



EDÚ MAX DA SILVA

**SISTEMAS NATURAIS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS
LÍQUIDOS DE BOVINOCULTURA DE LEITE**

**CAMPINAS
2013**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

EDÚ MAX DA SILVA

**SISTEMAS NATURAIS PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS
LÍQUIDOS DE BOVINOCULTURA DE LEITE**

Tese de Doutorado submetida à banca examinadora para
obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola
na Área de Concentração em Água e Solo.

Orientador: Prof. Dr. DENIS MIGUEL ROSTON

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA PELO ALUNO **EDÚ MAX DA SILVA**
ORIENTADO PELO PROF. DR DENIS MIGUEL ROSTON

A handwritten signature in blue ink is positioned over a horizontal line. The signature is stylized and appears to read "Edú Max da Silva".

**CAMPINAS
2013**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Si38s Silva, Edú Max da, 1954-
Sistemas naturais para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite / Edú Max da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Denis Miguel Roston.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Leite cultivado. 2. Tratamento de efluentes. 3. Bovino de leite. 4. Bovino de leite - Criação. I. Roston, Denis Miguel, 1951-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Natural systems for treating liquid waste from dairy production

Palavras-chave em inglês:

Wetland

Effluent treatment

Dairy cattle

Dairy cattle - Creating

Área de concentração: Água e Solo

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora:

Denis Miguel Roston [Orientador]

Ronaldo Stefanutti

José Luiz de Andrade Rezende Pereira

Luciano Zanella

José Euclides Stipp Patemiani

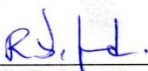
Data de defesa: 20-12-2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Edú Max da Silva**, aprovada pela Comissão Julgadora em 20 de dezembro de 2013, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Prof. Dr. Denis Miguel Roston – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti – Membro Titular
UFC



Prof. Dr. José Luiz de Andrade Rezende Pereira - Membro Titular
IFSULDEMINAS



Dr. Luciano Zanella - Membro Titular
IPT



Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani - Membro Titular
Feagri/Unicamp

Campinas, 20 de Dezembro de 2013.

RESUMO

A pecuária moderna enfrenta grandes desafios para estabelecer o equilíbrio das estreitas relações entre: produção intensiva, saúde animal e sustentabilidade ambiental. Contudo, ainda existe uma grande lacuna entre a produtividade animal e o meio ambiente. Os prejuízos ambientais podem tornar-se ainda maiores quando esses resíduos orgânicos são arrastados ou lançados diretamente nos cursos d'água, fato que pode reduzir de forma drástica os teores de oxigênio dos corpos hídricos receptores e provocar a eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas. Os dejetos também podem causar contaminação do solo, do ar e se dispostos ao lado das instalações, podem contribuir para a proliferação de moscas, roedores e tornarem-se repugnantes, devido ao aspecto e odor. De Julho/2012 a Agosto/2013, a estação de tratamento para resíduos líquidos da Unidade Educativa de produção (UEP) - animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes foi avaliada quanto a sua eficiência de remoção. O sistema de tratamento era composto de unidades de retenção de sólidos, reator anaeróbio compartimentado e “wetland” construído. As eficiências de redução dos parâmetros analisados foram: Sólidos Totais (ST) - 95 %, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) - 95%, Sólidos Sedimentáveis ($SS_{ed.}$) - 100%, Demanda Química de Oxigênio (DQO) - 99%, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) - 97%, Nitrogênio Amoniacal - 93%, Nitrato (NO_3^-) - 88%, Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) - 96% e Fósforo (P) - 93%. A partir dos resultados obtidos, pode-se recomendar o sistema proposto como alternativa tecnológica para tratamento de resíduos líquidos de instalações e equipamentos de bovinocultura de leite.

Palavras-chave – Leite cultivado, tratamento de efluente, bovino de leite, bovino de leite - criação.

ABSTRACT

The modern dairy production faces big challenges to balancing the close relations between intensive production, animal health and environmental sustainability. The increase in the number of concentrated animal feeding operations, mainly dairy production, may increase proportionally the amount of waste produced, which can impact severely the environment especially when there are no treatment systems for those organic wastes. Environmental damage may become even greater when the organic wastes are dragged directly into waterways, which greatly reduces the levels of oxygen causing eutrophication of rivers, streams, lakes and ponds. The waste can also cause contamination of soil, air and disposed adjacent to the premises, may contribute to the proliferation of flies, rodents and become loathsome because of appearance and unpleasant odor. This work proposed a treatment plant to treat waste from dairy production composed by retention solids units, anaerobic baffled reactor and constructed wetland. The system was evaluated from July/ 2012 to August/2013. The results obtained regarding system efficiency in removal/reduced the analyzed parameters were: Total Solids (TS) - 95%, Total Dissolved Solids - 95%, Settling Solids - 100%, Chemical Oxygen Demand (COD) - 99%, Biochemical Oxygen Demand (BOD) - 97%, Ammonia Nitrogen - 93%, Nitrate - 88%, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) - 96% and Phosphorus (P) - 93%. According to the results, the system proposed may be considered as a technological alternative to treat liquid waste from facilities and equipment from dairy production.

