

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

EDUARDO ALBANI DALA COSTA
LUCAS GUSTAVO GROSSO

**TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DA
BOVINOCULTURA LEITEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO

2015

EDUARDO ALBANI DALA COSTA

LUCAS GUSTAVO GROSSO

**TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DA
BOVINOCULTURA LEITEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial para conclusão do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, câmpus Francisco Beltrão.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Bortoli

FRANCISCO BELTRÃO

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Francisco Beltrão



Curso de Engenharia Ambiental

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVENIENTE DA BOVINOCULTURA LEITEIRA

por

EDUARDO ALBANI DALA COSTA E LUCAS GUSTAVO GROSSO

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 13 horas e 30 min, do dia 27 de novembro de 2015, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. Aos candidatos foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Bortoli
Coordenador do Curso de
Engenharia Ambiental

Prof. Dr. Marcelo Bortoli
Professor Orientador

**Prof. Dr. Claudia Eugênia Castro
Bravo**

Membro da Banca

Prof^a; Ms. Daniele Reineri
Membro da Banca

Prof.^a Ms. Denise Andréia Szymczak

Professor do TCC2

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

RESUMO

DALA COSTA, Eduardo, A; GROSSO, Lucas, G. Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura leiteira. 2015. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

A bovinocultura leiteira é um setor muito importante do agronegócio brasileiro e mundial, responsável pela alimentação e geração de renda de grande parte da população, porém é uma atividade que pode deteriorar muito a qualidade ambiental, sendo uma fonte de poluição direta ou difusa no meio rural se não gerida adequadamente. Diante disso, o presente trabalho teve o objetivo de implementar um sistema de tratamento de efluentes, constituído de uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa em uma propriedade localizada no interior do município de Pato Branco – PR, onde desenvolve a atividade de bovinocultura e não contava com nenhum sistema para o controle de efluentes. Além da implementação, o sistema foi controlado e monitorado, sendo realizadas 3 (três) análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), com frequência mensal, a fim de determinar a eficiência na remoção de DBO do sistema. Ao fim do trabalho foi possível observar uma diminuição significativa no potencial poluidor do efluente, alcançando uma eficiência de 85% na remoção de DBO, atingindo os requisitos preconizados na Resolução CONAMA 430 de 2011 e também demonstrando que o tratamento proposto é viável técnica e economicamente em propriedades que desenvolvem a atividade da bovinocultura leiteira.

Palavras-chave: Poluição difusa rural. Controle de efluentes. Legislação ambiental.

ABSTRACT

DALA COSTA, Eduardo, A; GROSSO, Lucas, G. Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura leiteira. 2015. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2015.

The milk-cattle culture it's a very important department of Brazilian and world agribusiness, responsible for feed and income generation for big part of population, but it's an activity that can deteriorate a lot the environmental quality, being an straight pollution source or diffuse in the rural environmental if not properly managed. Thus, this present work's objective was implement an effluent treatment system, consisting of an anaerobic lagoon followed by a facultative pond on a property located in a rural area within the city of Pato Branco – PR, which develops cattle culture and didn't count with any effluents treatment system. In addition to the implementation, the system was controlled and monitored, being realized 3 (three) Biochemical oxygen demand analysis (BOD), monthly, In order to determine the removal efficiency of BOD in the system. At the end of this work was possible observe an significant reduction in the polluting potential of the effluent, achieve 85% of efficiency in the removal of BOD, reaching the requirements recommended in Resolution CONAMA 430 of 2011 also demonstrating that the proposed treatment is technically and economically practicable in properties which develops the milk-cattle culture.

keywords: Rural diffuse pollution. Effluent control. Environmental legislation.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por guiar nossos caminhos, sem ele jamais conseguiríamos chegar onde estamos.

Em segundo lugar aos nossos pais Bernardete Aparecida de Souza, Maristela Albani Dala Costa, Pedro Grosso e Vilson Dala Costa, por nos apoiar desde o início de nossas vidas.

Ao nosso professor e orientador Marcelo Bortoli por ter nos concedido a orientação e demais corpo docente da UTFPR campus Francisco Beltrão que nos fez crescer profissionalmente, compartilhando de seus conhecimentos.

Por último gostaríamos de agradecer todos amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para nossa formação acadêmica e desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso.

LISTA DE SIGLAS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PEAD – Polietileno de alta densidade

PVC – Policloreto de vinila

pH – Potencial hidrogeniônico

RAFA – Reator Anaeróbico Fluxo Ascendente

SEAB – Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná

UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Imagem de satélite da propriedade em estudo.....	35
Figura 02 – Local de construção das lagoas.....	36
Figura 03 – Corte transversal do sistema implementado.....	40
Figura 04 – Lagoas Construídas.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Produção e participação dos países na produção.....	13
Tabela 02 – Produção de leites (mil litros) do Estado do Paraná e Sudoeste Paranaense de 2008 a 2011.....	14
Tabela 03 – Comparativo do equivalente populacional de várias espécies de animais, tendo como base o valor de 54gDBO/hab.dia.....	17
Tabela 04 – Comparação físico – química de efluentes produzidos na bovinocultura leiteira e efluente doméstico, por diferentes autores.....	18
Tabela 05 – Taxa de aplicação volumétrica em função da temperatura, para projetos de lagoas anaeróbias.....	29
Tabela 06 – Taxa de aplicação superficial de acordo com o clima.....	32
Tabela 07 – Medidas de vazões.....	41
Tabela 08 – Dimensões da lagoa anaeróbia.....	44
Tabela 09 – Dimensões da lagoa facultativa.....	46
Tabela 10 – Eficiência global do sistema.....	48
Tabela 11 – Custos totais.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 ATIVIDADE LEITEIRA NO BRASIL	15
4.2 ATIVIDADE LEITEIRA NO ESTADO DO PARANÁ	17
4.4 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE	19
4.5 MANEJO DOS ANIMAIS	21
4.6 LEGISLAÇÃO	22
4.7 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS	23
4.7.1 Sistemas anaeróbios	23
4.7.1.1 Filtro anaeróbio	23
4.7.1.2 Reatores Anaeróbios	24
4.7.2 Sistemas de lagoa de estabilização	25
4.7.2.1 Lagoas Facultativas	25
4.7.2.2 Lagoas anaeróbias – Lagoas facultativas	26
4.7.2.3 Lagoas aeradas	26
4.7.3 Disposição no solo	27
4.7.3.1 Infiltração rápida	28
4.7.3.2 Escoamento superficial	28
4.7.3.3 Fertirrigação	29
4.7.4 Sistemas de áreas alagadas – <i>wetlands</i>	30
4.8 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA LAGOA ANAERÓBIA – LAGOA FACULTATIVA	31
4.8.1 Lagoa anaeróbia	31
4.8.1.1 Taxa de aplicação volumétrica	31
4.8.1.2 Tempo de detenção	32
4.8.1.3 Profundidade	33
4.8.1.4 Geometria	33
4.8.2 Lagoa facultativa	34
4.8.2.1 Taxa de aplicação superficial	34
4.8.2.2 Profundidade	35
4.8.2.3 Tempo de detenção	35
4.8.2.4 Geometria	36
4.8.3 Taludes	36
5 METODOLOGIA	37
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EM QUE AS LAGOAS FORAM CONSTRUÍDAS	38
5.3 DIMENSIONAMENTO	40
5.3.1 Vazão	40
5.3.2 Lagoa anaeróbia	41
5.3.3 Lagoa facultativa	41
5.3.4 Taludes	42
5.4 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA	42
5.5 ANÁLISE E COLETA DO EFLUENTE	42

5.6 EFICIÊNCIA DO SISTEMA NA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
6.1 CÁLCULOS DO DIMENSIONAMENTO	44
6.1.1 Vazão	44
6.1.2 Lagoa anaeróbia	45
6.1.3 Lagoa facultativa	47
6.1.4 Taludes.....	49
6.2 MONITORAMENTO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA.....	50
6.3 CUSTOS TOTAIS	51
7 CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXOS	56

1 INTRODUÇÃO

A bovinocultura de leite é uma das atividades do agronegócio mais importantes do Brasil, responsável pela produção de alimento e geração de renda.

Realizada principalmente por pequenos e médios produtores, está vinculada à agricultura familiar. Essa atividade inclui diversas etapas, como o preparo da alimentação, manejo do gado e a realização da ordenha. Dentro dessas atividades ocorre a produção de resíduos, que se não destinados ou tratados corretamente podem vir a poluir o ambiente.

Para o processo de ordenha se faz necessária à higienização dos equipamentos e tubulação, para isso são utilizados água quente e detergentes específicos, o que gera alta quantidade de resíduos líquidos.

O efluente resultante da atividade leiteira é constituído principalmente por fezes dos animais, urina, resíduos de leite, detergente e grande quantidade de água utilizada na lavagem, o que resulta em altas concentrações de DBO (demanda bioquímica de oxigênio), sólidos totais, nitrogênio e fósforo (PELLISSARI, 2013).

Na maioria das vezes esses constituintes não recebem o tratamento adequado, o que resulta em uma grande deterioração da qualidade ambiental. O destino do efluente, quando não tratado, normalmente são o solo e os rios, causando além da erosão, contaminação das águas subterrâneas e superficiais, provocando a mortalidade da fauna e flora aquática e prejudicando o abastecimento de água da população.

Quando o efluente com alta carga orgânica é lançado em corpos hídricos, as bactérias aeróbias responsáveis pela degradação desse material utilizam o oxigênio presente no meio aquático, podendo provocar a morte de diversos animais, além de provocar grande exalação de odores desagradáveis e alguns gases agressivos ao meio ambiente (MATOS, 2005).

