material. A remoção física também pode ser realizada através da ultrafiltração e osmose reversa, porém estes métodos revelam-se economicamente inviáveis (METCALF e EDDY, 2003 apud FERREIRA, 2014).

Os métodos químicos baseiam-se na coagulação do efluente com adição de agentes químicos que contem íons de Fe, Mg, Al ou Ca. Podendo, também, ser adicionados polímeros para aumentar a eficiência do processo. Porém, neste método, o lodo formado torna-se menos versátil devido à presença dos metais utilizados (FERREIRA, 2014).

A remoção biológica pode ser realizada através de sistemas de lodos ativados. Este método utiliza reatores em condições anaeróbias e aeróbias, fazendo com que algumas bactérias heterotróficas presentes na biomassa ativa dos lodos ativados, acumulem fosfato solubilizado na forma de polifosfatos no interior da célula, fazendo com que a remoção de fósforo do sistema seja possível através do descarte da biomassa (WANG *et al.*, 2008 apud HENRIQUE, *et al.*, 2010).

Além dos citados acima, alguns outros parâmetros também são estabelecidos pela Resolução do CONAMA N° 430/11 (BRASIL, 2011) e pelo Decreto Estadual n° 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976) para lançamento de efluentes em corpos hídricos. Tais parâmetros são: arsênio total, bário total, benzeno, boro total, cádmio total, chumbo total, cianeto, cianeto livre, clorofórmio, cobre, cobre dissolvido, cromo, cromo hexavalente e trivalente, dicloroetano total, estanho total, estireno, etilbenzeno, ferro dissolvido, fluoreto, índice de fenóis, manganês dissolvido, materiais flutuantes, mercúrio total, níquel total, prata total, selênio total, sulfeto, tetracloreto de carbono, tolueno, tricloroetano, xilenos e zinco total.

Todas essas substâncias podem apresentar riscos tanto à vida aquática quanto à terrestre. No entanto, não serão abordados neste trabalho, uma vez que, não são substâncias características do efluente gerado na indústria de ração animal.

- Preservação das características do corpo receptor e controle da vazão de lançamento

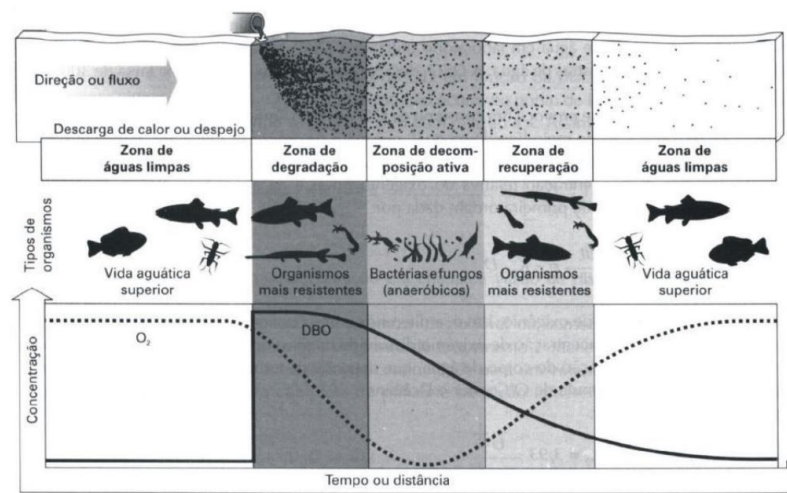
Segundo Mendonça-Galvão *et al.* (2011) apud Cordeiro *et al.* (2016),

A integridade biológica de um ambiente aquático é uma medida do nível de conservação das suas condições naturais com o mínimo de influência humana, considerando três importantes componentes: a paisagem (incluindo a preservação da vegetação), a qualidade física e química da água e as suas condições biológicas. Ambientes que se encontram sob o mínimo de influência antrópica são capazes de manter a diversidade de espécies, as quais oferecem diversos serviços ao ambiente aquático. Sendo assim, estes ambientes são considerados áreas de referência, e possuem grande relevância na definição de ações para recuperação da integridade biológica do sistema.

O lançamento de grandes volumes de efluente em corpos hídricos, mesmo após tratamento eficiente, pode violar sua integridade biológica. Dessa forma, o descarte não deve ser feito sem uma avaliação prévia da capacidade de suporte do corpo receptor, principalmente no caso de corpos de pequeno porte, pois estes sofrem maior impacto com o lançamento, que pode alterar substancialmente a estrutura e o funcionamento do ecossistema local (DODDS, 2006 apud CORDEIRO *et al.*, 2016).

Após o lançamento de um efluente em um corpo d'água, a matéria orgânica é, naturalmente, decomposta pelos próprios organismos existentes, num processo conhecido como autodepuração (FERREIRA, 2014). A Figura 4 mostra as Zonas características do processo de autodepuração.

Figura 4 - Zonas características do processo de autodepuração



Fonte: Braga *et al.*, 2005 apud Ferreira, 2014.

A zona de águas limpas refere-se à região anterior ao lançamento do efluente, enquanto a zona de degradação, à região imediatamente após. Na segunda zona, ocorre o aumento da concentração da DBO e a diminuição do oxigênio dissolvido (OD). Quando a concentração de OD atinge o valor mínimo, a eliminação dos organismos aeróbios é favorecida, caracterizando a zona de decomposição ativa. Na zona de recuperação, observa-se o aumento da concentração de OD, dado que os mecanismos de reação se sobrepõem aos de consumo. Por fim, a zona de águas limpas é alcançada quando as concentrações de OD e de DBO são similares às da zona de águas limpas anteriores ao lançamento do poluente (BRAGA *et al.*, 2005 apud FERREIRA, 2014).

A capacidade de autodepuração de um corpo hídrico é uma ferramenta importante para o estabelecimento das vazões de referência adotadas para a outorga de uso da água por parte dos órgãos interessados, visando manter o equilíbrio do ecossistema aquático. De acordo com o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), a outorga pode ser definida como o ato administrativo de autorização, por meio do qual, o órgão gestor dos recursos hídricos faculta ao outorgado o direito de uso destes recursos superficiais ou subterrâneos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. Tendo como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos é requerida para o lançamento de efluentes, devendo o órgão ambiental avaliar o impacto da atividade nos corpos hídricos. A outorga deve ser concedida se o lançamento não causar alteração maior que a permitida no corpo hídrico, para o parâmetro analisado (FREITAS e HORA, 2016).

De acordo com o Artigo 1º da Portaria nº 5992 de 23 de outubro de 2020, do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, a Special Dog Company (Razão social: Manfrim Industrial e Comercial Ltda.), possui a outorga para uso dos recursos hídricos superficiais, para fins industrial, no município de Santa Cruz do Rio Pardo, conforme identificado na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados da outorga para lançamento superficial

Nº do requerimento Uso/ Interferência	Corpo Hídrico	Coordenadas Geográficas		Vazão (m ³ /h)	Uso Diário Máximo		Dias/ Mês	Prazo (meses)
		Latitude S	Longitude O		Volume (m ³)	Horas /Dia		
		20190020774- RAQ Lançamento Superficial	Ribeirão Mandaçaia		22°52'4. 480"	49°36'21.0 70"		

Fonte: (BRASIL, 2020).

Portanto, no caso da Special Dog Company, o volume máximo de efluente que pode ser lançado diariamente no corpo receptor é 528 m³, com uma vazão máxima de 22 m³/h. A outorga tem validade de 50 meses, logo, tem vigência até o dia 27 de dezembro de 2024, quando deve ser renovada.

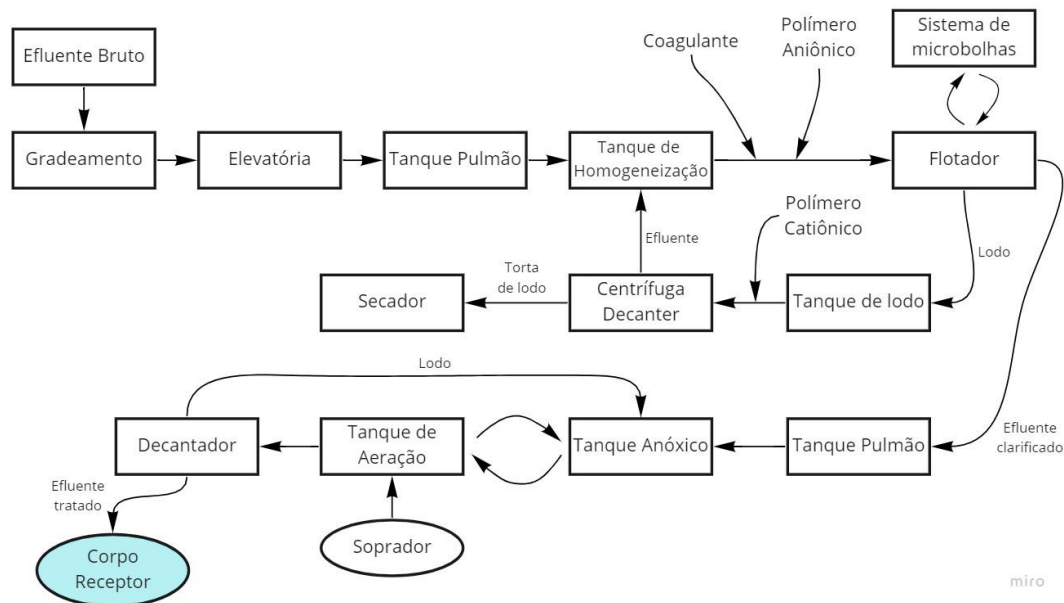
O corpo hídrico utilizado como receptor é considerado como classe 2 que, de acordo com o Decreto Estadual nº 8468/76 - Art. 7º (SÃO PAULO, 1976), são águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho). Nas águas de Classe 2 não podem ser lançados efluentes, mesmo que tratados, que alterem sua qualidade. Sendo assim, para analisar o impacto do efluente no corpo receptor, deve-se realizar análises a montante e a jusante do ponto de descarte. O Artigo 11º do Decreto Estadual nº 8468/76 descreve os parâmetros e valores máximos permitidos que devem ser considerados nesta análise (SÃO PAULO, 1976).