Keywords - Constructed wetland, effluent treatment, dairy production.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Justificativa	02
1.2. Hipótese	05
2. OBJETIVOS	06
2.1. Objetivo Geral	06
2.2. Objetivos Específicos	06
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
3.1. Pecuária bovina no Brasil	07
3.2. Importância econômica da pecuária leiteira	07
3.3. Instalações para bovinocultura de leite	08
3.3.1. Sala de ordenha	08
3.3.2. Sala de leite	09
3.3.3. Sistema free-stall	09
3.4. Manejo de ordenha	10
3.4.1. Ordenha mecânica	10
3.5. Alimentação dos bovinos	11
3.6. Defecação e micção dos bovinos	11
3.7. Esterco de curral	12
3.7.1. Características dos dejetos de bovinos	13
3.7.2. Características dos efluentes líquidos de bovinocultura de leite	13
3.8. Resíduos líquidos de animais confinados e seus impactos ambientais	14
3.9. Matéria orgânica carbonácea	14
3.10. Nitrogênio (N)	15
3.11. Fósforo (P)	16
3.12. Tratamento de efluentes	16
3.12.1. Gestão de efluentes pecuários	17
3.12.2. Contaminação do solo e recursos hídricos	17

3.13. Técnicas de tratamento de resíduos líquidos de animais confinados	17
3.13.1. Tratamento biológico	18
3.13.2 Tratamento físico	19
3.13.2.1. Caixas para separação de sólidos	19
3.13.2.2. Tanque de equalização	20
3.13.2.3. Caixas de Gordura	20
3.13.2.4. Filtro de Pedregulho	21
3.13.2.5. Leito de secagem	22
3.14. Sistemas naturais para tratamento de águas residuárias	22
3.14.1 Processo anaeróbio	23
3.14.2. Reatores anaeróbios	23
3.14.3. Reator anaeróbio compartimentado	24
3.15. Wetland Construído	24
3.15.1. Pesquisas realizadas com Wetland Construído	28
3.15.2. Classificação de Wetlands Construídos	29
3.15.2.1. Wetland Construído Horizontal de Fluxo Superficial (WCHFS)	29
3.15.2.2. Wetland Construído Horizontal de Fluxo Subsuperficial (WCHFSS)	29
3.15.3. Processos de remoção de poluentes em WCHFSS	30
3.15.3.1. Remoção de matéria orgânica em WCHFSS	31
3.15.3.2. Remoção de Sólidos em WCHFSS	31
3.15.3.3. Formas de Remoção de Nitrogênio em Wetlands Construídos	32
3.15.3.3.1. Amonificação	33
3.15.3.3.2. Nitrificação	33
3.15.3.3.3. Desnitrificação	33
3.15.3.4. Remoção de Fósforo (P) em Wetlands Construídos	34
3.15.4. Limitação do mecanismo de remoção em WCHFSS	34
3.15.5.1. Limitações hidrológicas	35
3.16. Macrófitas aquáticas	35
3.16.1. Macrófitas aquáticas no tratamento de águas residuárias	35
3.16.2. Assimilação pelas plantas	36
3.16.3. Mini papiro (<i>Cyperus papyrus nanus</i>)	37

3.16.4. Wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial como pós-tratamento de efluentes anaerobiamente pré-tratados	38
4. MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1. Local do Experimento	41
4.2. Composição e manejo do rebanho leiteiro	42
4.3. Instalações leiteiras da UEP animais de grande porte – bovinocultura leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes	42
4.3.1. Curral de espera	42
4.3.2. Sala de ordenha	45
4.3.3. Sala de leite	47
4.3.4. Free-stall	49
4.4. ETE da UEP animais de grande porte – bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	51
4.4.1 Sistema de captação de resíduos líquidos	55
4.4.2. Unidades da ETE “Sistemas Naturais para Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite”, UEP do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes	56
4.4.2.1 Caixas de separação e desidratação de sólidos orgânicos	56
4.4.2.2. Lançamento do efluente bruto	58
4.4.2.3. Volume de sólidos desidratados nas caixas de retenção	60
4.4.2.4. Limpeza das caixas de retenção	61
4.4.2.5. Tanque de equalização	63
4.4.2.6. Caixa de Gordura	65
4.4.2.7. Filtro (ascendente) de seixo rolado	67
4.4.2.8. Reator anaeróbio compartimentado	69
4.4.2.9. WCHFSS vegetado com macrófita	71
4.4.2.10. Leito de Secagem	74
4.5. Caracterização dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite	76
4.6. Evapotranspiração no WCHFSS	76
4.7. Análises Laboratoriais das amostras coletadas	77