A presença de grande quantidade de nutrientes como nitrogênio e fósforo nos efluentes leva ao desenvolvimento em excesso de algas e por consequência tem-se a eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (ROSTON e SILVA, 2010).

Dada a problemática, se torna necessário o investimento em tecnologias que possam tratar os resíduos líquidos de forma adequada, sem comprometer a qualidade do meio ambiente e a saúde pública (PELISSARI, 2013).

A Resolução CONAMA 430 de 2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e serve como um instrumento para avaliar a viabilidade técnica do tratamento em questão.

O presente trabalho teve o propósito de aplicar um sistema constituído de uma lagoa anaeróbia seguida por uma lagoa facultativa como alternativa para o tratamento de efluentes provenientes da bovinocultura leiteira, a fim de adequar os parâmetros propostos na legislação vigente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve por objetivo geral dimensionar um sistema para o tratamento do efluente da bovinocultura leiteira por meio de processos biológicos, implantar o sistema e monitorar a eficiência do mesmo na diminuição do potencial poluidor do efluente.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o efluente através da análise de parâmetros físicos;
- Dimensionar o sistema de tratamento;
- Realizar um projeto básico de implantação;
- Implementar o sistema de tratamento de efluentes;
- Avaliar a eficiência do tratamento na remoção de DBO.

3 JUSTIFICATIVA

A destinação inadequada das águas residuárias provenientes da bovinocultura leiteira causa sérios prejuízos à qualidade da água, entre elas a elevação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) do corpo hídrico, provocando a diminuição do oxigênio dissolvido no meio, alteração da temperatura e aumento da concentração de sólidos suspensos e sólidos dissolvidos na água, como consequências têm-se a eutrofização dos corpos hídricos, proliferação de doenças veiculadas pela água, mortalidade de espécies aquáticas, alteração do ecossistema aquático, entre outras (MATOS, 2005).

Como a base da produção de leite no país é de pequeno a médio produtor, é difícil que ocorra o tratamento dos efluentes para cada uma das propriedades, que muitas vezes funcionam com base na agricultura familiar e pouca capacidade de investimento, diferente dos grandes produtores de leite que possuem tecnologias de tratamento. A agricultura familiar é composta pelos próprios integrantes da família, a grande maioria possui algum tipo de gado leiteiro, quando não utilizado para o comércio, utiliza-se para consumo próprio do leite e seus derivados (OZALAME, 2013).

Nesse sentido, fica evidente a presença de diversas fontes poluidoras provenientes da bovinocultura leiteira espalhadas pelo interior dos municípios, que contribuem para a poluição dos corpos hídricos. Isso traz diversos problemas para comunidades e até mesmo cidades que estão situadas a jusante de fontes poluidoras, que muitas vezes utilizam dessa água para abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, entre outros.

Muitas vezes, a falta de informação e de fiscalização faz com que os produtores nem se deem conta de que estão contribuindo para a poluição dos rios, a falta de pesquisa na área e a falta de um sistema adequado à realidade dos produtores desestimula o setor a investir no tratamento dos resíduos.

Diante disso, o tratamento de efluentes da bovinocultura de leite se torna necessário para minimização do impacto ambiental, controle da poluição difusa gerada pelas pequenas e médias propriedades rurais e adequação à legislação.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 ATIVIDADE LEITEIRA NO BRASIL

A atividade leiteira no Brasil pode ser desenvolvida em todo o território, devido a algumas características locais, tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a umidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial, que permite adaptação em cada região. Existem diversas formas de produção, desde pequenos produtores, produzindo 10 litros de leite ao dia, até os que usam tecnologias de primeiro mundo, chegando a produzir 50 mil litros ao dia (GOMES e ZOCCAL, 2005).

Na década de 90, o Brasil já ocupava a 6ª posição entre os maiores produtores de leite do mundo, chegando a 21 bilhões de litro por ano (GOMES, 1999).

Dados de 2004 indicaram que a produção do Brasil era 57,4% maior que a produção da Nova Zelândia e, aproximadamente, três vezes a produção Argentina, que são países importantes na produção mundial. O Brasil também representava cerca de 70% do volume total de leite produzido nos países do Mercosul (GOMES e ZOCCAL, 2005).

O aumento da produção de leite deriva principalmente do aumento de número de animais devido aos tipos de manejo como confinamento ou criação a pasto, e ainda o crescimento da produtividade, devido ao uso de novas tecnologias, usadas para a maximização de lucros. Paralelamente ocorre expansão da atividade para as regiões de cerrado, pois possui o menor custo de aquisição de terras e de mão-de-obra (GOMES e ZOCCAL, 2005).

Em 2011, o Brasil manteve-se na sexta posição mundial na produção de leite, atrás da União Europeia, Índia, Estados Unidos, China e Rússia. A quantidade de vacas em lactação no Brasil foi maior e ocupou a terceira posição, ficando atrás da Índia e da União Europeia, porém a produtividade do rebanho brasileiro possui pouca eficiência (1.382 litros/vaca/ano) se comparada com a União Europeia (5.978 litros/vaca/ano) e os Estados Unidos (5.710 litros/vaca/ano) (IBGE, 2011).

Os estados que mais produzem no Brasil são: Minas Gerais, que possui participação aproximada de 27,3% na produção, Rio Grande do Sul 12,1%, Paraná 11,9% e Goiás 10,9%, juntos são responsáveis por 62,1% da produção leiteira nacional. Os municípios que mais produziram leite no Brasil, em 2011, foram Castro (PR), Patos de Minas (MG) e Jataí (GO) (IBGE, 2011).

A produtividade nacional média de leite foi de 1.382 litros/vaca/ano em 2011. A maior produtividade nacional de leite foi do estado do Rio Grande do Sul (2.536 litros/vaca/ano) e a menor de Roraima com (309 litros/vaca/ano) (IBGE, 2011).

A produção total de leite registrada pela Produção da Pecuária Municipal, segundo o IBGE (2011) foi de 32,091 bilhões de litros em 2011, com um total de 23.227.221 de vacas ordenhadas, sendo que as regiões sudeste e sul tiveram juntas, participação de 61,8% nessa produção e de acordo com SEAB (2013) o ano de 2012 fechou sua produção com 33,5 bilhões de litros, totalizando um crescimento de 5% em relação a 2011.

A Tabela 01 apresenta um breve histórico da produção leiteira no Brasil e a participação das regiões.

Tabela 01 – Produção e participação das regiões do país na produção

Ano	Produção de leite anual (bilhões de litros)	Norte (%)	Nordeste (%)	Sudeste (%)	Sul (%)	Centro-Oeste (%)
1974	7,1	1	13	54	23	9
1980	11,2	1	14	51	23	11
1990	14,5	4	14	48	23	12
2000	19,8	5	11	43	25	16
2010	30,7	6	13	36	31	14
2011	32,1	5	13	35	32	15

Fonte: Adaptado de Maia et al., (2013).

4.2 ATIVIDADE LEITEIRA NO ESTADO DO PARANÁ

O Estado do Paraná destaca-se na produção leiteira nacional, segundo a Produção Pecuária Municipal publicada pelo IBGE em 2011, o município de Castro – PR lidera o ranking nacional da produção leiteira, dando destaque também para Carambeí, Marechal Cândido Rondon e Toledo, que estão entre as primeiras 20 posições (IBGE, 2011).

O Estado paranaense apresentou significativa evolução no período de 2001 até 2011, aumentando sua produção de 1,9 bilhões de litros para 3,8 bilhões (12% da produção brasileira no ano), um crescimento de 100%, as vacas ordenhadas aumentaram de 1.150.617 para 1.588.638, ou seja, 46% de crescimento, isso significa que a produtividade por animal aumentou, produzindo mais leite com menor número de animais. O número de produtores foi de aproximadamente 114 mil, com produtividade média das vacas de 2,40 mil litros/vaca/ano, quase o dobro da média nacional (1,3 mil/litros/vaca/ano) (SEAB, 2013).

As três regiões paranaenses mais produtivas do Estado do Paraná são: Sudoeste, Oeste e Centro-Oriental, reunindo 48,5% dos produtores responsáveis por 53% da produção no estado, envolvendo 95 municípios (SEAB, 2013).

A Tabela 02 apresenta a produção de leite do Estado do Paraná e Sudoeste Paranaense, em uma série histórica de 2008 a 2011.

Tabela 02 – Produção de leite (mil litros) do Estado do Paraná e Sudoeste Paranaense de 2008 a 2011.

Ano	Paraná	Sudoeste
2008	2.827.931	547.327
2009	3.339.306	795.825
2010	3.595.775	848.342
2011	3.815.582	904.743
Evolução (%) 08-11	35	65

Fonte: Adaptado de IBGE (2011).

No mesmo período, a região sudoeste cresceu a uma taxa muito superior, se comparado ao Estado paranaense como um todo.

4.3 RESÍDUOS GERADOS

Na bovinocultura leiteira são produzidas grandes quantidades de dejetos, segundo Matos (2005) uma vaca leiteira, com peso médio de 400 kg produz, aproximadamente, de 38 – 50 kg de fezes mais urina por dia, o que torna um problema para o meio ambiente, se armazenados, tratados e dispostos inadequadamente. Johann (2010) afirma que esses resíduos possuem grande quantidade de minerais, sendo que o animal retém aproximadamente 10% do que consome pelo meio da alimentação e excreta 90% na forma de urina e fezes.

A produção de efluentes orgânicos provenientes de vacas leiteiras variam de 9% a 12% do peso vivo do rebanho por dia (ROSTON e SILVA, 2010).