Diante do exposto, verifica-se que, para o correto lançamento dos efluentes nos corpos hídricos, é fundamental o rigoroso controle de todos parâmetros apresentados, bem como, a sua adequação à legislação vigente. Pensando nisso, o efluente gerado na linha de produção de ração animal da Special Dog Company é destinado a uma Estação de Tratamento de efluentes.

2.3 Estação de Tratamento de Efluentes Industriais da Special Dog Company

Ao chegar na estação de tratamento, o efluente bruto passa por diversas etapas que visam adequá-lo às normas vigentes para lançamento nos corpos hídricos. Tais etapas são esquematizadas no fluxograma apresentado na Figura 5 e, na sequência, é descrito o processo de funcionamento da estação de tratamento de efluentes (ETE) da Special Dog Company.

Figura 5 - Fluxograma da estação de tratamento de efluentes industriais da Special Dog Company



Fonte: Autoria própria, 2021.

O primeiro passo do processo é a remoção física dos sólidos presentes no efluente, por meio de um sistema de gradeamento. Nesta etapa, o efluente bruto é direcionado, por gravidade, para grelhas, nas quais ficam retidas as partículas com dimensões maiores que 2 mm. As principais finalidades do gradeamento são: proteção dos dispositivos de transporte dos efluentes (bombas e tubulações); proteção das unidades de tratamento subsequentes e proteção dos corpos receptores (FOGAÇA, 2020).

Após o gradeamento, por meio de uma bomba elevatória, o efluente é destinado para cinco tanques pulmão, que somam 250 m³ de capacidade e, na sequência, é direcionado para o tanque de homogeneização. Além de homogeneizar, este tanque também tem a função de equalizar a vazão do efluente, garantindo que não haja picos extremos de vazão (SILVA e CARVALHO, 2020).

Na tubulação de saída do tanque de homogeneização, inicia-se o processo de coagulação. Este é um processo físico-químico que visa, com a adição do coagulante aluminato de sódio, clarificar o efluente por meio da desestabilização das partículas coloidais presentes na água, as quais deixam de se repelir, permitindo sua posterior agregação para a formação de flocos. Esses flocos apresentam melhores condições

de sedimentabilidade e filtrabilidade, o que facilita a sua posterior remoção do efluente líquido (LIU *et al.*, 2017). Na mesma linha, é adicionado um polímero aniônico comercial, composto majoritariamente pelo polímero acrílico, que auxilia na clarificação. Após a adição destes produtos, o efluente segue para o flotador por ar dissolvido.

No sistema de flotação por ar dissolvido (FAD), microbolhas de ar são introduzidas na massa líquida, visando remoção dos flocos que se formaram na etapa de coagulação. As microbolhas são geradas a partir da dissolução do gás em parcela do efluente clarificado, em uma câmara de saturação. Nesta câmara, o ar é dissolvido à alta pressão e introduzido no tanque de flotação, que opera em pressão atmosférica, precipitando, assim, o ar na forma de microbolhas (MORUZZI e REALI, 2014).

Este modelo de tratamento é utilizado para remover sólidos em suspensão, matéria orgânica dissolvida e fósforo, além de proporcionar a redução dos teores de gases odoríferos e elevação do nível de oxigênio dissolvido, o que resulta num efluente de melhor qualidade. Entretanto, a remoção do nitrogênio geralmente é baixa, necessitando, assim, de outra etapa de tratamento, em um tanque anóxico (AISSE *et al.*, 2001 apud. FREITAS *et al.*, 2016).

Após a flotação, a massa formada na superfície do flotador é retirada com o auxílio de pás raspadoras, que arrastam continuamente os sólidos para o tanque de lodo, onde ficam armazenados para posterior tratamento.

Os processos de tratamento de lodo têm como objetivo reduzir o teor de material orgânico biodegradável e também o teor de água, a fim de se obter um material sólido e estável, que não constitua risco à saúde e que possa ser manipulado e transportado com facilidade e baixo custo (WAGNER *et al.*, 2009).

O tratamento do lodo tem início já na tubulação de saída do tanque de lodo, com a adição de um polímero catiônico comercial, composto majoritariamente pelo polímero de acrilamida modificado, que age como auxiliar na clarificação de água. O lodo com adição do polímero segue para um decanter centrífugo, onde é feito o desaguamento ou pré-secagem, resultando em uma torta com menor umidade. A água retirada do lodo volta para o tanque de homogeneização, enquanto a torta segue para um secador rotativo para a realização da secagem térmica com a utilização de

vapor em serpentinas. Após a secagem térmica, os teores de sólidos obtidos são da ordem de 90 a 95%, reduzindo significativamente o volume final do lodo (SOTO e ORRICO, 2009).

Após o tratamento, o lodo é armazenado em *big bags* e pode ser utilizado para compostagem, para *landfarming*, em lagoas de armazenamento, como combustível, para disposição em aterros sanitários ou para reciclagem agrícola (WAGNER *et al.*, 2009).

Voltando a flotação, o efluente clarificado é destinado para o tanque anóxico, que age em conjunto com o tanque de aeração. O tanque anóxico possui apenas uma haste agitadora em seu interior, enquanto o de aeração possui pratos perfurados no fundo, por meio dos quais, ocorre a entrada de bolhas de ar, vindos do soprador, que têm a função de fornecer oxigênio para os microrganismos aeróbios (bactérias, protozoários, fungos etc.), permitindo a digestão natural de toda a carga orgânica do efluente. Os microrganismos alimentam-se do material orgânico contido nos efluentes e convertem-no em gás carbônico, água e material celular (SILVA e CARVALHO, 2020). Nesse tanque, finaliza-se a remoção da carga orgânica original do efluente. Porém, com a degradação da matéria orgânica, há a geração de sólidos em suspensão, que são separados por meio de um processo de sedimentação em um decantador.

No decantador, é feita a separação dos sólidos em suspensão e do efluente limpo. Na parte superior, obtém-se o efluente clarificado e, na inferior, o chamado lodo ativado. Este lodo é recirculado e retorna ao tanque anóxico, para supri-lo com uma quantidade suficiente de microrganismos e manter uma relação alimento/microrganismo capaz de decompor com maior eficiência o material orgânico. O efluente clarificado segue para descarte em corpo receptor. No caso dessa estação de tratamento, o corpo hídrico receptor é o Rio Mandassaia, na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, estado de São Paulo.

2.4 Controle da vazão de lançamento do efluente no corpo receptor

Com o objetivo assegurar que as atividades de lançamento de efluentes em corpos hídricos não causem impactos negativos na qualidade da água e da vida aquática do manancial, a vazão e o volume de lançamento diário devem ser controlados de forma que não ultrapassem o limite estabelecido para a capacidade

local. Dessa forma, ao final do tratamento, há a necessidade de instalação de um sistema de controle desses parâmetros.

Dentre os métodos de medição de vazão contidos na Norma Brasileira NBR 13403 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT pode-se citar o volumétrico, os vertedouros e a calha Parshall, que são podem ser utilizados em canais abertos (ABNT, 1995).

No método volumétrico, também chamado de método direto, estima-se o tempo necessário para preencher um recipiente de volume conhecido. Então, obtém-se a vazão através do cálculo do volume sobre o tempo. Este método é preferencialmente aplicável para pequenas descargas como fontes e bicas. É de baixo custo, simples e prático, porém há impossibilidade de medições contínuas de vazão (ABNT, 1995).

O método do vertedor consiste na instalação de barreiras perpendiculares ao fluxo, com aberturas que permitem a passagem do efluente. A vazão é determinada a partir da leitura da carga hidráulica no vertedor. A Figura 6 mostra o escoamento de um fluido através de um vertedor triangular.

Figura 6 - Fluido escoando através de um Vertedor triangular



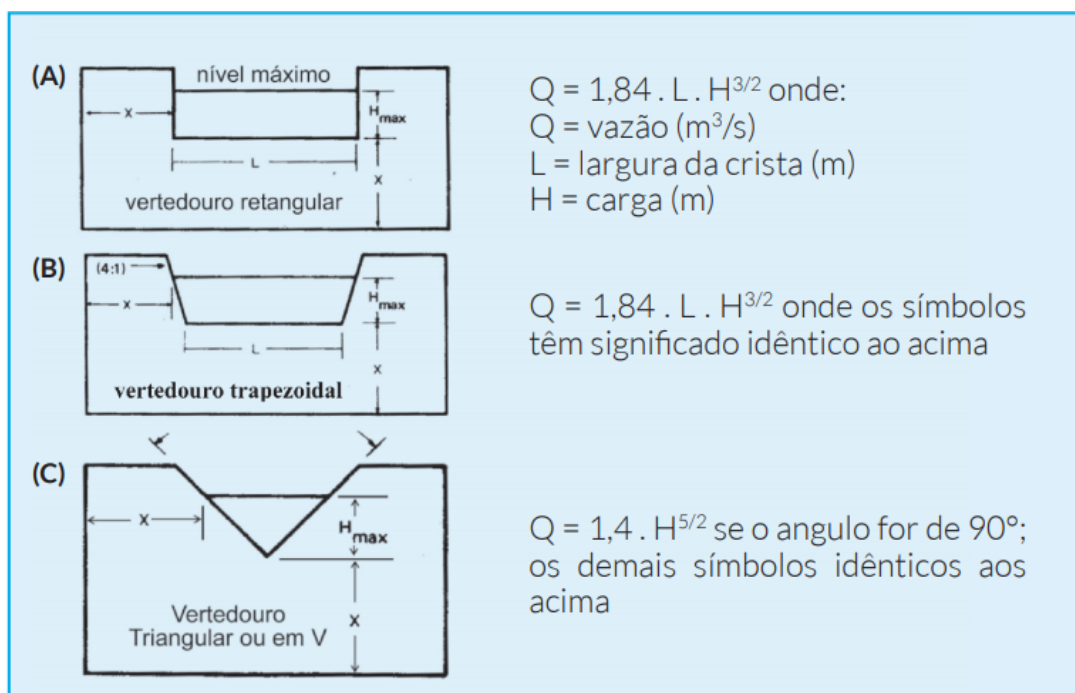
Fonte: Amendola, 2014.