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	78
5.1. Caracterização dos resíduos líquidos da bovinocultura de leite	82
5.2. - Valores de concentração e percentagens de eficiência das unidades da ETE	87
5.2.1. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção das caixas de retenção e canal de decantação	87
5.2.2. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção do tanque de equalização	90
5.2.3. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção das caixas de gordura	94
5.2.4. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção do filtro ascendente de seixos rolados	97
5.2.5. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção do reator anaeróbio compartimentado (RAC)	100
5.2.6. Variação dos valores de pH nas unidades da ETE implantada na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	103
5.2.7. Valores de concentração afluente, efluente e as percentagens de eficiência total de remoção da concentração dos parâmetros avaliados na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	104
5.2.8. Eficiência do WCHFSS na remoção da carga dos parâmetros analisados para o tratamento dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	106
5.2.9. Variação dos valores afluente e efluente do pH no wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS)	109
5.3. Caracterização do efluente tratado da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	114
5.3.1 Concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT no efluente tratado	114
5.3.2. Concentração dos parâmetros DBO ₅ , NTK e N-Amoniacal no efluente tratado	114
5.3.3. Concentração dos parâmetros: Sólidos Sedimentáveis, Fósforo e Nitrato no efluente tratado	115
5.4. Volume de água consumido na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	117

5.5. - Evapotranspiração do WCHFSS	118
5.6. Volume de sólidos armazenados nas caixas de retenção	118
6. CONCLUSÕES	120
7. RECOMENDAÇÕES	122
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	123

**Aos meus Pais, Edú e Maria,
Esposa, Maria Terêsa
Filhos, Marilya, Matheus e Heloisa,
Netos, Igor e Francisco,
Genros, Nora e Familiares,
Dedico**

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Denis, pela constante disposição na orientação com dedicação e amizade;

Ao Prof. Paterniani, pela cooperação, atenção e amizade;

Ao Giovani A. Brota (Laboratório de Saneamento da FEAGRI), pela compreensão e muita dedicação na orientação da condução das análises;

Talita Castanho, meus sinceros agradecimentos pela dedicação e parceria nas análises no Laboratório de Saneamento da FEAGRI;

Luciano Zanella, meus agradecimentos pelas visitas ao local da ETE, as colaborações, orientações e a disponibilidade quanto foi solicitado;

Marcellus A. A. Valentim, pelo auxílio no dimensionamento da ETE;

Marta A. R. Vechi e Fábio E. D. Augusto (Coordenadoria de Pós-Graduação), Sergio Lopes (Laboratório de Hidrologia), Rosangela M. S. Parreira (Secretaria da Diretoria) meus agradecimentos especiais;

Aos Diretores do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes, Prof. Paulo Roberto Ceccon e Prof. Ademir José Pereira, pela parceria na implantação da ETE;

Aos meus parceiros, professores Cintia e Delmo - IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes;

Ao CNPQ pelo financiamento na implantação da ETE;

A CAPES pela bolsa, fundamental para o financiamento e manutenção da ETE avaliada;

Aos Professores e funcionários FEAGRI pela compreensão e orientação;

Sinceros agradecimentos aos funcionários do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes: Sergio Diogo, Jesus Bento (Pedrão), Júlio C. Almeida;

Aos funcionários terceirizados do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes, João Aparecido Santos (Esquerdinha), Silvio A. Santos, Agnaldo R. Aguillar, Benedito Diogo (Bico), Antônio José Manoel (Mané), Cássio Fabiano (Fabiano) e Helton Rogério (Rogério);

A todos que, de alguma forma, colaboraram e participaram para a conclusão de mais uma etapa.

“Se as cidades forem destruídas e os campos conservados,
as cidades ressurgirão; mas, se destruírem os campos,
as cidades não sobreviverão”

Benjamim Franklin

LISTA DE QUADROS:

Quadro 01 - Composição e categoria animal do rebanho leiteiro	42
Quadro 02 - Consumo médio de água por dia para higienizar a sala de ordenha	46
Quadro 03 - Consumo médio de água por dia na sala de leite	49
Quadro 04 - Consumo médio de água por dia para lavar as canaletas centrais do free-stall	50
Quadro 05: Parâmetros avaliados e métodos utilizados nas análises	77
Quadro 06 - Resumo das concentrações dos parâmetros que caracterizaram o efluente bruto	84
Quadro 07 - Comparação dos resultados: ETE Sistemas Naturais e Sistemas de Lagoa	85
Quadro 08 - Comparação entre resíduos líquidos de sala de ordenha e efluente domésticos	86
Quadro 09 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros, DQO, ST e SDT nas caixas de retenção e canal de decantação	87
Quadro 10 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros, DBO ₅ , NTK e N-Amoniacal nas caixas de retenção e canal de decantação	88
Quadro 11 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros: Sólidos Sedimentáveis, Fósforo e Nitrato nas caixas de retenção e canal de decantação	89
Quadro 12 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros: DQO, ST, SDT e DBO ₅ no tanque de equalização	90
Quadro 13 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no tanque de equalização	92
Quadro 14 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros SS _{ed} , Fósforo e Nitrato no tanque de equalização	93
Quadro 15 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO ₅ nas caixas de gordura	94
Quadro 16 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal nas caixas de gordura	95