A constituição do dejetos animal é variável de acordo com a época do ano, manejo dos animais, estágio de desenvolvimento do animal e principalmente, a alimentação (MATOS, 2005).

De acordo com Pohlmann (2000), podem ocorrer consideráveis variações na quantidade de dejetos gerados por animal, dependendo do tipo de dieta que está sendo implementada.

Se a ração fornecida aos animais apresentar grãos crus, com baixo teor de água, pode comprometer o sistema digestivo dos mesmos, devido à baixa conversão alimentar, causando doenças e elevando o volume de dejetos. Como no Brasil é predominante a criação a pasto, a produção dos dejetos bovinos são oriundos principalmente do esterco puro na etapa de tratamento e/ou diluído em água na sala de ordenha (COSTA, 2014).

Além dos resíduos sólidos gerados pelos animais, também há grande geração de resíduos líquidos, de acordo com Matos (2005) a quantidade de efluente gerado varia com o período do ano, dia da semana e horário do dia, e são provenientes da limpeza da sala de ordenha, higienização de equipamentos e tanques de

armazenamento. Decezaro (2013) afirma que cada animal pode gerar de 40 a 600 litros de água residuária por dia.

A vazão de águas residuárias geradas na criação de animais depende do número de animais ordenhados, da quantidade de água desperdiçada na dessedentação animal, da quantidade de água usada na higienização das instalações e pode ser estimada através da medição de água consumida (MATOS, 2005).

Essa geração de resíduos agropecuários causa sérios impactos ao meio ambiente, pois apresentam alto potencial poluidor, liberam odores desagradáveis, emitem gases que contribuem para o efeito estufa e destruição da camada de ozônio, contaminam o solo e as águas superficiais e subterrâneas (JOHANN, 2010).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2011) a geração de resíduos aumenta na mesma proporção que o setor agrossilvopastoril cresce, o que necessita de um manejo adequado em todas as etapas do gerenciamento, já que essa atividade pode afetar significativamente os recursos naturais.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE

De acordo com Pohlmann (2000) a caracterização do efluente é muito complicada, pois a composição e quantidade podem ser afetadas facilmente por um grande número de fatores, como a matéria seca ingerida, concentração de nutrientes e da digestibilidade da dieta.

Conforme Pelissari (2013) os efluentes provenientes da bovinocultura leiteira geralmente apresentam alta composição de nutrientes e matéria orgânica, pois são constituídos de urina e fezes de animais, leite, produtos químicos utilizados na limpeza, restos de animais como células mortas e pêlos, e predominantemente, água. Para Decezaro (2013) as características mais importantes do efluente oriundo da atividade leiteira são: DBO, DQO, pH, sólidos totais, nitrogênio e fósforo.

Esses efluentes também apresentam metais pesados sob as formas de óxido de zinco e sulfato de cobre, além de agentes patogênicos que podem trazer

significativos impactos ao meio ambiente e saúde pública, quando não geridos adequadamente (JOHANN, 2010).

A Tabela 03 mostra a comparação da DBO, gerada por diferentes tipos de animais, tomando como base de 54 gDBO/hab.dia.

Tabela 03 – Comparativo do equivalente populacional de várias espécies de animais, tendo como base o valor de 54 gDBO/hab.dia.

Fonte dos dejetos	Equivalente Populacional
Homem	1
Vaca	16,4
Cavalo	11,3
Galinha	0,14
Ovelha	2,45
Suíno	3

Fonte: Adaptado de Pelissari (2013).

As quantidades produzidas e as características do resíduo são alteradas pela diluição, quando a água é adicionada (MATOS, 2005).

As concentrações de contaminantes presentes no efluente da bovinocultura de leite são muito superiores ao do esgoto doméstico (PELISSARI, 2013).

A Tabela 04 mostra um comparativo entre a composição físico-química de efluentes provenientes da bovinocultura com o esgoto doméstico, por diferentes autores.

Tabela 04 – Comparação físico-química de efluentes produzidos na bovinocultura leiteira e efluente doméstico, por diferentes autores.

Tipo de efluente	Autores	DBO _{5,20} (mg/L)	DQO (mg/L)	NTK (mg/L)	N-NH ₄ (mg/L)	P _{total} (mg/L)	SST (mg/L)
Bovinoicultura	Silva e Roston (2010)	-	-	-	-	-	3.585
Bovinoicultura	Wood et al., (2007)	2.811	6.144	-	366	89,3	6.144
Bovinoicultura	Mumñoz et al., (2006)	1.200	-	-	52	44	26
Bovinoicultura	Newman et al., (2000)	2.680	-	102	7,8	25,7	1.284
Bovinoicultura	Dunne et al., (2005)	2.300	-	-	36	15	921
Doméstico	Von Sperling (1995)	350	700	-	30	14	1000

Fonte: Adaptado de Pelissari (2013).

4.5 MANEJO DOS ANIMAIS

Os resíduos gerados na bovinocultura leiteira são dispersos no período em que os animais são manejados em locais de pastagem, o que acaba espalhando os dejetos sem gerar maiores impactos ambientais, e em locais pontuais, no espaço reservado para ordenha e tratamento dos animais, local em que ocorre maior acúmulo de resíduos pelo fato dos animais permanecerem aglomerados (OZELAME, 2013).

O manejo da bovinocultura pode ser em sistema extensivos, semiextensivo ou confinamento, tanto de leite, quanto de corte. Nos sistemas extensivos e semiextensivos os animais são criados a pasto, e, portanto, não existe controle no manejo do dejetos gerado. O intensivo onde os animais são criados em confinamento total, o dejetos pode ser completamente recuperado (COSTA, 2014).

A maior concentração de dejetos ocorre quando os animais são criados no sistema intensivo, quando o gado permanece confinado, sistema esse mais utilizado por grandes produtores. No sistema extensivo, os animais mudam de pasto de acordo com o período do ano e da sua capacidade em se regenerar, este sistema é utilizado por animais que não precisam de maior acompanhamento, geralmente na fase de crescimento, o sistema semiextensivo é o mais utilizado nas pequenas propriedades

criadoras de gado leiteiro, pois ocorre a retenção dos animais para realização do tratamento e da ordenha (POHLMANN, 2000).

4.6 LEGISLAÇÃO

Atividades que produzem bens de consumo geram impactos no ambiente, seja ela industrial, comercial ou do agronegócio. Dentro do agronegócio as atividades da pecuária geram grandes passivos ambientais como a disposição inadequada dos dejetos animais e da alta utilização de água para dessedentação e lavagem de equipamentos e áreas em que os animais permanecem (MATOS, 2005).

Devida a má disposição, os dejetos em grande quantidade e em contato direto no solo, sobrecarregam as taxas de nutriente do solo, que são lixiviados causando a eutrofização dos corpos hídricos. Esses nutrientes são obtidos na nutrição animal, em forragens e rações enriquecidas, que não são totalmente aproveitados pelos animais. (POHLMANN, 2000).

Conforme a Resolução CONAMA nº 430/2011 os efluentes de qualquer fonte poluidora podem ser lançados ao corpo receptor desde que obedeçam às condições e padrões previstas no Art. 16 da referida resolução (CONAMA, 2011).

Esta Resolução exige algumas condições de lançamento, como o pH, temperatura, materiais sedimentáveis, vazão, remoção da DBO, entre outros.

Em seu artigo 27 a resolução exige que fontes poluidoras busquem práticas para a gestão dos efluentes, aplicando técnicas para redução da geração e melhoria do efluente e sempre que possível decorrer da reutilização (CONAMA, 2011).

Em seu artigo 54, é declarado que quem causar poluição que prejudique a saúde humana, cause a mortandade de animais ou a destruição da fauna está sob pena de multas e reclusão (CONAMA, 2011).

4.7 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROINDUSTRIAIS

Os principais métodos para tratamento de efluentes agroindustriais são: sistemas anaeróbios (filtros e reatores anaeróbios), lagoas de estabilização (facultativas, anaeróbias e aeradas) e disposição no solo (infiltração rápida, escoamento superficial, fertirrigação e sistemas de áreas alagadas – *wetlands*). A seguir são descritos brevemente cada um dos métodos (MATOS, 2005).

4.7.1 Sistemas anaeróbios

De acordo com Matos (2005), os sistemas anaeróbios são ideais para o tratamento de efluentes com elevada carga orgânica, como é o caso dos efluentes provenientes da bovinocultura leiteira.

4.7.1.1 Filtro anaeróbio

No sistema de filtros anaeróbios, ocorre a presença de um meio suporte, onde estão presentes bactérias anaeróbias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Parte do filtro é preenchido por material inerte (geralmente britas) e o fluxo do efluente é ascendente (MATOS, 2005).

O filtro anaeróbio trabalha com todos os espaços vazios preenchidos pelo efluente, a carga da DBO geralmente é elevada e o sistema é fechado (VON SPERLING, 2005).

Este sistema requer tratamento posterior, pois as condições de nitrogênio, fósforo e DBO podem não estar dentro dos padrões de lançamento em corpos hídricos após a passagem pelo filtro. O tratamento posterior geralmente é efetuado por lagoas facultativas (MATOS, 2005).

Os filtros anaeróbios também podem ser sistemas complementares das fossas sépticas (VON SPERLING, 2005).

Quanto ao lodo, há baixa ocorrência e este já sai estabilizado do sistema (MATOS, 2005).

A principal vantagem dos filtros anaeróbios é a adaptação para diferentes concentrações de poluente e a desvantagem é a exigência de um tratamento complementar (MATOS, 2005).