O tipo de vertedor e a equação utilizada para o cálculo da vazão variam em função do formato da abertura das placas. Na Figura 7, pode-se observar alguns

exemplos de recortes retangular (A), trapezoidal (B) e triangular (C), bem como as equações utilizadas em cada caso.

Os valores das dimensões L e X são dados em função da altura máxima da lâmina d'água (H_{\max} , em metros), descontado o bordo livre, assim, L é pelo menos 3 vezes maior que H_{\max} e X é pelo menos 2 vezes maior que H_{\max} (BRANDÃO *et al.*, 2011).

Figura 7 - Vertedores de parede delgada do tipo (A) retangular, (B) trapezoidal e (C) triangular ou em "V"



Fonte: Brandão *et al.*, 2011.

Segundo a NBR 13403 (ABNT, 1995)

Para vazões menores que 30 L/s, os vertedores triangulares oferecem maior precisão. Já para vazões estimadas entre 30 L/s e 300 L/s, os vertedores triangulares e os retangulares oferecem a mesma precisão. Para vazões acima de 300 L/s, os vertedores retangulares são mais indicados por possuírem coeficientes de vazão mais bem definidos.

Os vertedores têm como vantagem o baixo custo e a facilidade de instalação. Além disso, as determinações contínuas de vazão são possíveis quando um registrador é acoplado ao vertedor. No entanto, este tipo de controlador possui algumas restrições: deve-se evitar lâmina líquida aderente ao vertedor e manter carga hidráulica maior que 0,05 m; materiais flutuantes podem afetar o cálculo da vazão; para evitar problemas de erosão e construção, a carga hidráulica máxima aceitável,

tanto para vertedores triangulares como retangulares, deve ser de 0,50 m; nos casos em que há elevado teor de sólidos sedimentáveis, faz-se necessária uma limpeza constante; há a necessidade de acesso para medir a carga hidráulica a montante do vertedor, fora da influência da curvatura da superfície líquida.

O método da calha Parshall consiste na medição de vazão através do volume de líquido que escoar com auxílio da gravidade por um conduto livre. O dispositivo é constituído por uma seção convergente, com fundo em nível, seguido de uma seção estrangulada ou garganta, com fundo em declive e por fim uma seção divergente, com fundo em auge (ABNT, 1995). A Figura 8 mostra o escoamento de fluido através de uma Calha Parshall.

Figura 8 - Escoamento de fluido através de uma Calha Parshall

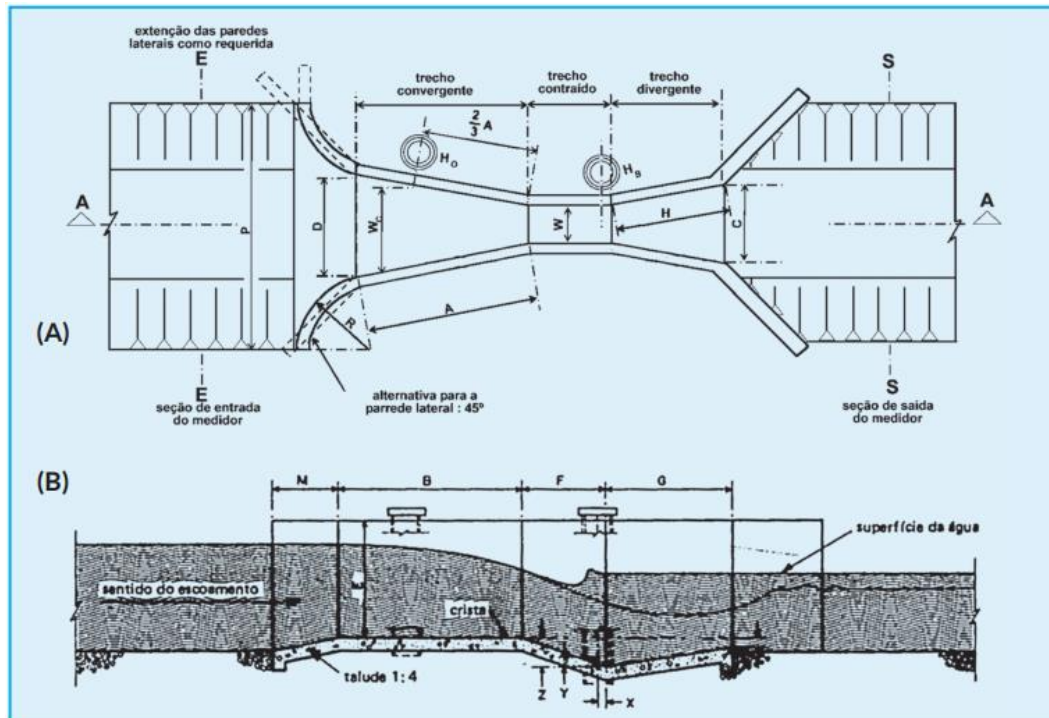


Fonte: Sanecomfibra, 2021.

As calhas Parshall podem ser confeccionadas em madeira, pedra, concreto, concreto armado, chapas metálicas no caso de calhas menores ou outros materiais, contanto que sua estrutura siga todos requisitos especificados na NBRISO9826:2008 (ABNT, 2008).

Na Figura 9, pode-se observar as vistas superior e lateral de uma calha Parshall. A vazão pode ser determinada a partir da leitura da altura do líquido na régua presente na parede da seção convergente.

Figura 9 - Calha Parshall observada em um corte em (A) Vista superior e (B) Vista lateral.



Fonte: Brandão *et al.*, 2011.

A *American Society for Testing and Materials* (ASTM) normalizou o Método de teste padrão ASTM D1941-91 para medição de fluxo de canal aberto com a calha Parshall. Para a norma ASTM D1941-91, a vazão de líquido pode ser calculada segundo a Equação (1). (ASTM, 2013 apud INCONTROL, 2016):

$$Q = KH^n \quad (1)$$

Na qual: H é a altura do nível de líquido (m), K é a constante de descarga da calha e n é o expoente de descarga.

Os valores de K e n são dependentes das dimensões da calha, conforme apresentado na Tabela 2.

A calha Parshall tem como vantagens o fato de não apresentar problemas significativos de assoreamento, as medições contínuas de vazão são possíveis quando um registrador é acoplado à calha Parshall e apresenta menor perda de carga que o método do vertedor. Como restrição, quando a calha for utilizada afogada, de modo que o nível de água a jusante seja alto suficiente para influenciar no

escoamento, a leitura de escala deve ser feita em dois pontos: na seção convergente e no final da seção estrangulada (garganta) (ABNT, 1995).

Tabela 2 - Valores de n e K de acordo com a largura da garganta (W)

Valores de $n - K$ [para vazão em m^3/h]		
W [polegada]	n	K
1"	1,550	217,29
2"	1,550	434,58
3"	1,547	633,60
6"	1,580	1371,60
9"	1,530	1926,00
12"	1,522	2484,00
18"	1,538	3794,40
24"	1,550	5133,60
36"	1,566	7855,20
48"	1,578	10566,00
60"	1,587	13420,80
72"	1,595	16254,00
84"	1,601	19101,60
96"	1,607	21963,60

Fonte: Adaptado de ASTM, 2013 apud Incontrol, 2016.

A Tabela 3 mostra uma comparação entre os métodos citados, indicando quais são os mais indicados para cada intervalo de vazão. Observa-se que a Calha Parshall, diferentemente dos métodos volumétrico e vertedouro, pode ser aplicada de forma eficiente em qualquer intervalo de vazão.

Tabela 3 - Métodos recomendados para escoamento livre em diferentes intervalos de vazão

Vazão (L/s)	Métodos						
	Até 1	1 a 5	5 a 30	30 a 300	300 a 1000	1000 a 5000	Acima de 5000
Volumétrico	x	x					
Vertedor triangular		x	x	x			
Vertedor retangular			x	x	x		
Calha Parshall	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: Adaptado de ABNT, 1995.

3 METODOLOGIA

Visando alcançar os objetivos deste trabalho, primeiramente, foram analisados os resultados de parâmetros físicos e químicos do efluente e do corpo receptor. Na sequência, fez-se uma estimativa da vazão de saída do efluente tratado que, ao final, resultou na proposta de implantação de um sistema para monitoramento deste parâmetro. Os procedimentos referentes a estas etapas são descritos na sequência.

3.1 Análises de parâmetros físicos e químicos do efluente e do corpo receptor

As análises dos parâmetros físicos e químicos do efluente gerado durante o processo de produção de ração animal da Special Dog Company e do corpo hídrico foram realizadas semestralmente, em um laboratório certificado, localizado na cidade de Piracicaba, São Paulo.

Os procedimentos e as metodologias empregadas para análise de cada um dos parâmetros foram realizados conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), *Environmental Protection Agency* (ESTADOS UNIDOS, 1993), *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 1993) e *International Organization for Standardization* (ISO, 2005).

Os resultados das análises foram avaliados e comparados com os limites especificados pelas legislações pertinentes para lançamento de efluentes em corpos hídricos.

3.2 Estimativa da vazão de saída do efluente tratado e proposta de sistema para monitoramento deste parâmetro

Tendo em vista que vazão de lançamento do efluente no corpo receptor não é, até o momento, monitorado pela empresa, a estimativa deste parâmetro foi feita com base na vazão de entrada do efluente na estação de tratamento. A vazão instantânea de entrada é obtida por meio de um medidor ultrassônico, localizado na entrada do tanque de homogeneização, que coleta os dados, transmite ao laboratório em tempo real, armazena as informações e gera um relatório. A partir destes dados e da estimativa realizada, fez-se uma proposta para a medição da vazão de lançamento no corpo receptor.