Quadro 17 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato nas caixas de gordura	96
Quadro 18 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO_5 no pré-filtro ascendente de seixo rolado	97
Quadro 19 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no filtro ascendente de seixos rolados	98
Quadro 20 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato no filtro ascendente de seixos rolados	99
Quadro 21 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO_5 no reator anaeróbio compartimentado (RAC)	100
Quadro 22 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no reator anaeróbio compartimentado (RAC)	101
Quadro 23 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros SS, Fósforo e Nitrato no reator anaeróbio compartimentado (RAC)	102
Quadro 24 - Valores do pH afluyente e efluente do WCHFSS	103
Quadro 25 - Resumo das concentrações afluyente, efluente e percentagens de eficiência da ETE da UEP bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	104
Quadro 26 - Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes confrontado com os Resultados dos Parâmetros do Efluente Tratado	105
Quadro 27 - Valores da carga afluyente, efluente e percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros avaliados no WCHFSS	107
Quadro 28 - Valores do pH afluyente e efluente do WCHFSS	110
Quadro 29 - Resumo das concentrações afluyente, efluente e percentagens de eficiência das unidades Caixa de Retenção - Canal de Decantação e Tanque de Equalização	111
Quadro 30 - Resumo das concentrações afluyente, efluente e percentagens de eficiência da unidade Caixas de Gordura e Filtro Ascendente de Seixos Rolados	112
Quadro 31 - Resumo das concentrações afluyente, efluente e percentagens de eficiência das unidades RAC e WCHFSS	113

Quadro 32 - Caracterização do efluente tratado, resumo das concentrações dos parâmetros

117

Quadro 33 - Volume de água por dia transformado em resíduos líquidos de bovinocultura de leite

117

LISTA DE FIGURAS:

Figura 01 - Lagoa localizada ao lado do acesso principal da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	03
Figura 02 - Área assoreada na entrada da lagoa da UEP - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes	03
Figura 03 - Quantidade expressiva de matéria orgânica na área assoreada da lagoa	04
Figura 04 - Esquema de Caixa de Gordura Circular	21
Figura 05 - Caracterização do wetland construído	25
Figura 06 - <i>Cyperus papyrus nanus</i> (Mini Papiro)	37
Figura 07 - Localização da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes	41
Figura 08 - Processo de raspagem do esterco sólido do curral de espera	43
Figura 09 - Retirada do esterco sólido da esterqueira para a carreta de distribuição	43
Figura 10 - Distribuição manual de esterco sólido nas capineiras	44
Figura 11 - Distribuição mecânica de esterco sólido nas áreas de cultura	44
Figuras 12 - Higienização da sala de ordenha da UEP bovinocultura leite	45
Figura 13 - Lavagem manual de paredes da sala de ordenha	46
Figura 14 - Destaque para o ponto de saída do efluente oriundo da higienização da ordenhadeira mecânica	47
Figura 15 - Higienização do tanque de expansão na sala de leite	48
Figura 16 - Lavagem das paredes e piso da sala de ordenha	48
Figura 17 - “Free-stall” da bovinocultura leite	49
Figura 18 - Grelha de ferro que protege a canaleta coletora do efluente bruto do “free-stall”	50
Figura 19 - Área para implantação da ETE	51
Figura 20 - Esquema da ETE: “ <i>Sistemas Naturais para Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite</i> ”, implantada na UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes/MG	52

Figura 21 - Placa de identificação da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de Leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	56
Figura 22 - Encanamento específico e detalhe interno das caixas de alvenaria	56
Figura 23 - 1ª Unidade - Vista geral das Caixas de Retenção da ETE	57
Figura 24 - Vista superior das quatro paredes divisórias das caixas de retenção	57
Figura 25 - Disposição das grelhas na face posterior das caixas de retenção	58
Figura 26 - Aparência dos resíduos líquidos lançados nas caixas de retenção	59
Figura 27 - Processo de drenagem da fração líquida do efluente armazenado nas caixas de retenção	59
Figura 28 - Aparência e quantidade de sólidos armazenados nas caixas de retenção	60
Figura 29 - Pontos de coleta das amostras de sólidos desidratados e aparência da amostra composta	61
Figura 30 - Retirada manual dos sólidos desidratados das caixas de retenção	61
Figura 31 - Canaleta comum às quatro caixas de retenção. Destaque para a grelha de fibrocimento	62
Figura 32 - Canal de decantação destaque para os stop logs	63
Figura 33 – Esquema projetado para o tanque de equalização	64
Figura 34 - Tanque de equalização	64
Figura 35 - Bomba elétrica, painel digital e contador de tempo	65
Figura 36 - Esquema do fluxo de efluente nas caixas de gordura	66
Figura 37 - Sequência de cinco caixas para separação dos sólidos	66
Figura 38 - Caixa de gordura vista de cima, detalhe da placa de fibra plástica que divide ao meio a unidade	67
Figura 39 - Esquema de funcionamento do filtro de pedras e detalhe do encanamento de fundo	68
Figura 40 - Vista lateral do filtro de seixo e do encanamento de fundo da unidade	68
Figura 41 - Granulometria das pedras que formam o meio filtrante do pré-filtro de seixo rolado	69
Figura 42 - Esquema do fluxo do efluente nas câmaras do reator anaeróbio compartimentado	70
Figura 43 - RAC em construção e lacrado com as placas de concreto	70