4.7.1.2 Reatores Anaeróbios

São denominados reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou RAFA (Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo) e diferentemente dos filtros anaeróbios não possui um meio suporte para o crescimento dos microrganismos (MATOS, 2005).

O fluxo do efluente é ascendente e quando se encontra com o leito do lodo ocorre a adsorção da matéria orgânica pela biomassa. No topo do reator, as fases sólida, líquida e gasosa são separadas por uma estrutura denominada de separador trifásico, retornando a biomassa para a base do reator (VON SPERLING, 2005).

Quando há muita produção de gás metano, este pode ser aproveitado como forma de energia e quando há pouca produção, deve ser queimado para ser transformado em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), pois o metano tem 21 vezes mais potencial de poluição que o dióxido de carbono (MATOS, 2005).

Para os reatores UASB também é necessário um tratamento complementar, pois após a saída do efluente, ainda apresenta elevada DBO, nitrogênio e fósforo, além de aspectos e odores desagradáveis, não sendo possível seu lançamento direto em corpos hídricos (MATOS, 2005).

As principais vantagens desse sistema são: pouca área e o lodo já sai estabilizado do reator, as principais desvantagens são os altos custos de instalação, operação e manutenção (MATOS, 2005).

4.7.2 Sistemas de lagoa de estabilização

O princípio das lagoas de estabilização é tratar os efluentes por mecanismos predominantemente biológicos, através de microrganismos já existentes no meio. Sua construção é por meio de escavação no solo e deve ser impermeável, para evitar a contaminação do solo e águas subterrâneas (MATOS, 2005).

4.7.2.1 Lagoas Facultativas

O sistema de lagoa facultativa é muito simples e depende exclusivamente de fenômenos naturais (VON SPERLING, 2005).

O efluente fica retido durante alguns dias na lagoa, tempo correspondente ao tempo de detenção hidráulico, onde ocorrem alguns processos biológicos. A parte sedimentável, constitui o lodo de fundo e é degradada por organismos anaeróbios, produzindo gás metano, carbônico, água e outros compostos (VON SPERLING, 2005).

A matéria orgânica dissolvida e em suspensão sofre ação das bactérias facultativas, que vivem tanto na presença como na ausência de oxigênio. O oxigênio necessário é fornecido pela fotossíntese, realizada pelas algas (VON SPERLING, 2005).

A construção das lagoas deve ser em locais de frequente radiação solar, pois a fotossíntese necessita de energia luminosa para ser concretizada. A profundidade média das lagoas facultativas são de 1,5 a 2,0 m. Quanto maior a profundidade, os processos anaeróbios prevalecem, pois aumenta o consumo de oxigênio e diminui sua produção, a profundidade dificulta a passagem da luz para a realização da fotossíntese (VON SPERLING, 2005).

A principal vantagem das lagoas facultativas é a facilidade na sua operação e a principal desvantagem é que necessita de grandes áreas para sua construção (VON SPERLING, 2005).

4.7.2.2 Lagoas anaeróbias – Lagoas facultativas

Para suprir a necessidade de grandes áreas, existe o sistema de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas (VON SPERLING, 2005).

As lagoas anaeróbias possuem menores dimensões e maiores profundidades, cerca de 4,0 a 5,0 m, pois assim a fotossíntese quase não ocorre e há um consumo muito elevado de oxigênio, predominando a ação de organismos anaeróbios (VON SPERLING, 2005).

A lagoa anaeróbia remove cerca de 50% da DBO, desta maneira a lagoa facultativa recebe uma carga menor de poluentes, podendo ser construída em áreas bem menores (VON SPERLING, 2005).

As vantagens desse sistema são a facilidade na operação e menor área para implementação, a principal desvantagem é a liberação de maus odores, por apresentar um sistema anaeróbio (VON SPERLING, 2005).

4.7.2.3 Lagoas aeradas

As lagoas aeradas possuem aeradores mecânicos para fornecer oxigênio ao líquido e aumentar a taxa de degradação por organismos aeróbios (VON SPERLING, 2005).

Os aeradores causam um turbilhamento na água que facilita a penetração de oxigênio atmosférico no efluente, diminuindo o tempo de retenção hidráulica, pois a degradação ocorre a uma taxa muito maior, dessa maneira requer-se menor área para a construção desse sistema (VON SPERLING, 2005).

Existem as lagoas aeradas facultativas e as lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação, as lagoas aeradas facultativas levam esse nome pois a aeração introduzida é suficiente apenas para a oxigenação do meio, mas não mantém os sólidos em suspensão. Assim sendo, os sólidos se sedimentam e formam o lodo de fundo, que é decomposto por mecanismos anaeróbios (VON SPERLING, 2005).

A principal vantagem é que esse sistema requer menor área para sua construção, porém existe maior complexidade na sua operação e há o consumo de energia elétrica (VON SPERLING, 2005).

Nas lagoas aeradas de mistura completa, além da oxigenação, a aeração permite que todos os sólidos se mantenham em suspensão no meio, havendo, portanto, um maior contato entre a matéria orgânica e as bactérias. O tempo de detenção é na faixa de 2 a 4 dias, pois a eficiência do sistema é bastante alta (VON SPERLING, 2005).

É necessário que após a lagoa aerada de mistura completa exista uma lagoa de decantação, pois como todos os sólidos ficam em suspensão, a biomassa sai junto com o efluente, não sendo possível o lançamento em corpos hídricos, para não serem criados novos problemas (VON SPERLING, 2005).

A principal vantagem deste sistema é a pequena área requerida e a principal desvantagem é a necessidade da retirada do lodo com certa frequência, em torno de 2 a 5 anos (VON SPERLING, 2005).

4.7.3 Disposição no solo

As águas residuárias provenientes da agroindústria podem servir como fonte de água e nutrientes para os vegetais, podendo ser uma importante solução para suprir a necessidade de um tratamento adequado para o efluente e a demanda nutricional de algumas plantas (MATOS, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), a disposição de efluentes no solo pode ser tanto uma forma de disposição final, quanto de tratamento, ou ambos. Os mecanismos que agem na remoção do poluente podem ser físicos, químicos ou biológicos (VON SPERLING, 2005).

As formas de disposição mais comum são: infiltração rápida, escoamento superficial, fertirrigação e sistemas de áreas alagadas – *wetlands* (VON SPERLING, 2005).

4.7.3.1 Infiltração rápida

O sistema de infiltração rápida tem por objetivo fazer com que o solo seja um filtro para o efluente. O efluente é filtrado pelo meio poroso e garante a recarga para os aquíferos (MATOS, 2005).

No sistema de infiltração rápida a água residuária é disposta em bacias rasas ou valas de infiltração, sem qualquer impermeabilização no fundo, construídas em solos permeáveis onde o efluente infiltra e percola pelo perfil do solo (VON SPERLING, 2005).

A aplicação no solo é intermitente, permitindo um período de descanso para o solo recuperar suas condições aeróbias. A aplicação pode ser feita diretamente por sulcos, canais, tubulações perfuradas ou por aspersores (VON SPERLING, 2005).

Este tratamento exige pequena área e pode ocorrer crescimento da vegetação nas valas de infiltração, porém não interfere na eficiência do processo (FILHO 1999 apud VON SPERLING, 2005).

É necessário monitoramento da qualidade da água subterrânea e do solo durante todo o processo, pois o sistema apresenta sérios riscos de contaminação (MATOS, 2005).

4.7.3.2 Escoamento superficial

Nesse sistema o efluente é aplicado a uma taxa superior que a capacidade de infiltração no solo, sendo indicados solos de baixa permeabilidade, geralmente argilosos. Os terrenos devem possuir baixa declividade e serem cultivados, normalmente faz-se o uso de gramíneas. A vegetação aumenta a retenção dos sólidos, diminui a erosão, absorve nutrientes e aumenta a ação dos microrganismos (VON SPERLING, 2005).

No escoamento do efluente, parte dele infiltra, parte evapora, parte é retido pela vegetação e o restante é coletado em canais presentes no final das rampas de tratamento (MATOS, 2005).

A aplicação do efluente é feita por aspersão, utilizando-se aspersores, por tubos janelados ou por irrigação por superfície (MATOS, 2005).

Este sistema permite o tratamento de grande volume de água residuária em uma pequena quantidade de área, além de apresentar menor risco de contaminação de águas subterrâneas e propicia produção de vegetais que podem ser utilizados na alimentação animal, como pastagens ou na fertilização do solo. A maior desvantagem é que o solo deve ter características adequadas como declividade e permeabilidade (MATOS, 2005).

4.7.3.3 Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica que objetiva o reuso da água para a produção agrícola. Nitrogênio, potássio e fósforo estão presentes nos efluentes agroindustriais e são fundamentais no cultivo de solos pobres, dessa forma a fertirrigação é uma alternativa que aproveita as águas residuárias ricas em nutrientes nas culturas agrícolas, reduz a poluição ambiental e melhora as características do solo (MATOS, 2005).

A taxa de aplicação de águas residuárias deve ser estudada, para aplicar-se a dose necessária de nutrientes, pois se a dose for excedida a cultura pode ser comprometida e ocasionar a poluição dos solos e das águas subterrâneas (MATOS, 2005).

Também devem ser avaliadas as características biológicas, o tipo de solo, o tipo de cultura e a maneira com que os alimentos serão consumidos, para não pôr em risco a saúde pública (VON SPERLING, 2005).

Von Sperling (2005) afirma que as áreas de aplicação de águas residuárias devem possuir solos argilosos, com boa drenagem e as águas subterrâneas devem estar com profundidade superior a 1,5m.

A fertirrigação pode ser por inundação, sulcos, aspersão, gotejamento ou através de chorumeiras (VON SPERLING, 2005).