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados na sequência são referentes à análise dos parâmetros físicos e químicos tanto do efluente gerado na empresa, como do corpo receptor a montante e a jusante do ponto de descarte, bem como, à estimativa da vazão de saída do efluente tratado e à proposta de implantação de um sistema de monitoramento deste parâmetro.

4.1 Análises de parâmetros físicos e químicos do efluente e do corpo receptor

A análise dos parâmetros físicos e químicos dos efluentes bruto e tratado foi realizada com o intuito de verificar se estes atendem aos limites especificados pelas legislações vigentes e, em caso de não atendimento, ponderar a respeito da possibilidade de alguma alteração e/ou implantação de novas etapas de tratamento do efluente.

Os resultados da análise dos efluentes bruto e tratado, feita em janeiro de 2021 em laboratório certificado, assim como seus respectivos parâmetros, de acordo com a Resolução do CONAMA N° 430/11 – Art. 16 (BRASIL, 2011) e com o Decreto Estadual n° 8.468/76 – Art. 18 (SÃO PAULO, 1976), são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados analíticos do efluente bruto e tratado e seus respectivos parâmetros.

Parâmetros	Unidade	Resultados analíticos (bruto)	Resultados analíticos (tratado)	CONAMA 430/11 Art. 16 - VMP*	Decreto 8.468/76 Art. 18 - VMP*
Arsênio Total	mg/L	-	<0,01	0,5	0,2
Bário Total	mg/L	-	<0,01	5,0	5,0
Benzeno	mg/L	-	<0,0005	1,2	---
Boro Total	mg/L	-	0,0300	5,0	5,0
Cádmio Total	mg/L	-	<0,001	0,2	0,2
Chumbo Total	mg/L	-	<0,01	0,5	0,5
Cianeto	mg/L	-	<0,01	1,0	0,2
Cianeto Livre	mg/L	-	<0,01	0,2	---
Clorofórmio	mg/L	-	<0,001	1,0	---
Cobre	mg/L	-	<0,005	---	1,0
Cobre Dissolvido	mg/L	-	<0,005	1,0	---
Cromo	mg/L	-	<0,01	0,5	5,0
Cromo Hexavalente	mg/L	-	<0,01	0,1	0,1
Cromo Trivalente	mg/L	-	<0,01	1,0	---
DBO	mg/L	1593	<3	**	60***
Dicloroeteno Total	mg/L	-	<0,003	1,0	---
DQO	mg/L	2520	30,1	---	---

Tabela 4 – Resultados analíticos do efluente bruto e tratado e seus respectivos parâmetros (continuação)

Estanho Total	mg/L	-	<0,01	4,0	4,0
Estireno	mg/L	-	<0,001	0,07	---
Etilbenzeno	mg/L	-	<0,001	0,84	---
Ferro Dissolvido	mg/L	-	0,0350	15,0	15,0
Fluoreto	mg/L	-	0,92	10,0	10,0
Índice de Fenóis	mg/L	-	<0,02	0,5	0,5
Manganês Dissolvido	mg/L	-	0,0500	1,0	1,0
Materiais Flutuantes	---	-	Ausentes	Ausentes	---
Mercúrio Total	mg/L	-	<0,00008	0,01	0,01
Níquel Total	mg/L	-	<0,01	2,0	2,0
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	46,8	<0,1	20,0	---
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	mg/L	-	<0,5	20	---
Óleos e Graxas Totais	mg/L	140	<0,5	---	100
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	mg/L	-	<0,5	50	---
pH (a 25°C)	pH	4,99	7,91	5 - 9	5,0 – 9,0
Prata Total	mg/L	-	<0,01	0,1	0,02
Selênio Total	mg/L	-	<0,008	0,3	0,02
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	-	<0,3	1	1,0
Sulfeto	mg/L	-	<0,05	1,0	---
Temperatura	°C	30,1	32,2	40	40
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	-	<0,0005	1,0	---
Tolueno	mg/L	-	<0,001	1,2	---
Tricloroeteno	mg/L	-	<0,0005	1,0	---
Xilenos	mg/L	-	<0,003	1,6	---
Zinco Total	mg/L	-	0,0180	5,0	5,0
Fósforo Total	mg/L	58,5	<1	---	---

*VMP = Valores Máximos Permitidos

**A Resolução CONAMA 430/11 Art. 16 exige remoção mínima de 60%.

***No Decreto Estadual 8468/76 Art. 18 Este limite poderá ser ultrapassado nos casos em que a eficiência do processo de tratamento é superior a 80%.

Fonte: Special Dog Company, 2021.

Analisando cada um dos parâmetros apresentados na Tabela 4 e comparando-os com os limites exigidos pelas legislações pertinentes, nota-se que todos os valores estão de acordo com o permitido, sendo que para a DBO em relação ao Art. 16 do

CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011) ainda é preciso fazer o cálculo da eficiência de remoção, por meio da Equação (2).

$$E = \frac{C_I - C_F}{C_I} \cdot 100 \quad (2)$$

Na qual: E é a eficiência de remoção (%), C_I é a concentração do parâmetro no efluente bruto (mg/L) e C_F é a concentração do parâmetro no efluente tratado (mg/L).

Além da DBO, a eficiência de remoção também foi calculada para outros parâmetros dos quais se tem dados do efluente bruto, como a DQO, o Nitrogênio amoniacal, os óleos e graxas totais e o Fósforo total. A análise destes parâmetros é requisitada pela empresa para que se possa manter um rigoroso controle destes valores.

A Tabela 5 mostra os valores calculados da eficiência de remoção dos parâmetros presentes no efluente analisado.

Tabela 5 - Dados de eficiência de remoção

Parâmetros	Eficiência de Remoção (%)
DBO	99,8
DQO	98,8
Nitrogênio Amoniacal	99,7
Óleos e Graxas Totais	99,6
Fósforo Total	98,3

Fonte: Autoria própria, 2021.

Nota-se que todos os parâmetros citados na Tabela 5 obtiveram um índice relativamente alto de eficiência de remoção, inclusive o parâmetro da DBO, que atendeu a redução mínima de 60% exigida pela Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011), indicando que o processo de tratamento empregado na Special Dog Company é eficaz para o tipo de efluente tratado.

Visto isso, todos os valores do efluente tratado estão dentro do permitido pela legislação, não sendo necessário, portanto, a implantação de novas etapas ou a proposta de alteração nos métodos de tratamento empregados pela empresa.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das análises a montante e a jusante do corpo receptor, realizadas com amostras de água coletadas a uma distância de 30 metros do ponto de lançamento, feitas em fevereiro de 2021 no mesmo

laboratório certificado, assim como seus respectivos parâmetros, de acordo com o Decreto Estadual nº 8.468/76 - Art. 11 (SÃO PAULO, 1976).

Tabela 6 - Resultados analíticos da montante e jusante e seus respectivos parâmetros

Parâmetros	Unidade	Resultados analíticos (a montante)	Resultados analíticos (a jusante)	Decreto 8.468/76 Art. 11 - VMP*
Materiais Flutuantes	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Óleos e Graxas Visíveis	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Substâncias que comunicam odor	-	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Arsênio	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,1
Bário	mg/L	0,0496	0,0519	1,0
Cádmio	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,01
Cromo	mg/L	< 0,001	0,0010	0,05
Cianeto	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,2
Cobre	mg/L	< 0,001	< 0,001	1,0
Chumbo	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,1
Estanho	mg/L	< 0,001	< 0,001	2,0
Índice de fenóis	mg/L	0,001	< 0,001	0,001
Fluoreto	mg/L	< 0,05	< 0,05	1,4
Mercúrio	mg/L	< 0,0001	< 0,0001	0,002
Nitrato (como N)	mg/L	0,15	0,16	10,0
Nitrito (como N)	mg/L	< 0,02	< 0,02	1,0
Selênio	mg/L	< 0,001	< 0,001	0,01
Zinco	mg/L	0,0021	0,0315	5,0
Corantes Artificiais	-	Ausentes	Ausentes	-
Coliformes Totais	**NMP/100mL	> 24200	> 24200	5000
DBO	mg/L	< 3	< 3	5
DQO	mg/L	5,2	5,5	-
Oxigênio Dissolvido	mg/L	6,1	5,8	> 5,0
Escherichia coli	**NMP/100mL	3280	2220	1000
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	< 0,1	< 0,1	0,5

*VMP = Valores Máximos Permitidos

**NMP = Número mais provável

Fonte: Special Dog Company, 2021.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6, nota-se que apenas dois parâmetros se encontram acima dos valores máximos permitidos pelo Decreto

Estadual nº 8.468/76 – Art. 11º (SÃO PAULO, 1976), que são os Coliformes Totais e a *Escherichia coli*. Ambos são indicadores microbiológicos utilizados em estudos da qualidade da água. Os coliformes totais são bacilos que fazem parte da microbiota residente do trato gastrointestinal do homem e de alguns animais. Por si só, os coliformes não são patogênicos, porém algumas linhagens ou a proliferação destes microrganismos podem causar diarreias e infecções urinárias (JAWETZ, 2000 e SILVA, 2001 apud CONTE *et al.*, 2004). Em relação à *Escherichia coli*, existem algumas linhagens patogênicas que, quando há contaminação de águas com a mesma, o indivíduo exposto pode sofrer com diarreias moderadas a severas, colite hemorrágica grave e síndrome hemolítica urêmica (SHU), e em casos mais extremo pode vir à óbito (ZIESE *et al.*, 2000 apud ROVERI e MUNIZ, 2016).

No caso do corpo hídrico receptor do efluente da Special Dog Company, verifica-se que estes parâmetros já se encontravam acima do permitido a montante, ou seja, no ponto antes do lançamento do efluente. E no caso da *Escherichia coli* a concentração a jusante apresenta é, inclusive, menor do que a verificada a montante. Sendo assim, pode-se concluir que o fato destes dois parâmetros estarem acima do permitido não é uma consequência do lançamento deste efluente.