Figura 44 - Esquema de funcionamento de um wetland construído de fluxo horizontal	71
Figuras 45 - Wetland construído vegetado com Mini Papiro da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes	72
Figura 46 - Ponto de entrada do efluente no wetland construído	73
Figura 47 - Ponto de saída do efluente tratado do wetland da ETE da UEP bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	73
Figura 48 – Fluxo do efluente no wetland construído	74
Figura 49 - Etapas da construção, cano recortado na borda superior (à esquerda), protegido com grelhas de fibrocimento (ao centro) e o assentamento dos blocos sextavados (à direita)	75
Figura 50 - Lançamento e processo de desidratação do lodo bruto	75
Figura 51 - Caixa de armazenamento do efluente do leito de secagem	76
Figura 52 - Esquema inicial das unidades da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes	78
Figura 53 - Aparência do wetland construído invadido pela erva Trapoeraba	79
Figura 54 - Presença de matéria orgânica sobre o meio suporte do wetland	79
Figura 55 - Wetland construído com destaque para as folhas secas do capim vetiver	80
Figura 56 - Destaque para as áreas sem vegetação de plantas no wetland construído	81
Figura 57 - Concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT nos resíduos líquidos de bovinocultura de leite	82
Figura 58 - Concentração dos parâmetros DBO ₅ , NTK e N-Amoniacal nos resíduos líquidos de bovinocultura de leite	83
Figura 59 - Concentração dos parâmetros Sólidos Sedimentáveis (SS _{ed.}), Fósforo (P) e Nitrato (NO ⁻³) dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite	83
Figura 60 - Eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST e SDT nas caixas de retenção e canal de decantação	88
Figura 61 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DBO ₅ , NTK e N-Amoniacal nas caixas de retenção e canal de decantação	89
Figura 62 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS _{ed.} , Fósforo e Nitrato nas caixas de retenção e canal de decantação	90

Figura 63 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO ₅ no tanque de equalização	91
Figura 64 – Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no tanque de equalização	92
Figura 65 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS _{ed.} , Fósforo e Nitrato no tanque de equalização	93
Figura 66 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO ₅ nas caixas de gordura nas caixas de gordura	94
Figura 67 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal nas caixas de gordura	95
Figura 68 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS _{ed.} , Fósforo e Nitrato nas caixas de gordura	96
Figura 69 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO ₅ no filtro ascendente de seixos rolados	97
Figura 70 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no filtro ascendente de seixos rolados	98
Figura 71 – Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS _{ed.} , Fósforo e Nitrato no filtro ascendente de seixos rolados	99
Figura 72- Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO ₅ no reator anaeróbio compartimentado (RAC)	100
Figura 73 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no reator anaeróbio compartimentado (RAC)	101
Figura 74 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS _{ed.} , Fósforo e Nitrato no reator anaeróbio compartimentado (RAC)	102
Figura 75 - Variação dos valores do pH afluente e efluente do WCHFSS	103
Figura 76 - Variação dos valores do pH ao longo das unidades da ETE	110
Figura 77 - Concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT no efluente tratado de bovinocultura de leite	1114
Figura 78 - Concentração dos parâmetros DBO ₅ , NTK e N-Amoniacal do efluente tratado de bovinocultura de leite	115

- Figura 79 - Concentração dos parâmetros Sólidos Sedimentáveis ($SS_{ed.}$), Fósforo (P) e Nitrato (NO_3^-) do efluente tratado de bovinocultura de leite 116
- Figura 80 – Aparência do efluente bruto (A) e do efluente tratado (B) na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes 116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

ACGHMG: Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais

c: Comprimento

cm: Centímetro

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio (mgL-1)

DQO: Demanda Química de Oxigênio (mgL-1)

ETE: estação de tratamento de efluente;

FEAGRI: Faculdade de Engenharia Agrícola

FS: Fluxo superficial

FSS: Fluxo Subsuperficial

g: Grama

h: Altura

H/brita: altura da brita no leito cultivado

H/efet.: altura do efluente dentro do leito cultivado

HPB: holandês preto e branco

H/total: altura total do leito cultivado

IFSULDEMINAS: Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia;