A fertirrigação é o sistema natural com maior eficiência na remoção de poluentes e proporciona a fertilização e irrigação de diversas culturas. As principais desvantagens são: requer grande área, dependente do clima e há possibilidade de contaminação (MATOS, 2005).

4.7.4 Sistemas de áreas alagadas – *wetlands*

Wetlands são áreas construídas pelo homem, com a finalidade de tratar águas residuárias e consistem em lagoas ou canais rasos constituídos por plantas aquáticas, onde ocorrem mecanismos biológicos, físicos e químicos, como por exemplo: filtração, degradação da matéria orgânica por microrganismos, absorção e adsorção de nutrientes e poluentes, entre outros (VON SPERLING, 2005).

A função das plantas aquáticas é extrair macronutrientes, micronutrientes e carbono dos efluentes. As plantas também favorecem o crescimento da biomassa microbiana, que propicia a rápida degradação dos compostos (MATOS, 2005)

Existem dois tipos de *wetlands*:

Fluxo superficial: Possui plantas aquáticas flutuantes ou enraizadas no fundo e a água escoar entre as folhas e o caule. Podem ter espécies vegetais emergentes, submersas ou flutuantes, preferencialmente utilizam-se espécies nativas. O fundo do sistema pode ser revestido ou não, e a altura da lâmina d'água está na faixa de 0,6 a 0,9 m onde há ocorrência de plantas e 1,2 a 1,5m para zonas de água livre (VON SPERLING, 2005).

Fluxo subsuperficial: Não existe água livre na superfície. O leito é composto por pedras, areia ou solo, para dar suporte às plantas aquáticas. O efluente escoar subterraneamente e entra em contato com as raízes e os rizomas das plantas. A altura do sistema está na faixa de 0,5 e 0,6 m e a altura da água 0,4 e 0,5m. Deve-se dar atenção ao tamanho do cascalho para não ocorrer o entupimento. A chance de ocorrer maus odores e atração de vetores é menor do que no fluxo superficial (VON SPERLING, 2005).

Existe outra classificação, esta em relação à direção do fluxo da água e pode ser: vertical ou horizontal (VON SPERLING, 2005).

É importante salientar que este sistema não é eficiente para efluentes brutos, portanto deve ser um sistema de tratamento preliminar.

As *wetlands* não necessitam de complexa operação e manutenção, consistindo apenas no controle de vetores e poda das espécies vegetais e a eficiência na remoção de poluentes é satisfatória (VON SPERLING, 2005).

4.8 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA LAGOA ANAERÓBIA – LAGOA FACULTATIVA

4.8.1 Lagoa anaeróbia

Existem quatro parâmetros que são imprescindíveis no dimensionamento para as lagoas anaeróbias: taxa de aplicação volumétrica, tempo de detenção, profundidade e geometria (VON SPERLING, 1996).

4.8.1.1 Taxa de aplicação volumétrica

A taxa de aplicação volumétrica (L_v) é função da temperatura e pode ser considerada o parâmetro mais importante em projetos de lagoa anaeróbia.

Von Sperling (1996) recomenda relações entre taxas de aplicação volumétrica e a temperatura, os valores são apresentados na Tabela 05.

Tabela 05 – Taxa de aplicação volumétrica em função da temperatura, para projetos de lagoas anaeróbias

Temperatura média do ar no mês mais frio – T (°C)	Taxa de aplicação volumétrica – Lv (kgDBO/m ³ .dia)
10 a 20	0,02T – 0,10
20 a 25	0,01T + 0,10
>25	0,35

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

Segundo Von Sperling (1996) o volume requerido para a lagoa anaeróbia é definido pela seguinte equação:

$$V = L / Lv \quad (1)$$

Onde:

V = volume requerido para a lagoa (m³)

L = carga de DBO total do afluente (kgDBO₅/d)

Lv = taxa de aplicação volumétrica (kgDBO₅/m³.d)

4.8.1.2 Tempo de detenção

Segundo Von Sperling (1996) o tempo de detenção das lagoas anaeróbias geralmente varia na faixa de:

$$t = 3,0 \text{ d a } 6,0 \text{ d}$$

Tempos menores que esse podem implicar que a taxa de saída das bactérias metanogênicas com o efluente da lagoa seja superior à sua própria taxa de reprodução. Tempos maiores que esse podem implicar que a lagoa anaeróbia trabalhe como uma lagoa facultativa (VON SPERLING, 1996).

Von Sperling (1996) também afirma que depois de calculado o volume da lagoa anaeróbia com base na taxa de aplicação volumétrica, é possível calcular o tempo de detenção hidráulica, através de:

$$t = V / Q \quad (2)$$

Onde:

t = tempo de detenção hidráulica (d)

V = volume da lagoa (m³)

Q = vazão média afluyente (m³/d)

4.8.1.3 Profundidade

As lagoas anaeróbias são profundas, reduzindo a disponibilidade de oxigênio no meio e impedindo que algas realizem fotossíntese. Por serem mais profundas, essas lagoas ocupam menor área para sua construção (VON SPERLING, 1996).

Os valores mais adotados nos projetos de lagoas anaeróbias estão na faixa de:

$$H = 3,5 \text{ m a } 5,00 \text{ m}$$

4.8.1.4 Geometria

Segundo Von Sperling (1996) a geometria nada mais é que a relação entre comprimento e largura. As lagoas anaeróbias podem ser quadradas ou retangulares e geralmente possuem relação comprimento / largura (L/B) de:

$$\text{Relação comprimento / largura (L/B) = 1 a 3}$$

4.8.2 Lagoa facultativa

Os principais parâmetros a serem analisados no projeto de lagoa facultativa são: taxa de aplicação superficial, profundidade, tempo de detenção e geometria (VON SPERLING, 1996).

4.8.2.1 Taxa de aplicação superficial

A taxa de aplicação superficial (Ls) pode ser definida como a carga orgânica por unidade de área, é o principal parâmetro a ser considerado no projeto e visa a necessidade de uma área estar exposta a ação da luz solar, para que o processo de fotossíntese ocorra (VON SPERLING, 1996).

A área requerida para a lagoa facultativa pode ser calculada por:

$$A = L/Ls \quad (3)$$

Onde:

A = área requerida para a lagoa (ha)

L = carga de DBO total afluente (kgDBO₅/d)

Ls = taxa de aplicação superficial (kgDBO₅/ha.d)

Von Sperling (1996) afirma que a taxa de aplicação superficial depende das condições climáticas de cada local, e pode variar de região para região, conforme a Tabela 06 e equação 04.

$$Ls = 350 \times (1,107 - 0,002 \times T)^{(T-25)} \quad (4)$$

Onde =

Ls = Taxa de aplicação superficial (kgDBO₅/ha.d)

T = Temperatura média do ar no mês mais frio (°C)

Tabela 06 – Taxas de aplicação superficial de acordo com o clima

Clima	Taxa de aplicação superficial - Ls (kgDBO ₅ /ha.d)
Inverno quente e elevada insolação	240 a 350
Inverno e insolação moderados	120 a 240
Inverno frio e baixa insolação	100 a 180

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

4.8.2.2 Profundidade

A profundidade da lagoa facultativa está relacionada com o volume e a área requerida, de maneira geral tem-se (VON SPERLING, 1996):

$$H = V/A \quad (5)$$

Onde:

H = profundidade da lagoa (m)

V = volume da lagoa (m³)

A = área requerida para a construção da lagoa (m²)

A faixa mais utilizada em projetos, situa-se entre 1,5 a 2,0 m.

4.8.2.3 Tempo de detenção

O tempo de detenção hidráulica da lagoa facultativa está relacionada com o com o volume e a vazão do projeto (VON SPERLING, 1996):

$$t = V/Q \quad (6)$$

Onde:

t = tempo de detenção hidráulica (d)

V = volume da lagoa (m^3)

Q = vazão média afluyente (m^3/d)

De acordo com Von Sperling (1996) o tempo usual de detenção de lagoas facultativas está em torno de 15 dias.

4.8.2.4 Geometria

Von Sperling (1996) afirma que as lagoas facultativas são geralmente retangulares e a relação comprimento largura (L/B) situa-se na faixa de:

$$\text{Relação comprimento / largura (L/B) = 2 a 4}$$

4.8.3 Taludes

De acordo com Von Sperling (1996) os taludes têm inclinação usual entre 1:1 e 1:3 e a altura da borda livre indicada para pequenas lagoas é de 0,5m. Para determinar as dimensões dos taludes, admite-se inclinação 1:d (vertical/horizontal), e utiliza-se as seguintes relações:

$$\text{Comprimento no fundo} = \text{comprimento a meia altura} - 2d \times (H/2) \quad (7)$$

$$\text{Comprimento no NA} = \text{comprimento a meia altura} + 2d \times (H/2) \quad (8)$$

$$\text{Comprimento na crista do talude} = \text{comprimento no NA} + 2d \times (\text{borda livre}) \quad (9)$$

$$\text{Largura no fundo} = \text{largura a meia altura} - 2d \times (H/2) \quad (10)$$

$$\text{Largura no NA} = \text{largura a meia altura} + 2d \times (H/2) \quad (11)$$

$$\text{Largura na crista do talude} = \text{largura no NA} + 2d \times (\text{borda livre}) \quad (12)$$

Onde:

NA = Nível da água

d = refere-se à direção horizontal da relação de inclinação

H = Profundidade da lagoa

5 METODOLOGIA

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A propriedade em estudo localiza-se no interior do município de Pato Branco – PR, na comunidade de São João Batista, ligada pela estrada municipal Azelino Dalla Costa. Com um total de área de 56 alqueires, aproximadamente 136 hectares e cortado pelo rio Cachoeirinha.