4.2 Estimativa da vazão de saída do efluente tratado e proposta de sistema para monitoramento deste parâmetro

Além dos parâmetros físicos e químicos, a vazão do efluente na entrada e na saída da estação de tratamento também precisa ser constantemente monitorada. Como citado ao final do item 2.4, para que a qualidade da água, bem como da vida aquática do corpo receptor não sejam prejudicados, é preciso realizar, também, o controle da vazão de saída do efluente tratado.

A vazão do efluente bruto que chega dos tanques pulmões para tratamento na ETE é de 7,5 m³/h. Este valor é pré-definido de acordo com a capacidade de tratamento da estação em questão.

Pelo fato de o efluente sofrer alterações durante o tratamento, como a adição de agentes coagulantes e polímeros, retirada da torta de lodo do sistema e do lodo ativado em excesso, o volume de saída não é exatamente o mesmo da entrada, no entanto, os dados de entrada fornecem uma estimativa do valor de saída. Sabendo que a estação de tratamento funciona por, aproximadamente, 15 horas por dia, exceto

nos finais de semana e nos feriados, o volume de efluente que entra no sistema de tratamento diariamente é próximo a 110 m³. Posto isto, supõe-se que o volume de efluente tratado lançado no corpo hídrico não ultrapassa o uso diário máximo de 528 m³, com uma vazão máxima de 22 m³/h, atendendo, portanto, ao estabelecido pelo Artigo 1º da Portaria nº 5992 de 23 de outubro de 2020, do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente.

Porém, diante do que já foi exposto em relação à importância do controle da vazão de saída do efluente tratado e sabendo que, até o momento, este monitoramento não é realizado, apresenta-se, na sequência, uma proposta de implantação de um sistema de controle deste parâmetro.

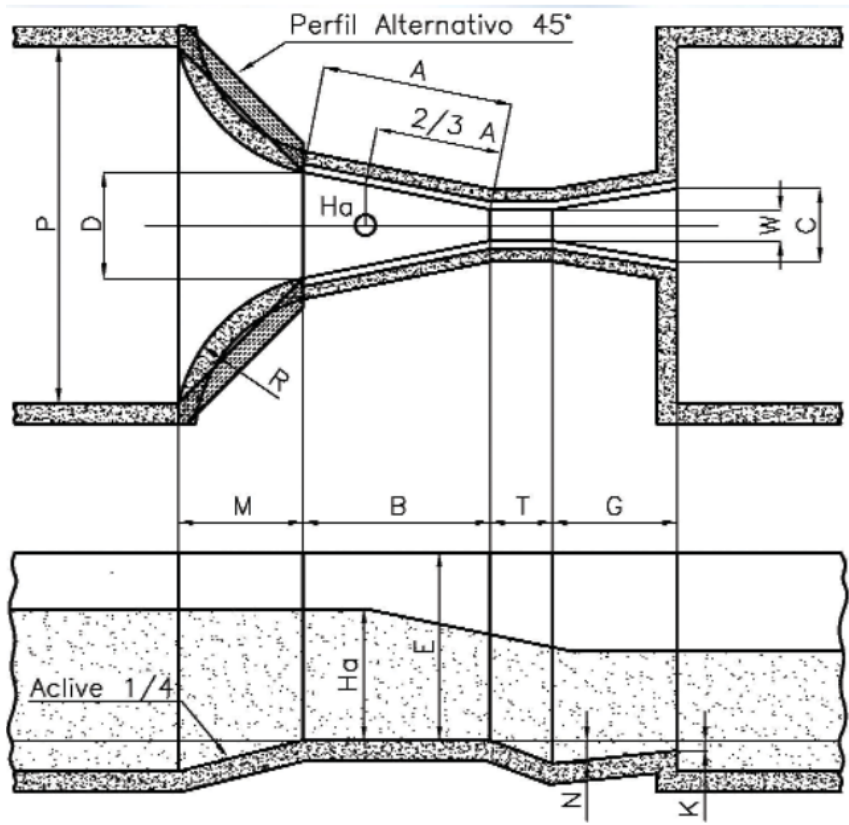
Para isso, visando propor o método de controle de vazão mais adequado, utilizou-se como referência o valor de vazão igual a 7,5 m³/h (ou 2,1 L/s). A partir desta determinação, verificando as restrições de cada método apresentadas no item 2.4 e na Tabela 3, percebe-se que o único que não é adequado para o controle desta vazão de efluente é o vertedouro retangular. Porém, pela impossibilidade de obtenção contínua de dados, fator importante quando se deseja um controle constante da vazão, o método volumétrico também não será considerado como uma opção para a proposta.

Dentre os métodos vertedouro triangular e calha Parshall, optou-se pelo segundo, por ser um método simples e por apresentar menor perda de carga que o vertedouro (ABNT, 1995). Atualmente, os medidores de vazão mais utilizados em estação de tratamento de água e efluentes são os ultrassônicos, com uso de Calha Parshall (MARQUES, 2021). Sendo assim, optou-se pela escolha da calha Parshall dentre os demais métodos citados.

Para que o sistema de monitoramento proposto seja eficiente, faz-se necessário o dimensionamento da calha Parshall a ser utilizada, de acordo com a quantidade de efluente a ser monitorada.

A Figura 10 mostra a vista superior e um corte lateral da calha Parshall, assim como as denominações das suas dimensões.

Figura 10 - Vista superior (acima) e corte lateral (abaixo) da Calha Parshall



Fonte: ASTM, 1975 apud Incontrol, 2021.

A Tabela mostrada na Figura 11, indica as dimensões adequadas em função da largura da garganta (W).

Figura 11 - Tabela de dimensionais e faixas de vazão da Calha Parshall

Norma ASTM 1941:1975															
W	Vazão (m ³ /h)		A	2/3A	B	C	D	E	T	G	K	M	N	P	R
[pol]	Min	Máx	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1"	1,02	19,4	363	242	356	93	168	250	76.2	203	19.0	305	28.6	495.0	201.0
2"	2,04	47,9	414	276	406	135	214	305	114	254	22.2	305	42.9	630.0	201.0
3"	3,06	193	467	311	457	178	259	610	152	305	25.4	305	57.2	760.0	406.0
6"	5,1	398	621	414	610	394	397	610	305	610	76.2	305	114.3	902.0	406.0
9"	9,17	907	880	587	864	381	575	762	305	457	76.2	305	114.3	1080	406.0
12"	11,2	1641	1372	914	1343	610	845	914	610	914	76.2	381	228.6	1492	508.0
18"	15,3	2508	1448	965	1419	762	1026	914	610	914	76.2	381	228.6	1676	508.0
24"	42,8	3374	1524	1016	1495	914	1207	914	610	914	76.2	381	228.6	1854	508.0
36"	62,2	5138	1677	1118	1645	1219	1572	914	610	914	76.2	381	228.6	2223	508.0
48"	132	6922	1829	1219	1794	1524	1937	914	610	914	76.2	457	228.6	2711	610.0
60"	163	8726	1981	1321	1943	1829	2302	914	610	914	76.2	457	228.6	3080	610.0
72"	265	10551	2134	1423	2092	2134	2667	914	610	914	76.2	457	228.6	3442	610.0
84"	306	12376	2286	1524	2242	2438	3032	914	610	914	76.2	457	228.6	3810	610.0
96"	357	14221	2438	1625	2391	2743	3397	914	610	914	76.2	457	228.6	4172	610.0

Fonte: ASTM, 1975 apud Incontrol, 2021.

Observando os limites mínimos e máximos de vazão indicados para cada tamanho de calha, nota-se que as calhas com largura de garganta igual a 1", 2", 3" e 6", atendem a capacidade de vazão de 7,5 m³/h e poderiam ser utilizadas para a medição do caso estudado. Para realizar a escolha dentre as 4 opções, pode-se elencar alguns fatores, apresentados na sequência.

Pela Figura 11, nota-se que a vazão mínima da calha de 6" é 5,1 m³/h e a máxima é de 398 m³/h. Este segundo valor apresenta-se 53 vezes maior do que a vazão estimada neste trabalho. Consequentemente, para atender essa vazão, suas dimensões são significativamente maiores do que as necessárias para atender a vazão de referência. Diante disso, pelas grandes dimensões, entende-se que a leitura da altura pode ser comprometida, uma vez que, de acordo com a ABNT (2008), a altura mínima de lâmina de água recomendada para que se tenha uma leitura confiável é de 0,03 m, sendo, portanto, mais adequado que seja proposta uma calha de dimensões menores.

Além disso, como citado no início deste item, o valor de 7,5 m³/h é uma estimativa da vazão de saída do efluente, no entanto, sabendo que, a partir do momento em que entra na estação de tratamento, o volume de lodo retirado do efluente bruto é maior do que o volume de produtos adicionados, acredita-se que a vazão real de saída seja ainda menor.

Diante do exposto, foi descartada a opção da calha de 6", restando apenas as 3 opções com dimensões menores: 1", 2" e 3".

Outro fator relevante na escolha da calha Parshall é o preço. Pesquisou-se os valores comerciais das calhas de 1", 2" e 3" e verificou-se que os preços são crescentes de acordo com o aumento da dimensão, havendo, portanto, uma relação diretamente proporcional entre estes fatores.

Como um comparativo entre os valores comerciais das calhas, constatou-se que a calha de 1" custa em torno de 22% a menos do que a de 2". Quando comparado ao valor da calha de 6", a diferença é ainda maior, em torno de 63% (Águas Claras Engenharia, 2021).