Kg: Quilo

l: Largura

L: Litro

M: Metro

m²: Metro quadrado

m³: Metro cúbico

mg: Miligrama

MG: Minas Gerais

N: Nitrogênio

NH₃-N: Nitrogênio Amoniacal

NH₄⁺: Íon amônio

NO₃⁻: Nitrato

N-total: Nitrogênio Total

P: Fósforo

pH: Potencial Hidrogeniônico

P-Total: Fósforo Total

PVC: Policloreto de Vinila

RAC: Reator Anaeróbio Compartimentado

SPACs : Sistemas de Produção de Animais Confinados

SDT: Sólidos Dissolvidos Totais

SS_{ed}: Sólidos Sedimentáveis

ST: Sólidos Totais

TDH: Tempo de Detenção Hidráulica

UEP: Unidade Educativa de Produção;

UNICAMP/SP: Universidade Estadual de Campinas / São Paulo

V: volume

WCH: Wetland Construído horizontal

WCFH: Wetland Construído de fluxo horizontal

WCV: Wetland Construído Vertical

WCFV: Wetland Construído de fluxo vertical

WCHFS - Wetland Construído Horizontal de Fluxo Superficial

WCHFSS – Wetland Construído Horizontal de Fluxo Subsuperficial

1. INTRODUÇÃO

As condições de clima e solo permitem a exploração da pecuária leiteira em todo o território brasileiro, conforme as particularidades regionais. Apesar do constante crescimento, a bovinocultura leiteira brasileira ainda não tem um padrão de produção, a heterogeneidade dos sistemas de produção vai desde propriedades de subsistência até sistemas comparáveis aos mais eficientes do mundo (ALMEIDA, 2000).

Para atender as exigências do crescente aumento da população humana por alimentos, o manejo de animais confinados, é uma das opções para aumentar a produção e a produtividade dos animais. No caso em questão, o confinamento de vacas leiteiras também aumenta a quantidade de dejetos e quando não há sistemas de tratamento e ou aproveitamento dos resíduos orgânicos, comumente, os dejetos são carregados para os cursos d'águas (OLIVEIRA, 1993).

Água com qualidade adequada para o consumo humano e animal vem se tornando cada vez mais insuficiente, o que tem chamado à atenção da comunidade científica e da sociedade organizada para a fragilidade dos ciclos naturais responsáveis pela renovação da água (RODRIGUES et al., 2012).

Como consequência do crescimento vertiginoso das atividades urbanas e agropecuárias, experimentado pela maioria dos países em desenvolvimento e desenvolvido, há indicativos de que a qualidade da água pode ser comprometida, de maneira tal, que o homem ainda não dispõe de meios para reversão do problema (RODRIGUES et al., 2012). Os desmatamentos irracionais diminuíram consideravelmente o volume d'água nos mananciais, que somado ao aumento de lançamento de dejetos, o prejuízo em algumas áreas no período da estiagem, torna o problema ainda mais visível (HUSSAR, 2001).

1.1. JUSTIFICATIVA

O confinamento de animais domésticos é um tipo de criação reconhecidamente de alta tecnologia, produtividade e regularidade de produção, no entanto, produz grandes quantidades de dejetos que de alguma forma necessitam ser reciclados. No Brasil, o destino dos efluentes na maioria das instalações produtoras de leite foi e continua sendo os cursos d'água utilizam-se do ultrapassado método da diluição como uma das únicas formas para eliminar os resíduos líquidos gerados. STEINFELD et al., (1997) e DELGADO et al. (1999), estão preocupados com a possibilidade de que a alta concentração de animais confinados aumente a poluição e se preocupam também com os efeitos em termos de saúde pública, tanto pelo aumento do consumo de gordura animal, quanto pelo risco de transmissão de enfermidades (zoonoses). Com o aumento do numero de animais por propriedade, os rios, que até então eram o principal local de destino dos dejetos dos animais, não mais se mostram capazes de comportar o despejo desses resíduos não tratados, que se tornaram num fator de desequilíbrio ambiental, destacando-se a morte de peixes, proliferação de moscas e mosquitos e a contaminação dos recursos hídricos por nitrogênio, fosforo e organismos de riscos sanitários.

A Unidade Educativa de Produção (UEP) animais de grande porte - bovinocultura de leite do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) - Campus Inconfidentes, não era exceção à regra. Todo resíduo líquido produzido era lançado na lagoa da entrada da UEP (Figura 01) que já demonstrava sinais claros de assoreamento (Figura 02) e acúmulo de dejetos (Figura 03) nas margens assoreadas da lagoa.

Figura 01 - Lagoa localizada ao lado do acesso principal da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.



Figura 02 - Área assoreada na entrada da lagoa da UEP - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.



Figura 03 - Quantidade expressiva de matéria orgânica na área assoreada da lagoa.