Entre as atividades realizadas no local estão a criação de gado leiteiro, cavalos crioulos, suínos e caprinos. A propriedade também conta com áreas de lavoura, que no período de verão servem para produção de grãos e silagem enquanto no inverno é utilizado para pastagem dos animais.

A principal atividade de renda da fazenda vem da venda do leite para cooperativas da região. Para isso a propriedade conta com 2 funcionários que realizam o manejo de mais de 100 vacas de leite, entre terneiras, novilhas e as vacas em lactação. A quantidade de vacas em lactação varia muito em função da época do ano e do desenvolvimento de mais novilhas que começam a produzir leite, sendo aproximadamente 35.

São produzidos cerca de 700 litros de leite por dia, este é armazenado em tanques de resfriamento e a cada dois dias o caminhão da cooperativa passa para fazer o recolhimento e posterior transporte ao laticínio. A Figura 01 representa uma imagem aérea do local em estudo.



Figura 01 – Imagem de satélite da propriedade em estudo

Fonte: Google Earth (2015)

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL EM QUE AS LAGOAS FORAM CONSTRUÍDAS

Devido a viabilidade técnica do local, as lagoas foram projetadas e construídas de modo que todo efluente percorresse as tubulações por gravidade, desde a geração do efluente até a destinação final, ou seja, no corpo hídrico. Assim, as lagoas foram construídas uma cota abaixo do empreendimento, logo na saída das tubulações, para isso foi necessário adequar as tubulações existentes e redirecionar o efluente para a entrada da lagoa anaeróbia.

Ao lado da lagoa anaeróbia ficou localizada a lagoa facultativa, que é o último tratamento antes que o efluente entre em contato com o corpo hídrico, após a lagoa

facultativa, o efluente tratado percorre uma tubulação até o corpo hídrico presente na propriedade.

O local foi escolhido de modo que as lagoas ficassem distante do lençol freático, corpos hídricos e residências. Também foi selecionado de forma que a lagoa facultativa ficasse exposta ao sol, para otimizar sua eficiência.



Figura 02 – Local de construção das lagoas

Fonte: Próprio autor (2015)

O polígono vermelho mostra a casa de ordenha, os rosas a lagoa anaeróbia e facultativa e as linhas amarelas indicam o redirecionamento do efluente.

5.3 DIMENSIONAMENTO

5.3.1 Vazão

A água utilizada na lavagem das instalações provém de mananciais de água superficial e é armazenada em dois reservatórios com capacidade de 1000 litros cada. Um dos reservatórios está situado na parte alta da construção e fornece água para o banheiro e o sistema de ordenha. Enquanto a outra caixa da água permanece no solo e é utilizada para serviços gerais, como lavar utensílios e como fonte de água para uma moto bomba que fornece água sob pressão para realizar a lavagem das paredes e pisos do estabelecimento.

Em todo projeto de construção de sistema de tratamento de efluentes, é necessário saber a vazão com que o sistema vai operar. Conforte Matos (2005), a determinação da vazão de águas residuais pode ser estimada com base no consumo de água usada no estabelecimento.

Para isso foram realizadas 6 medições através do cálculo do volume das caixas de água, antes e depois da utilização para lavagem dos pisos e equipamentos. As caixas de água possuem as mesmas dimensões, sendo 110 cm de largura e 130 cm de comprimento. A altura da lâmina de água foi medida antes e depois do consumo.

Foram realizadas seis medidas da altura da lâmina de água, em diferentes dias e períodos, utilizando uma trena.

Utilizando a equação (13) foi possível calcular o consumo de água, esses resultados são importantes na caracterização do efluente e correto dimensionamento do sistema.

$$V = (0,11 \times 0,13 \times h_{au}) - (0,11 \times 0,13 \times h_{du}) \quad (13)$$

Onde:

V = volume gasto (m^3)

h_{au} = altura da lâmina da água antes do uso (m)

h_{du} = altura da lâmina da água depois do uso (m)

5.3.2 Lagoa anaeróbia

O dimensionamento da lagoa anaeróbia foi realizado utilizando as equações (1) e (2).

Para a obtenção da carga DBO total do efluente (L) foi enviada uma amostra do efluente para análise em laboratório local. A taxa de aplicação volumétrica foi obtida através da tabela 05 e o dado de temperatura média do ar no mês mais frio foi encontrado em uma série histórica no site do IAPAR.

Já com os dados de volume e vazão calculados foi possível obter o tempo de detenção hidráulico.

A profundidade foi adotada de acordo com o que é preconizado na literatura nacional e as dimensões de comprimento e largura foram projetadas a partir do volume e profundidade anteriormente encontrados.

5.3.3 Lagoa facultativa

O dimensionamento da lagoa facultativa foi realizado utilizando as equações (3), (4), (5) e (6).

A taxa de aplicação superficial foi encontrada através da tabela 06 e equação (4).

O tempo de detenção foi dimensionado de acordo com o que preconiza a literatura nacional.

A profundidade foi encontrada através dos dados de volume e área obtidos anteriormente e com auxílio da literatura. As dimensões de comprimento e largura foram projetadas a partir do volume e profundidade anteriormente encontrados.

5.3.4 Taludes

Os taludes foram calculados utilizando as equações (7), (8), (9), (10), (11) e (12).

5.4 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA

O sistema de lagoa anaeróbia seguida de facultativa foi construído de maneira que o efluente percorresse o sistema sem a necessidade do uso de energia elétrica, permitindo o escoamento por gravidade para as lagoas.

Uma retroescavadeira foi utilizada para realizar a terraplanagem das lagoas e das tubulações. Uma vez que as medidas do projeto foram atendidas, ocorreu a instalação da geomembrana de PEAD 0,8 mm, que impede o efluente de entrar em contato com o solo, promovendo assim a impermeabilização do sistema.

Tubos de concreto 30cm e canos de PVC 100mm foram utilizados para redirecionar o efluente de lavagem da ordenha até a lagoa anaeróbia, a tubulação foi enterrada no solo, e a entrada na lagoa é submersa para impedir o desprendimento de odores.

5.5 ANÁLISE E COLETA DO EFLUENTE

A coleta do efluente foi realizada mensalmente, durante três meses, a partir da obtenção de amostras na entrada (P1) e saída (P2) do sistema.

Posteriormente o efluente foi encaminhado para laboratório local para realizar as análises pertinentes.

5.6 EFICIÊNCIA DO SISTEMA NA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A eficiência foi calculada a partir dos resultados das análises das amostras coletadas nos pontos 1 e 2, entrada e saída do sistema, respectivamente, como mostra a figura 05.

Os valores das análises obtidas foram alocados na equação (14) e, assim, encontrada a eficiência global do sistema.

$$E = [(X_{\text{afluente}} - X_{\text{efluente}}) \times 100 / X_{\text{afluente}}] \quad (14)$$

Onde:

E = Eficiência (%)

X = concentração de DBO (mg/L)

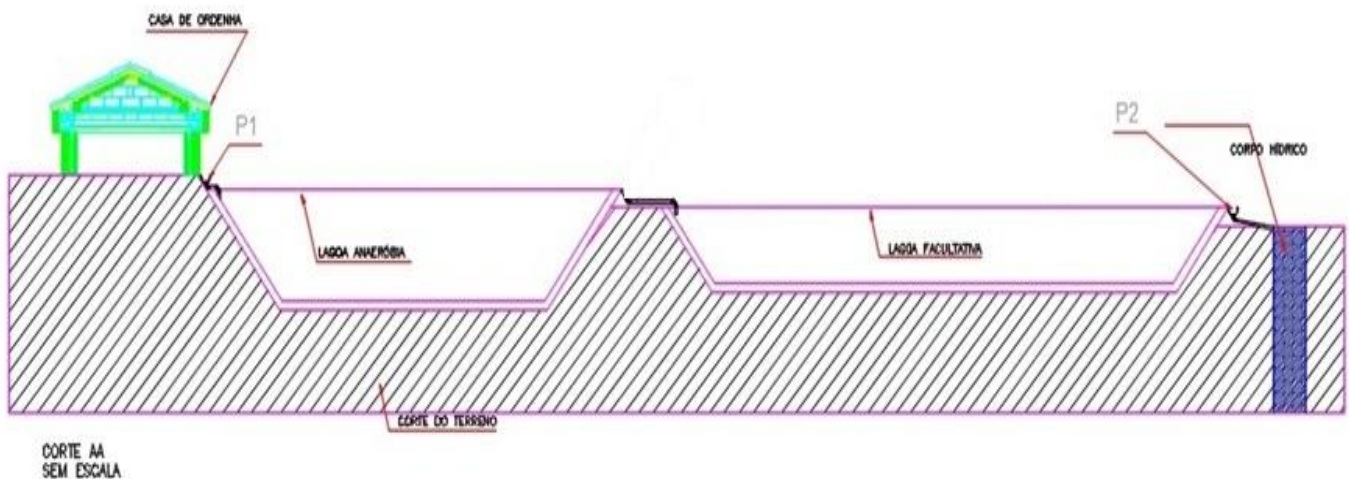


Figura 03 – Corte transversal do sistema implementado

Fonte: Próprio autor (2015)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CÁLCULOS DO DIMENSIONAMENTO

6.1.1 Vazão

De acordo com a equação (13), a vazão para o dimensionamento pôde ser calculada. As medições foram realizadas nos dias 12 de abril de 2015, 09 de maio de 2015, 15 de maio de 2015, 16 de maio de 2015, 22 de maio de 2015 e 25 de maio de 2015. Na tabela 07 estão expressos os valores encontrados.