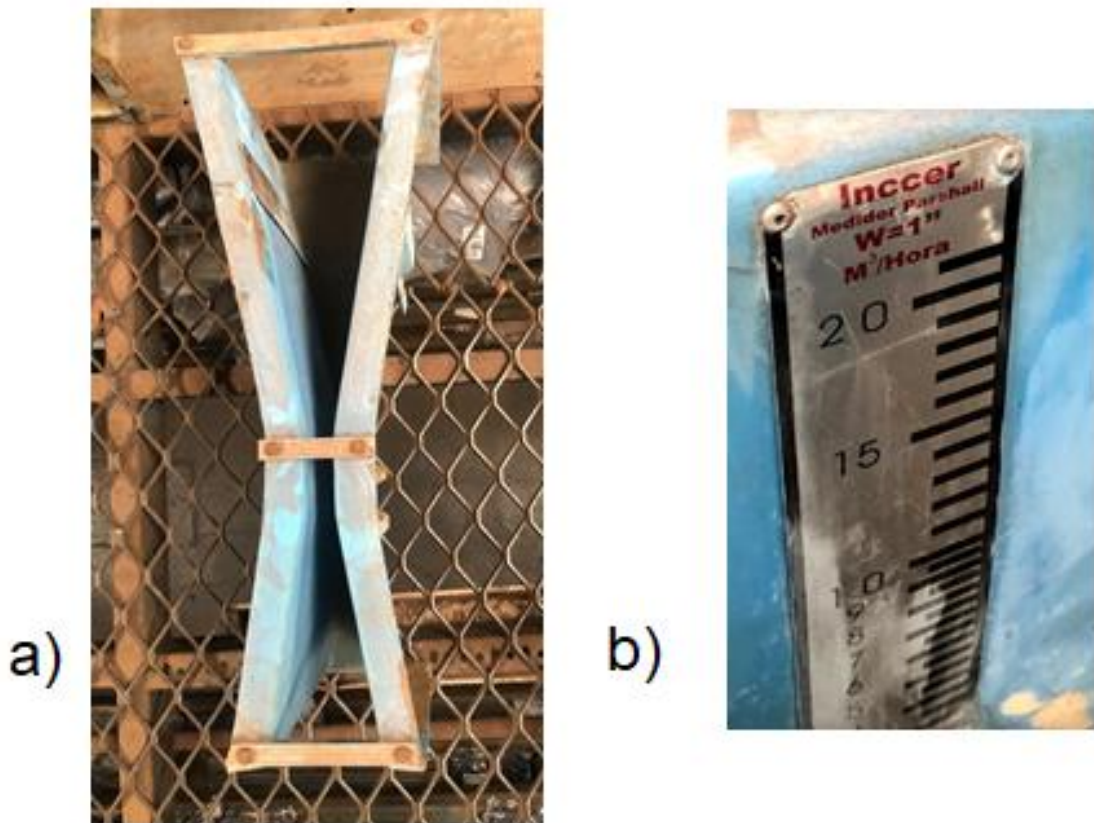
Outro fator que também deve ser considerado é a recomendação de um outro fabricante que indica, em seu manual, que a calha escolhida para determinada

aplicação deve ser a que possui a menor largura de garganta que seja capaz de atender às necessidades de projeto (INCONTROL, 2016).

Sendo assim, levando em consideração todos os fatores citados anteriormente, neste trabalho, optou-se pela calha Parshall com $W = 1''$.

A calha Parshall proposta, mostrada na Figura 12, é da marca Inccer, confeccionada em poliéster e reforçada com fibra de vidro. Na parte superior tem-se tirantes, que impedem o fechamento das laterais no momento da concretagem, e na parte interior tem-se escala interna graduada em m^3/h .

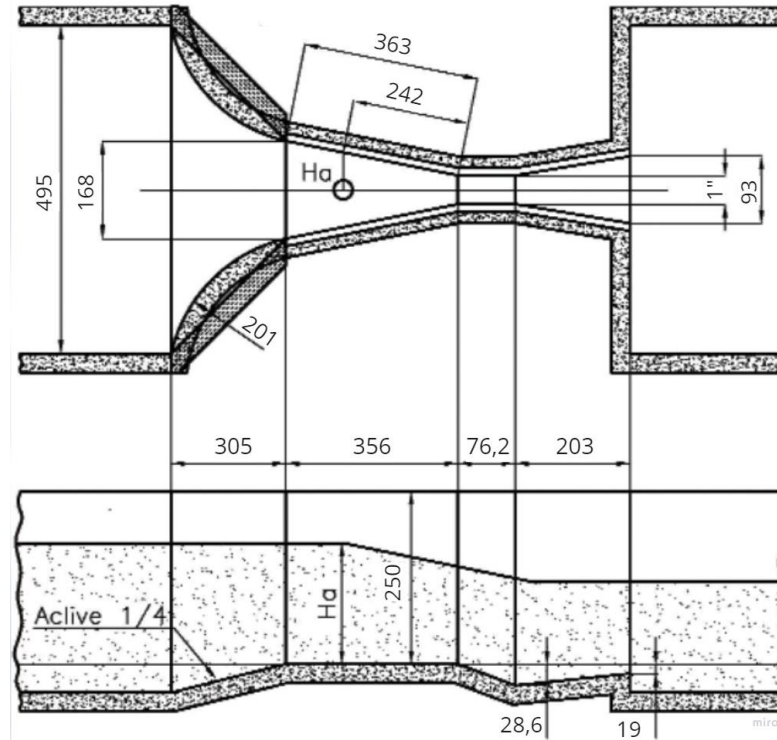
Figura 12 - a) Calha Parshall com $W=1''$, marca Inccer e b) escala graduada



Fonte: Autoria Própria, 2020.

A Figura 13 mostra um desenho onde todas as dimensões da calha Parshall proposta são descritas. Os valores estão em milímetros, exceto a largura da garganta, que está indicada em polegadas (1").

Figura 13 - Dimensões da Calha Parshall proposta (Medidas em mm, exceto o valor da largura da garganta, que está em polegada: 1")



Fonte: adaptado de ASTM, 1975 apud Incontrol, 2021.

Para que a medida seja contínua, tenha maior precisão e possa ser registrada automaticamente em um sistema, propõe-se, também, o acoplamento de um registrador à calha, como um medidor ultrassônico. A escolha deste tipo de medidor justifica-se por ser um sistema amplamente utilizado, pela sua praticidade e também pela boa precisão ($\pm 0,25\%$ do fundo de escala de 1 mm). A Figura 14 mostra o medidor ultrassônico da marca Hidrometer, assim como seu módulo controlador.

Figura 14 - Medidor Ultrassônico (esquerda) e Módulo Controlador (direita)

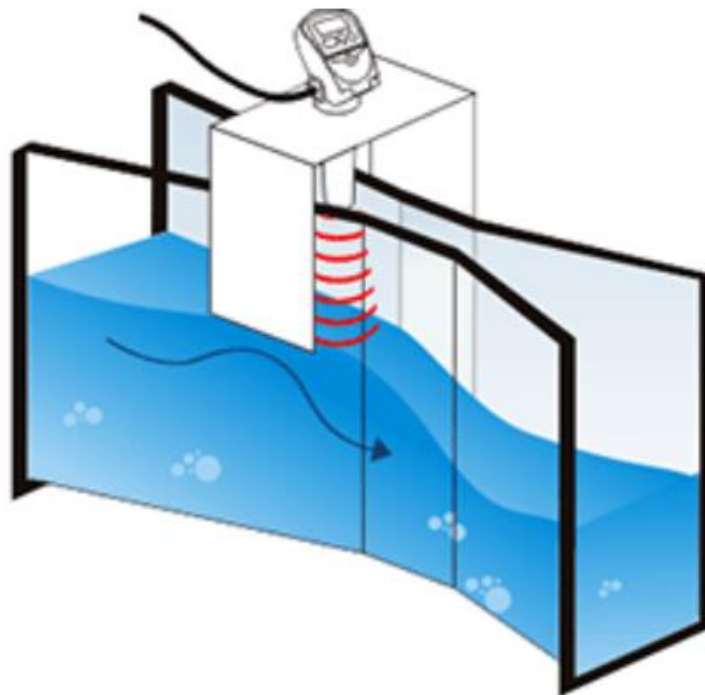


Fonte: Hidrometer, 2021.

O medidor ultrassônico opera através da emissão de sinal sonoro que adentra a lâmina de fluido e volta ao sensor. A medição do nível é determinada pelo tempo de emissão e recebimento deste sinal. Os dados são, então, coletados pelo módulo eletrônico, que opera como transmissor e computador de vazão. Os valores da vazão são registrados em um sistema, onde é possível obter dados instantâneos, assim como um histórico de certo período (INCONTROL, 2008). O equipamento pode ser operado em uma faixa de temperatura de -30°C à $+50^{\circ}\text{C}$ e conta com um sensor que compensa possíveis alterações significativas deste parâmetro (HIDROMETER, 2021).

A Figura 15 mostra uma representação do sistema proposto: Calha Parshall com Medidor de vazão ultrassônico acoplado.

Figura 15 - Representação do método de medição proposto, utilizando Calha Parshall e medidor ultrassônico



Fonte: Vika Controls, 2021.

Na instalação, algumas condições devem ser obedecidas para que se tenha um funcionamento correto. O medidor deve ser instalado na seção convergente, a uma distância de $2/3$ do comprimento da parede convergente em relação à garganta. Também é necessário que o sensor seja posicionado a uma altura superior a 300 mm do nível máximo da calha, de modo a garantir a medição sem contato com o líquido, mesmo em caso de transbordo, evitando problemas de incrustações no medidor

(INCONTROL, 2008). É importante ressaltar que o projeto de instalação deve contar com uma proteção contra a chuva, para que a água pluvial não interfira nos resultados obtidos.