Os dejetos de animais podem causar contaminação do solo e do ar e se dispostos ao lado das instalações, também pode contribuir para a proliferação de moscas, roedores e tornar-se repugnantes, devido ao aspecto e odor. Em muitos países, os efluentes oriundos de instalações de animais confinados, já são a principal fonte de poluição de recursos hídricos, superando até mesmo os índices das indústrias, consideradas até então as grandes vilãs da degradação ambiental.

1.2. HIPÓTESE

A estação de tratamento de resíduos líquidos, implantada e avaliada na Unidade Educativa de Produção (UEP) - animais de grande porte - bovinocultura leite, foi planejada para ser eficiente na redução de: Sólidos Totais (ST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Sedimentáveis (SS_{ed.}), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) e Fósforo (P).

2. OBJETIVOS:

2.1. Objetivo Geral:

Implantar e avaliar a Estação de Tratamento de Efluente (ETE) que utiliza sistemas naturais para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite.

2.1.1. Objetivos Específicos:

Caracterizar o resíduo líquido resultante do rebanho bovino leiteiro manejado no sistema confinado;

Avaliar a eficiência do sistema natural, quanto à remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo dos resíduos líquidos de bovinos leiteiros manejado em regime de confinamento;

Avaliar a eficiência do wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial, quanto à remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo dos resíduos líquidos de bovinos leiteiros manejado em regime de confinamento;

Determinar a viabilidade técnica da ETE implantada e avaliada para atender as exigências dos órgãos ambientais no que se refere à resolução **CONAMA N° 430** (2011) (Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU n° 92, de 16/05/2011) que complementa e altera a Resolução n° 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d' água receptores.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Pecuária bovina no Brasil.

No Brasil é predominante a pecuária extensiva, atividade agropecuária que ocupa 199 milhões de hectares para abrigar um rebanho de 200 milhões de cabeças. Do ponto de vista social, a bovinocultura extensiva é a atividade agropecuária que menos gera empregos por área ocupada (média de um emprego para cada 500 hectares) (FOCUS, 2010).

Considerada uma das atividades de maior impacto ao meio ambiente, a pecuária confinada está associada ao avanço da fronteira agrícola e responde por cerca de 60% das emissões totais de gases do efeito estufa do país (HEALY, et al., 2007; SCHAFFASMA, et al., 2000).

A adoção de boas práticas na criação de bovinos pode contribuir para aumentar a produtividade zootécnica e diminuir a pressão da atividade pecuária, sobre as áreas importantes para a conservação da biodiversidade (FOCUS, 2010).

Desde o início da colonização portuguesa, a bovinocultura é uma das principais atividades econômicas no Brasil, em 2008, representou em torno de 2% no PIB do país (valor bruto de R\$ 54 bilhões) (FOCUS, 2010).

3.2. Importância econômica da pecuária leiteira.

A cadeia produtiva da pecuária leiteira não está limitada a produção agropecuária, mas se estende por outros elos importantes. A indústria de laticínios, ao processar a matéria prima e transformá-la em derivados mais adequados ao consumo, amplia o alcance da atividade e agrega valor à atividade (ASSIS, 2005). A pecuária leiteira nacional sofreu grandes transformações no início dos anos 90, as principais causas apontadas foram a maior abertura da economia para o mercado internacional e a estabilização econômica dos preços no mercado brasileiro (ZOCCAL, 2004). O Sistema Agroindustrial (SAG) do Leite está presente em todo território nacional, é um importante gerador de emprego, renda e tributos (MARTINS, 2004).

Em termos de representatividade, o SAG do leite é um dos maiores sistemas agroindustriais do país, faturou R\$ 66,30 bilhões em 2004 (CÔNSOLI e NEVES, 2006).

Diante do cenário apresentado, com aumento do volume de leite produzido, aumento do número de vacas ordenhadas e consequente aumento da produção e produtividade leiteira, o tratamento do resíduo líquido oriundo de bovinocultura de leite é fundamental. Entretanto, cabe ressaltar a necessidade de sistemas de tratamento que se adaptem as localidades produtoras e que sejam de fácil aplicação, operação, manutenção e sobre tudo que seja de fácil replicação (PELISSARI et al., 2013).

3.3. Instalações para bovinocultura de leite.

As instalações para a exploração do gado leiteiro devem estar voltadas para o maior conforto possível, amplas, arejadas, de fácil higienização, para que os animais não sofram com os rigores de temperaturas extremas, chuvas e ventos. Devem atender às legislações federal, estadual e municipal, relativas ao meio ambiente, controle sanitário e segurança ambiental. É desejável que o sistema seja eficiente na movimentação, alimentação e manejo dos dejetos. Prover de um ambiente que, ao mesmo tempo, seja saudável para os animais e que promova condições de trabalho favorável e confortável para os funcionários e por fim, mas não menos importante, economicamente viável. (CAMPOS *et al*, 2006).

O bem estar animal vem recebendo crescente atenção nos meios técnico, científico e acadêmico, junto das questões ambientais e de segurança alimentar (GOMES, 2008).