Tabela 07 – Medidas de vazões

Data	Período	Volume gasto (m ³)	Vazão diária (m ³ /dia)
12/04/2015	Manhã	0,7293	1,4586
09/05/2015	Manhã	0,7436	1,4872
15/05/2015	Manhã	0,6292	1,2584
16/05/2015	Tarde	0,7436	1,4872
22/05/2015	Tarde	0,8294	1,6588
25/05/2015	Tarde	0,6959	1,3918

Fonte: Próprio autor (2015).

Como a ordenha ocorre duas vezes ao dia, a vazão diária foi estimada dobrando o valor do volume gasto em cada período.

A partir das 6 medições realizadas, o valor da vazão para o dimensionamento foi calculado pela média aritmética simples e encontrado o valor de 1,457 m³/dia.

O valor encontrado é relativamente baixo, o que implica em pouca área para a construção do sistema de tratamento.

6.1.2 Lagoa anaeróbia

6.1.2.1 Taxa de aplicação volumétrica (Lv)

De acordo com IAPAR (2014), a temperatura média do ar no mês mais frio, no município de Pato Branco – PR é igual a 14,3°.

Segundo a tabela 05:

$$Lv = (0,02 \times 14,3) - 0,10$$

$$Lv = 0,186 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3.\text{d}$$

6.1.2.2 Carga de DBO total do afluente (L)

Para fins de dimensionamento, foi realizada uma análise do efluente bruto para obter a DBO, onde foi encontrado o valor de 584 mg/L. Porém, para o cálculo, foi usado o valor de 760 mg/L, justificado por um fator de segurança de 30%. A DBO encontrada é relativamente alta, maior que o dobro da encontrada nos esgotos domésticos, o que torna viável o tratamento biológico (VON SPERLING, 2005).

Para calcular a carga de DBO total, foi realizada a multiplicação do valor da DBO encontrada pela vazão de produção do efluente:

$$L = (760 \times 1.457) / 1.000.000$$

$$L = 1,10 \text{ kgDBO}_5/\text{d}$$

6.1.2.3 Volume (V)

De acordo com a equação (1):

$$V = 1,10 / 0,186$$

$$V = 6 \text{ m}^3$$

6.1.2.4 Tempo de detenção (Td)

De acordo com a equação (2):

$$T_d = 6 / 1,457$$

$$T_d = 4 \text{ dias}$$

6.1.2.5 Profundidade (H)

A profundidade adotada foi de 3,5 m.

6.1.2.6 Geometria

As dimensões de Comprimento (L) e Largura (B) foram encontradas a partir do volume e da profundidade e adotando-se $L = 2B$.

$$6 = 3,5 \times 2 \times B^2$$

$$B = 0,95 \text{ m}$$

$$L = 1,85 \text{ m}$$

Segue abaixo, na tabela 08, todas as dimensões necessárias para o dimensionamento:

Tabela 08 – Dimensões da Lagoa Anaeróbia

Volume (m ³)	Profundidade (m)	Comprimento (m)	Largura (m)
6	3,5	1,85	0,95

Fonte: Próprio autor (2015).

6.1.3 Lagoa facultativa

6.1.3.1 Taxa de aplicação superficial (Ls)

Para a taxa de aplicação superficial foram utilizadas a tabela 06 e a equação (4) e feita uma média aritmética entre os 2 valores encontrados.

$$Ls1 = 180 \text{ kgDBO5/ha.d}$$

$$Ls2 = 156 \text{ kgDBO5/ha.d}$$

$$Ls = (180 + 156) / 2$$

$$Ls = 168 \text{ kgDBO5/ha.d}$$

6.1.3.2 Área requerida (A)

De acordo com a equação (3):

$$A = (1,10 \times 0,5) / 168$$

$$A = 33 \text{ m}^2$$

6.1.3.3 Profundidade (H)

A profundidade adotada foi de 1,5 m.

6.1.3.4 Tempo de detenção (Td)

O tempo de detenção adotado foi de 25 dias.

6.1.3.5 Volume (V)

O volume foi calculado multiplicando o tempo de detenção pela vazão:

$$V = 25 \times 1,457$$

$$V = 36,4 \text{ m}^3$$

6.1.3.6 Geometria

As dimensões de Comprimento (L) e Largura (B) foram encontradas a partir do volume e da profundidade e adotando-se $L = 2B$.

$$36,4 = 1,5 \times 2 \times B^2$$

$$B = 3,5 \text{ m}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

Segue abaixo, na tabela 09, todas as dimensões necessárias para o dimensionamento:

Tabela 09 – Dimensões da Lagoa Facultativa

Volume (m ³)	Profundidade (m)	Comprimento (m)	Largura (m)
36,4	1,5	7	3,5

Fonte: Próprio autor (2015).

6.1.4 Taludes

Não foi possível realizar a construção de taludes para a lagoa anaeróbia pois suas dimensões são muito reduzidas.

Para lagoa facultativa os cálculos estão descritos a seguir:

$$\text{Comprimento do fundo} = [7 \times (1,5/2)] - [2 \times 1 \times (1,5/2)]$$

$$\text{Comprimento do fundo} = 3,75\text{m}$$

$$\text{Comprimento no NA} = [7 \times (1,5/2)] + [2 \times 1 \times (1,5/2)]$$

$$\text{Comprimento no NA} = 6,75\text{m}$$

$$\text{Comprimento na crista do talude} = 6,75 + (2 \times 1 \times 0,5)$$

$$\text{Comprimento na crista do talude} = 7,75\text{m}$$

$$\text{Largura no fundo} = [3,5 \times (1,5/2)] - [2 \times 1 \times (1,5/2)]$$

$$\text{Largura no fundo} = 1,125\text{m}$$

$$\text{Largura no NA} = [3,5 \times (1,5/2)] + [2 \times 1 \times (1,5/2)]$$

$$\text{Largura no NA} = 4,125\text{m}$$

$$\text{Largura na crista do talude} = 4,125 + (2 \times 1 \times 0,5)$$

$$\text{Largura na crista do talude} = 5,125\text{m}$$

A figura 04 mostra como ficaram as lagoas após a construção.



Figura 04 – Lagoas Construídas

Fonte: Próprio autor (2015)

6.2 MONITORAMENTO E EFICIÊNCIA DO SISTEMA

Foram realizadas análises de DBO, em 3 datas diferentes, com o objetivo de calcular a eficiência global do sistema. As análises foram realizadas de amostras coletadas na entrada e na saída do sistema (P1 e P2), totalizando 6 medições.

Para realizar o dimensionamento do sistema de tratamento biológico foi calculada a DBO do efluente no dia 08/07/2015, onde foi encontrado o valor de 584 mg/L.

As demais análises foram feitas com o sistema já em funcionamento. Com os resultados de todas as análises, o efluente foi caracterizado com uma DBO média de 604,5 mg/L, uma alta carga orgânica devido aos dejetos dos bovinos, onde o tratamento implementado aparece como uma solução para os problemas de poluição antes encontrados na propriedade, resultante do manejo inadequado desse efluente.

A tabela 10 mostra os resultados das medidas de DBO, as datas das análises realizadas e a eficiência encontrada.

Tabela 10 – Eficiência global do sistema

DBO entrada (mg/L)	DBO saída (mg/L)	Data da análise	Eficiência (%)
552	84	21/09/2015	84,78
674	98	27/10/2015	85,46
608	95,7	09/11/2015	84,26

Fonte: Próprio autor (2015).

Afim de acelerar o início do processo biológico, aproximadamente 80 kg de dejetos bovinos foram despejados na lagoa anaeróbia como inoculo de microrganismos, antes que o sistema entrasse em operação. Passados quatro meses desde que o sistema foi implantado, foi possível realizar três análises, pois levou um mês para que as lagoas estivessem completas com efluente.

Com os resultados obtidos fica evidente que o sistema implementado possui uma eficiência significativa na redução do potencial poluidor resultante da carga orgânica, com uma média de 85%, atendendo o que é proposto na Resolução CONAMA 430, que em seu artigo 18 exige a remoção mínima de 60% de DBO.

6.3 CUSTOS TOTAIS

A tabela 11 apresenta todos os custos do projeto.

Tabela 11 – Custos totais

Item	Valor (R\$)
Geomembrana	2.679,00
Aluguel das máquinas	500,00
Tubulações e conexões	450,00
Análises	90,00
Mão de obra	200,00
Total	3919,00

Fonte: Próprio autor (2015).

7 CONCLUSÃO

A partir da implantação e decorridos 4 meses de operação do sistema lagoa anaeróbia seguido de lagoa facultativa foi observada a mitigação de problemas antes presentes na propriedade em estudo, como a contaminação do solo e água e a dificuldade de acesso dos funcionários e animais. Além do principal objetivo do projeto, que foi a diminuição significativa na carga poluidora do efluente, utilizando-se como parâmetro a demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Após o término do projeto, com as lagoas em funcionamento, o efluente é tratado biologicamente e enviado ao corpo hídrico com menor carga orgânica e o local onde o efluente era destinado no solo pode voltar a ser utilizado para o plantio de pastagens para os animais.

Portanto o sistema lagoa anaeróbia seguido de lagoa facultativa surge como uma solução para o descarte de efluentes provenientes da bovinocultura leiteira, sendo possível implementar em propriedades (de pequeno a grande porte) após estudos de viabilidade técnica e econômica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

CAMPOS, Kilmer Coelho; PIACENTI, Carlos Alberto. Agronegócio do leite: cenário atual e perspectivas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL- SOBER, 45., 2007, Londrina. **Anais...** Brasília-DF: SOBER, 2007. v. 45, p. 1-19. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/ri/ha-*ndle/riufc/5424>. Acesso em: 10 abr. 2015.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2015.