Definido o sistema de medição, foram verificados os requisitos para o processo de instalação. De acordo com o manual da Incontrol (2016), que foi elaborado baseando-se nas normas ASTM D1941-91 e NBR/ISO 9826, para que o sistema seja empregado com sucesso em estações de tratamento de efluentes, são importantes algumas observações:

- a. A instalação da Calha Parshall deve ser feita em um ponto onde a velocidade do efluente no canal (ou reservatório) que precede a Calha seja sensivelmente nula, ou em um trecho de canal longo, no qual a seção de escoamento, a declividade de fundo e rugosidade das paredes sejam constantes, de modo que o escoamento seja uniforme e completamente livre de turbulências, ondas ou vórtices;
- b. A calha deve estar instalada no interior do canal, de modo que se tenha escoamento do efluente a montante e a jusante;
- c. O comprimento do canal de entrada deve ser de 10 a 20 vezes maior que a largura da garganta da calha (ASTM D1941-91) ou de 5 a 10 vezes maior que a largura do canal de entrada (Norma NBR/ISO 9826);
- d. O trecho convergente, também chamado de crista, deve estar rigorosamente nivelado, a fim de assegurar a mesma vazão para o mesmo nível ao longo da largura do medidor;
- e. As paredes laterais do trecho contraído devem ser paralelas e verticais;
- f. Pode-se construir uma rampa no início da seção convergente, com aclive de 1/4 em relação à seção de entrada da calha;
- g. Pode-se construir um degrau na saída, ao fim da seção divergente;
- h. O medidor de nível acoplado à calha deve estar instalado de forma a medir a altura da lâmina de efluente a montante;
- i. As paredes em contato com o fluido devem ser as mais lisas possíveis;
- j. A calha deve ser instalada em área de escoamento livre, não afogada, pois, assim, utiliza-se apenas um medidor de nível no trecho convergente.

Visando atender as recomendações de instalação, avaliou-se, dentro da Special Dog Company, qual seria o local ideal para a implantação do sistema proposto. O local sugerido pode ser observado na Figura 16, com destaque em vermelho, e situa-se a cerca de 7 metros do decantador (mostrado à direita).

Figura 16 - Local de instalação proposto (circulado em vermelho)



Fonte: Autoria própria, 2020.

No sistema apresentado na Figura 16, o efluente tratado sai do decantador por uma tubulação subterrânea e segue até um corredor ligado ao Ribeirão Mandaçaia. A proposta de instalação do sistema de calha Parshall com medidor ultrassônico no local circulado se deve ao fato de que, neste ponto, é possível realizar o controle da vazão de saída do efluente tratado anteriormente ao despejo no corpo receptor, sem a necessidade de grandes alterações físicas na planta industrial. Além disso, é um local onde verifica-se a possibilidade de atendimento às recomendações listadas anteriormente por Incontrol (2016), pois, neste trecho, há espaço suficiente para que comprimento do canal de entrada seja de 10 a 20 vezes maior que a largura da garganta da calha e também para que haja um escoamento uniforme e completamente livre de turbulências, tendo em vista a região de canal disponível a montante e a jusante.

Em relação à manutenção do sistema, Incontrol (2016) cita que a mesma é simples, pois, devido à forma construtiva da calha, o acúmulo de sedimentos é

dificultado. De forma semelhante, o fato de a medição ultrassônica ser realizada sem contato com o líquido, diminui consideravelmente os problemas de incrustações do medidor. Porém, de acordo com a necessidade, periodicamente, deve-se realizar a limpeza da calha e também observar as condições da mesma, pois seu tempo de vida varia dependendo do material de construção (concreto, alvenaria, madeira, metal ou fibra de vidro).

Diante do exposto, tendo sido constatada a viabilidade da implantação do sistema proposto, acredita-se que a instalação da Calha Parshall com o acoplamento de um medidor ultrassônico seja uma alternativa interessante para o constante monitoramento da vazão de saída do efluente tratado. Acredita-se que, após a implantação do sistema, será possível confirmar o atendimento à outorga apresentada na Tabela 1, assegurando, portanto, que o lançamento do efluente não causará impactos na capacidade do manancial Mandaçaia.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, pode-se afirmar que os objetivos deste trabalho foram alcançados, uma vez que, após analisados todos os parâmetros de lançamento de efluentes em corpos hídricos, identificou-se a possibilidade de implantação de um sistema de controle da vazão de saída do efluente, único parâmetro que ainda não era monitorado pela empresa.

Por meio das análises dos parâmetros físicos e químicos de lançamento de efluentes em corpos hídricos, estabelecidos pelo Artigo 16 da Resolução do CONAMA nº 430/11 (BRASIL, 2011) e pelo Artigo 18 do Decreto Estadual nº 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976), constatou-se que a estação de tratamento de efluentes da Special Dog Company não necessita de novos processos ou de alteração dos já existentes, uma vez que, é capaz de tratar o efluente bruto e garantir o cumprimento de todos os parâmetros físicos e químicos especificados pela legislação.

Ao avaliar a água do corpo receptor a montante e a jusante do ponto de descarte do efluente, verificou-se que os parâmetros Coliformes Totais e *Escherichia coli* estavam acima do permitido pelo Decreto Estadual nº 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976), que declara que nas águas de Classe 2 – classe na qual se encaixa o Ribeirão Mandaçaia – não podem ser lançados efluentes, mesmo tratados, que prejudiquem sua qualidade pela alteração dos parâmetros ou valores presentes no Artigo 11. No entanto, verificou-se que o efluente despejado não foi responsável por alterar a qualidade do corpo receptor, uma vez que, estes parâmetros já se encontravam em concentrações maiores do que as permitidas antes mesmo do ponto de descarte.

Embora a Special Dog Company possua a outorga de uso, para fins industriais, dos recursos hídricos superficiais do município de Santa Cruz do Rio Pardo, a vazão de lançamento no corpo receptor é apenas estimada com base nos dados de entrada do efluente na estação de tratamento. A partir destes dados, estima-se que a vazão aproximada do efluente de saída é de 7,5 m³/h e, sabendo que a estação de tratamento funciona por cerca de 15 horas diárias, tem-se um volume diário descartado próximo a 110 m³. A partir desta estimativa, acredita-se que o lançamento do efluente em questão não altera a qualidade e nem provoca impacto significativo sobre o Ribeirão Mandaçaia, uma vez que, ambos os parâmetros estimados não ultrapassam os respectivos limites diários exigidos pelo documento de outorga,

estabelecidos como: vazão máxima de 22 m³/h e volume máximo descartado igual a 528 m³. Porém, para que haja um controle mais eficiente deste parâmetro, foi proposto um sistema automático de monitoramento da vazão de saída do efluente industrial. O sistema proposto baseia-se na instalação de uma Calha Parshall, com largura de garganta de 1", que é capaz de suprir a capacidade estimada de 7,5 m³/h. À calha, propõe-se que seja acoplado um medidor ultrassônico, capaz de registrar a vazão continuamente e com maior precisão. Foi proposto, ainda, que o sistema de monitoramento seja implantado em um ponto onde é possível atender aos requisitos exigidos para instalação e que não necessite de grandes alterações na planta industrial.

Com a implantação do sistema proposto, será possível acompanhar tanto a vazão de saída do efluente como o volume diário descartado no Ribeirão Mandassaia. Acredita-se que, assim, estará assegurado o cumprimento à outorga e pode-se garantir que o lançamento não afetará a qualidade da água e nem causará impactos na capacidade do manancial. A implementação também reforça o comprometimento da Special Dog Company com o meio ambiente, pois esta medida garante que o lançamento de efluentes no Ribeirão Mandassaia não está causando um passivo ambiental, enriquecendo ainda mais sua certificação ISO 14001, que se refere aos aspectos ambientais influenciados pela organização e outros passíveis de serem controlados por ela, demonstrando estar de acordo com práticas sustentáveis a clientes e a organizações externas.

REFERÊNCIAS

ACQUA EXPERT. **Você sabe para que serve o monitoramento do pH na sua ETE?**. 23 de julho de 2018. Disponível em: <https://acquaexpert.com.br/voce-sabe-para-que-serve-o-monitoramento-do-ph-na-sua-ete/>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

ÁGUAS CLARAS ENGENHARIA. **Catálogo Calha Parshall**. Disponível em: <https://loja.aguasclarasengenharia.com.br/calhas-parshall/>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

AMENDOLA, E. **Vertedor triangular para aferir vazão**. Blog Área De Hidráulica Irrigação. Unesp Ilha Solteira. 2014. Disponível em: <https://irrigacao.blogspot.com/2014/07/vertedor-triangular-para-aferir-vazao.html>. Acesso em 30 de agosto de 2021.

APHA. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**. 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2012. Washington, DC.

ARAUJO, K. S. *et al.* **Processos oxidativos avançados**. Rev. Ambient. Água, Taubaté, v.11, n. 2, p. 387-401, jun. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000200387&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 07 de outubro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13.403**: Medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores – escoamento livre. Rio de Janeiro. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9826:2008**. Medição de vazão de líquido em canais abertos - Calhas Parshall e SANIIRI. 2008.

ASTM. **American Society for Testing and Materials**. Annual Book of Standards, Vol 11.01. 1993.

BRANDÃO, C. *et al.* **Guia nacional de coleta e preservação de amostras água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. CETESB. 2011.

Disponível em:

<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em 25 de agosto de 2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. DOU, Brasília 2011.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.605**, de 12 de fevereiro de 1998. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em 27 de abril de 2021.

BRASIL. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Portaria nº 5992**, de 23 de outubro de 2020. São Paulo, 2020.

CAMARGO, D. P. **Boas práticas de fabricação: recebimento e armazenamento de matéria-prima e produto final**. Trabalho de Conclusão de Curso – Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. Cuiabá, 2018. Disponível em: https://bdm.ufmt.br/bitstream/1/125/1/TCC_2018_Danielle%20Pereira%20Camargo.pdf. Acesso em 27 de setembro de 2021.

CECCHET, J. *et al.* **Tratamento de efluente de refinaria de óleo de soja por sistema de flotação por ar dissolvido**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 14, nº 1, janeiro de 2010, p. 81–86. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100011>. Acesso em 17 de agosto de 2021.

CONTE, V. D. *et al.* **Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do rio grande do sul**. Infarma, Caxias do Sul, v.16, nº 11-12, 2004. Disponível em: <https://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i02-qualidademicro.pdf>. Acesso em 29 de setembro de 2021.

CORDEIRO, G. G. *et al.* **Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 11, p. 702–710, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1857>. Acesso em 22 de outubro de 2021.

ESTADOS UNIDOS. **Environmental monitoring systems laboratory office of research and development**. Environmental Protection Agency. 1993. Cincinnati, Ohio.