COSTA, Antonio Marcos Tubiana de. **Codigestão anaeróbia de resíduos bovinos e suínos: caracterização química e produção de biofertilizante para uso em cultura de milho**. 2014. 156 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.

DECEZARO, Samara Terezinha. **Tratamento de águas residuárias de bovinocultura de leite no Brasil – situação atual e possibilidades**. 2013. 89 f. TCC (Obtenção de grau em Engenharia Ambiental) – Departamento de ciências agrônômicas e ambientais, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2013.

GOOGLE. **Google Earth website**. 2015. Disponível em <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 20 mai. 2015.

GOMES, Aloísio Teixeira; ZOCCAL, Rosângela. Zoneamento da produção de leite no Brasil. In: XLIII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2005, Ribeirão Preto. **Sistemas Agroalimentares e Cadeias Agroindustriais**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/773.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

GOMES, Sebastião Teixeira. Diagnóstico e perspectivas da produção de leite no Brasil. **AS Cadeia de lácteos no Brasil: restrições ao seu desenvolvimento**. Brasília: MCT/CNPq, p. 21-37, 1999.

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. **Médias Históricas de Pato Branco** (2014). Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Pato_Branco.htm>. Acesso em: 12 jul. 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Agropecuária. **Produção Pecuária Municipal**, p. 1-55, 2011. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2011/ppm2011.pdf>. Acesso em 04 abr. 2015.

JOHANN, Adriana da Silva Tronco. **Desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluente da limpeza dos currais de gado leiteiro**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2010.

OZELAME, Lisiane. **Impactos ambientais da bovinocultura leiteira em propriedades rurais de Constantina-RS**. 2013. 68 f. TCC (Obtenção do título de Tecnólogo em Desenvolvimento Rural. Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Constantina, 2013.

MAIA, Guilherme Baptista da Silva et al. Produção leiteira no Brasil. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 37, p. 371-398, 2013. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1514/1/A%20mar37_09_Produ%C3%A7%C3%A3o%20leiteira%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2015.

MATOS, Antônio Teixeira. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental / UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAYNoAL/tratamento-residuos-agroindustriais>>. Acesso em: 04 mai. 2015.

PELLISSARI, Catiane. **Tratamento de efluente proveniente da bovinocultura de leite empregando wetlands construídos de escoamento subsuperficial**. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

POHLMANN, Marcelo. **Levantamento de Técnicas de Manejo de Resíduos da Bovinocultura Leiteira no Estado de São Paulo**. 2000. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.



ROSTON, Denis Miguel; SILVA, Eduardo da. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2010.

SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Cultura - Análise da Conjuntura Agropecuária** (2013). Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/leite_2012_13.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2015.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de estabilização**. 2. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

ANEXO A – Nota fiscal de compra da geomembrana

RECEBEMOS DE BIOTER PROTEÇÃO AMBIENTAL LTDA OS PRODUTOS E/OU SERVIÇOS CONSTANTES DA NOTA FISCAL INDICADA AO LADO.		NF-e Nº 11188 SÉRIE 1	
DATA DE RECEBIMENTO	IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBEDOR (10937 - EDUARDO ALBANI DALA COSTA)		
 Bioter Proteção Ambiental Ltda. BIOTER PROTEÇÃO AMBIENTAL LTDA RUA ASSIS BRASIL, 539 - D. CENTRO CHAPECO - SC - 89814-210 49-3322-2061 www.bioter.com.br bioter@bioter.com.br		D A N F E DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL ELETRÔNICA 0 - ENTRADA 1 1 - SAÍDA Nº : 11188 SÉRIE: 1 FL: 1 / 1	
		 CHAVE DE ACESSO 4215 0702 2364 3600 0100 5500 1000 0111 8810 0000 8851	
NATUREZA DA OPERAÇÃO 6.107 - VENDA DE PRODUÇÃO DO ESTAB. DEST. A NÃO CONTRIBUINTE		DADOS DA NF-E 342150085600342 28/07/2015 16:50:19	
INSCRIÇÃO ESTADUAL 254000762	INSC. ESTADUAL DO ST	CNPJ 02.236.436/0001-00	
DESTINATÁRIO / REMETENTE			
NOME / RAZÃO SOCIAL 10937 - EDUARDO ALBANI DALA COSTA		CNPJ 077.852.799-93	DATA DE EMISSÃO 28/07/2015
ENDEREÇO RUA ARTUR BERNARDES 380		BAIRRO / DISTRITO BRASILIA	CEP DATA DE ENTREGA
MUNICÍPIO PATO BRANCO	FONE/FAX 46-3224-4014	UF PR	INSCRIÇÃO ESTADUAL ISENTO
		HORA DE SAÍDA 16:50:00	
FATURA			
NUMERO 11188/1	VENCIMENTO 12/08/2015	VALOR 2.679,00	
CÁLCULO DE IMPOSTO			
BASE CÁLCULO DO ICMS 882,73		VALOR DO ICMS 150,06	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS 2.679,00
BASE DO FRETE 0,00		BASE DO SEGURO 0,00	VALOR DO ICMS ST 0,00
		DESCONTO 0,00	VALOR DO IPI 0,00
		DESPESAS ACESSÓRIAS 0,00	VALOR TOTAL DA NOTA 2.679,00
TRANSPORTADOR/VOLUMES TRANSPORTADOS			
RAZÃO SOCIAL 0 -		FRETE POR CONTA 1 - EMIENTE 2 - DESTINATÁRIO 1	CNPJ
ENDEREÇO 0		MUNICÍPIO	UF
QUANTIDADE 188,000	ESPECIE NI	MARCA NI	INSC. ESTADUAL
		NUMERAÇÃO 0	PESO BRUTO 0,000
		PESO LIQUIDO 2,000	
DADOS DOS PRODUTOS/SERVIÇOS			
CÓDIGO 4002	PRODUTOS/SERVIÇOS 01 - RESERVATORIO EM PEAD 0,8MM Valor Aproximado dos Tributos R\$ 842,55 (31,45%) FONTE: IBPT	NCM/SH 39251000	CST 020
		CFOP 6.107	UN M2
		QUANT. 235,00	VL. UNIT. 11,40
		VL. TOTAL 2.679,00	B. C. ICMS 882,73
			VALOR ICMS 150,06
			VALOR IPI 0,00
			ALIQ. ICMS 17,00
			ALIQ. IPI 0,00
CÁLCULO DO ISSQN			
INSCRIÇÃO MUNICIPAL 23887-2	VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS 0,00	BASE DE CÁLCULO DO ISSQN 0,00	VALOR DO ISSQN 0,00
DADOS ADICIONAIS			
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES ICMS- REDUCAO DE BASE DE CALCULO DE 41,66% CONFORME ANEXO II, ARTIGO 9, PARAGRAFO II, ALINEA B DO		RESERVADO AO FISCO	
DADOS ADICIONAIS NRO. PROTOCOLO: 342150085600342 - DATA DE AUTORIZAÇÃO: 28/07/2015 16:50:19 Valor Aproximado dos Tributos R\$ 842,55 (31,45%) Fonte:IBPT			

ANEXO B – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1306 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: Efluente Bruto
Data da coleta: 08/07/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 08/07/15
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1306/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	961,0 mg.L⁻¹ O₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	584,0 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Data: 13/07/15

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO C – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1423 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: 1 - Bruto
Data da coleta: 21/09/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 21/09/14
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1423/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	552,0 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Data: 29/09/15

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO D – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1424 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: 2 - Tratado
Data da coleta: 21/09/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 21/09/15
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1424/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	84,0 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Data: 29/09/15

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO E – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1528 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: 1 - Bruto
Data da coleta: 27/10/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 27/10/15
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1528/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	1042,0 mg.L⁻¹ O₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	674,0 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco – PR, 11 de novembro de 2015.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
 Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO F – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1529 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: 2 - Tratado
Data da coleta: 27/10/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 27/10/15
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1529/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	184,0 mg.L⁻¹ O₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	98,0 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco – PR, 11 de novembro de 2015.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO G – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1545 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: 1 - Bruto
Data da coleta: 09/11/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 09/11/15
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1545/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	920,0 mg.L⁻¹ O₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	608,0 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco – PR, 16 de novembro de 2015.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br

ANEXO H – Laudo técnico de análise de efluente



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Unidade Pato Branco
 Laboratório de Qualidade Agroindustrial
LAQUA - Alimentos e Água



LAUDO DE ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA N°. 1546 UTFPR/2015

Solicitante: Eduardo Dala Costa
Coletor da Amostra: Eduardo Dala Costa
Produto: Efluente
Identificação da amostra: 2 - Tratado
Data da coleta: 09/11/15
Data do recebimento da amostra no laboratório: 09/11/15
Cidade/Estado: Francisco Beltrão - PR
N°. de registro: 1546/2015

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados
Demanda Química de Oxigênio - DQO	188,0 mg.L⁻¹ O₂
Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO₅ dias	95,7 mg.L⁻¹ O₂

Metodologia Utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, 2005, 21ª ed.

Pato Branco – PR, 16 de novembro de 2015.

Prof. Me. Pedro Paulo Pereira
 CRQ 09300206 IX Região
Responsável Técnico

Registro no CRQ – 02335 de acordo com a lei 2.800 de 18/06/1956

Via do Conhecimento km 01, Cx. Postal 571 – Pato Branco – PR CEP: 85.501-970
 FONE: (46)3220-2537 e-mail: laqua-pb@utfpr.edu.br