FANGMEIER M., GENNARI A., REISDÖRFER G. **Tratamento de fósforo em efluente final com uso de filtro de carvão ativado, areia e brita**. Revista destaques acadêmicos, vol. 7, n. 4, 2015 - CETEC/UNIVATES. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/502/494>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

FERREIRA, A. L. T. S. **Remoção biológica simultânea de fósforo e nitrogênio de esgoto sanitário em reatores sequenciais em batelada**. Tese (Doutorado) – Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17544>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

FERREIRA, A. M. **Capacidade de autodepuração nos cursos médio e baixo do Rio Uberaba, UPGRH-GD8**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14202/1/CapacidadeAutodepuracaoMedio.pdf>. Acesso em 22 de outubro de 2021.

FERRO, L. M. **Reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo aplicado ao tratamento de esgoto doméstico utilizando conchas de sururu como material suporte principal**. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal de Alagoas. Maceió. 2018.

FLORENCIO, T. M.; MALPASS, G. R. P. **A brief explanation about environmental licenses in Brazil**. The Nexus - American Chemical Society, 2014. Disponível em: <https://www.acs.org/content/dam/acsorg/greenchemistry/news/environmental-licenses-in-brazil.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2020.

FOGAÇA, J. R. V. **Tipos de tratamento de efluentes**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tratamentos-terciarios-efluentes.htm>. Acesso em 02 de janeiro de 2021.

FOX WATER. **Nitrogênio amoniacal (N-NH₃)**. 02 de agosto de 2018. Disponível em: <https://www.foxwater.com.br/blog/3/nitrogenio-amoniacaal-n-nh3>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

FREITAS, B. O. *et al.* **Sistema combinado de flotação por ar dissolvido e filtração adsortiva em zeólita para tratamento de efluente de reator UASB**. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, vol. 12, no 1, junho de 2016. DOI.org (Crossref), doi:10.5216/reec.v12i1.37116.

FREITAS, R. P. M.; HORA, M. A. G. M. **Lançamento de efluentes em corpos hídricos**. Revista Hydro novembro 2016 Ano XI Nº 121. Disponível em: https://www.arandanet.com.br/revista/hydro/materia/2016/11/26/lançamento_de_fluentes.html. Acesso em: 18 de maio de 2021.

GHIRALDI, V. **Fome animal por lucro**. ISTOÉ, 26 de fevereiro de 2021. Disponível em: <https://www.istoedinheiro.com.br/fome-animal-por-lucro/>. Acesso em: 17 de maio de 2021.

HENRIQUE, I. N. *et al.* **Remoção biológica de fósforo em reatores em bateladas sequenciais com diferentes tempos de retenção de sólidos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 15, no 2, junho de 2010, p. 197–204. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000200012>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

HIDROMETER. **Medidor de vazão calha Parshall**. Disponível em: <https://www.hidrometer.com.br/medidor-de-vazao-calha-parshall>. Acesso em 01 de outubro de 2021.

IERVOLINO, L. F. **Sistema de lodos ativados**. Portal Tratamento de Água. 2019. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

INCONTROL. **Catálogo medidor ultra-sônico para nível e vazão**. 2008. Disponível em: [http://sabesp-info18.sabesp.com.br/Licita%5CDV_Int.nsf/4.2.V/3C1CA0FFB3D1D623832580140047509A/\\$File/Cat%C3%A1logo%20Ultrassom.pdf](http://sabesp-info18.sabesp.com.br/Licita%5CDV_Int.nsf/4.2.V/3C1CA0FFB3D1D623832580140047509A/$File/Cat%C3%A1logo%20Ultrassom.pdf). Acesso em 26 de agosto de 2021.

INCONTROL. **Manual de operação e instalação - calha Parshall - medidor de vazão em canais abertos**. N. Cód: 073AA-025-122M, 2016.

INCONTROL. **Medidor Parshall Incontrol**. 2021. São Paulo.

ISO. **International ISO Standard**. Water quality. 2005.

KAORU, T. **Cozida a vapor e com carne moída: veja como se faz comida de gato em sachê.** Economia UOL, São Paulo, 2 de setembro de 2018. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2018/09/02/gatos-saches-alimento-umido-como-e-feito.htm>. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

LIMA, R. M. G. *et al.* **Remoção de íon amônio de águas produzidas na exploração de petróleo em áreas de offshore por adsorção em clinoptilolita.** Química nova, v. 31, nº 5, p. 1237-1242, 2008

LIU, A. S. *et al.* **Avaliação do desempenho de resíduo de aluminato de sódio como coagulante.** Revista Univap, vol. 23, no 42, julho de 2017, p. 5–17. revista.univap.br, doi:10.18066/revistaunivap.v23i42.373.

MANAGO, B. *et al.* **Tratamento de efluente de fábrica de ração animal por flotação por ar dissolvido.** Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. 2017. Vol 10. No. 2, 189-200.

MORAIS, J.C. **Remoção de matéria orgânica e nitrogênio em reatores compartimentados anaeróbio/anóxico e aeróbio tratando esgoto doméstico.** 2015. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco.

MORUZZI, R. B., REALI, M. A. P. **Estudo hidrodinâmico quali-quantitativo de uma unidade de flotação por ar dissolvido (FAD).** Revista DAE, vol. 62, no 194, 2014, p. 52–69. DOI.org (Crossref), doi:10.4322/dae.2014.004.

MOURE, R. **Efluentes Industriais e domésticos e seus efeitos ao meio ambiente e à saúde da população.** CREA-SC, 2019. Disponível em: <<https://portal.crea-sc.org.br/artigo-efluentes-industriais-e-domesticos-e-seus-efeitos-ao-meio-ambiente-e-na-saude-da-populacao/>>. Acesso em: 06 out. 2020.

NAIME, R.; NASCIMENTO, C. A. **Monitoramento de pH, temperatura, OD, DBO e condições microbiológicas das águas do arroio pampa em Novo Hamburgo-RS.** UNICiências, v.13, 2009.

NICHOLAS, N. **Oily water treatment.** Water Online. 2020. Disponível em: <https://www.wateronline.com/doc/oily-water-treatment-how-to-treat-using-advanced-electrocoagulation-0001>. Acesso em 17 de agosto de 2021.

OPERSAN. **A importância da escolha certa do tipo de tratamento de efluentes.** 2015. Disponível em: <http://info.opersan.com.br/a-import%C3%A2ncia-da-escolha-certa-do-tipo-de-tratamento-de-efluentes>. Acesso em 18 de agosto de 2021.

PIVELI, R. P. **Problemas especiais de qualidade das águas.** Roteiro de aula da disciplina Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=721. Acesso em 13 de agosto de 2021.

ROVERI, V. e MUNIZ, C. C. **Contaminação microbiológica por escherichia coli.** Revista Eletrônica de Divulgação Científica da Faculdade Don Domênico, Guarujá, 8ª Edição, Junho de 2016. Disponível em:

http://faculadadedondomenico.edu.br/revista_don/artigos8educacao/12ed8.pdf. Acesso em 29 de setembro de 2021.

SANECOMFIBRA. **Calha Parshall – Padrão**. Disponível em: <https://www.sanecomfibra.com.br/calha-parshall-padrao>. Acesso em 30 de agosto de 2021.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 8.468**, de 08 de setembro de 1976. Regulamento que disciplina a execução da Lei n. 997, de 31/05/1976, que dispõe sobre controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial - Executivo, 09/09/1976, p.4. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em 13 de agosto de 2021.

SILVA, D. O.; CARVALHO, A. R. P. **Tratamento de efluentes**. KURITA. Disponível em: <http://kurita.com.br/index.php/artigos-tecnicos/tratamento-de-efluentes/>. Acesso em 02 de janeiro de 2021.

SOTO, T. B.; ORRICO V. R. **Análise térmica de um secador de lodos**. Projeto de graduação (engenharia mecânica) - centro tecnológico da universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2009.

SPECIAL DOG COMPANY. **Processo de produção special dog**. Youtube, 12 de junho de 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=v9RibyPZjU4>. Acesso em 17 de maio de 2021.

SPECIAL DOG COMPANY. **Special Dog Company firma parceria exclusiva com veterinário renomado e avança em pesquisas e inovação na área de nutrição pet**. Globo. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/especial-publicitario/special-dog-company/noticia/2020/12/03/special-dog-company-firma-parceria-exclusiva-com-veterinario-renomado-e-avanca-em-pesquisas-e-inovacao-na-area-de-nutricao-pet.ghtml>. Acesso em 09 de novembro de 2021.

TERA AMBIENTAL. **Os desafios em manter uma estação de tratamento de efluentes Onsite**. Blog da Tera Ambiental. 05 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/os-desafios-em-manter-uma-estacao-de-tratamento-de-efluentes-onsite>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

TERA AMBIENTAL. **Quais são as análises necessárias para avaliação de efluentes?** Blog da Tera Ambiental. 01 de setembro de 2016. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/quais-sao-as-analises-necessarias-para-avaliacao-dos-efluentes>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

VIKA CONTROLS. **Medidor de Vazão para Canais Abertos USonic**. Disponível em: <https://vikacontrols.com.br/produto/medidor-de-vazao-para-canais-abertos-echopod-sonic/>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

WAGNER, A.O.; MALIN, C.; GSTRANTHALER, G.; ILLMER, P. **Survival of selected pathogens in diluted sludge of a thermophilic waste treatment plant and in NaCl-solution under aerobic and anaerobic conditions**. Waste Management, v. 29, n. 1, p. 425-429. 2009

WASEM, A. *et al.* **Adsorção de nitrogênio amoniacal de efluentes industriais pela zeólita Na-P1 sintetizada a partir da cinza pesada de carvão mineral.** *Matéria* (Rio de Janeiro), vol. 20, nº 1, março de 2015, p. 193–202. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620150001.0020>. Acesso em 17 de agosto de 2021.

ZOPPAS, F. M. *et al.* **Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 21, no 1, março de 2016, p. 29–42. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100134682>. Acesso em 17 de agosto de 2021.