A intensificação dos sistemas de produção de leite tem evoluído para sistemas de exploração no qual o uso de tecnologia e capital passa a exigir do produtor melhor gerenciamento sobre os recursos produtivos, que requerem: planejamento de instalações funcionais visando aumentar a eficiência da mão-de-obra, oferecer condição de conforto aos animais, reduzir o número de acidentes, bem como reduzir os custos de produção de leite (EMBRAPA, 2002).

3.3.1. Sala de ordenha.

A sala de ordenha é uma das infraestruturas mais importantes na exploração de vacas leiteiras. Para escolher um dos tipos de sala de ordenha, o produtor deve levar em conta

diversos critérios técnicos e econômicos, para que a opção tomada seja a mais adequada para a exploração em questão (SOUZA, 2004).

HEALY *et al.* (2007), afirmam que o volume de efluente gerado nas salas de ordenhas é dependente das práticas aplicadas pelos produtores. Fatores como número de ordenhas diárias e a quantidade de vacas ordenhadas interferem diretamente. Os autores expõem ainda que, em média, são gastos em torno de 50 litros de água por vaca/dia, no entanto, esses valores podem ser ultrapassados, especialmente onde ocorre a falta de gestão do uso da água.

Os resíduos líquidos da lavagem de sala de ordenha contêm dejetos (urina e fezes) de animais, leite, produtos utilizados na limpeza (detergente), água, restos de animais como células mortas e pêlos. As concentrações de contaminantes presentes nesses efluentes são mais elevadas, quando comparados com esgoto doméstico (HEALY *et al.*, 2007).

3.3.2. Sala de leite.

É a instalação de recepção do leite. Construída em alvenaria, deve ser forrada, a parede preferencialmente azulejada e o piso recoberto de lajota, é o local onde ficam os materiais de ordenha (balança, baldes, toalhas, latões de leite, tanque de expansão, etc.). Ao término de cada ordenha, o leite fica acondicionado e armazenado nessa instalação (RODRIGUES FILHO, et al. 2005). A sala de leite deve ficar localizada junto à sala de ordenha para facilitar o transporte do leite para o tanque de expansão ou resfriador e, também, o livre acesso dos ordenhadores e ajudantes. Deve ter espaço suficiente para abrigar todos os equipamentos e utensílios de refrigeração do leite (RODRIGUES FILHO, et al. 2005).

3.3.3. Sistema free-stall.

O sistema free-stall surgiu nos Estados Unidos na década de 50 e, rapidamente, foi difundido pelos demais países produtores de leite dadas às vantagens tanto sobre a estabulação convencional, quanto sobre o confinamento em estábulos com área de repouso coletivo (“loose-housing”) no que concerne à permanência de animais mais limpos e menor requerimento de material de cama. No sistema “free-stall” os animais permanecem lado a lado, em baias individuais que devem ser bem dimensionadas, com largura suficiente para o

conforto do animal (sem permitir que o mesmo se vire). O comprimento das baias deve ser o suficiente para o animal deitar-se, permanecer com o úbere e as pernas alojadas internamente, enquanto as dejeções devem ser lançadas no corredor de limpeza ou serviço (CAMPOS, et al. 2006).

O piso das baias pode ser de terra batida ou de concreto, sendo que a cama deve ser de material seco e macio, distribuído com uma espessura em torno de 10 cm, utilizando-se areia ou material industrializado emborrachado específico para este fim (CAMPOS, et al. 2006).

O corredor de serviço deve ter o piso concretado e frisado no sentido longitudinal, com declividade de 1 a 1,5% para evitar que os animais escorreguem e facilitar o escoamento de águas e resíduos orgânicos (CAMPOS, et al. 2006). Nesse sistema de criação os animais ficam confinados o ano todo, recebendo alimentação adequada, durante o período produtivo.

3.4. Manejo de ordenha.

A ordenha das vacas é o lucro da atividade leiteira (CARVALHO, 2004). As vacas leiteiras quando bem tratadas, entram tranquilas e de forma rápida na sala de ordenha, sem provocar desconforto inclusive para os outros animais. Quando mal manejadas, as vacas leiteiras podem liberar adrenalina (o hormônio do estresse) antes da ordenha e que pode interferir negativamente na descida do leite, na produção de fezes e urina dentro da sala de ordenha (RUSHEN et al., 2001).

De acordo com os relatos de LEWIS e HURNIK (1998), os bovinos possuem boa memória e são capazes de discriminar as pessoas envolvidas nas interações, apresentando reações específicas.

3.4.1. Ordenha mecânica.

A ordenhadeira é usada para ordenhar de forma mecânica as vacas em lactação. Instalada na sala de ordenha, constitui o principal equipamento existente em um sistema de produção de leite com manejo de ordenha mecânica. É a única máquina que entra em contato diretamente com as vacas leiteiras pelo menos duas vezes por dia, durante o ano todo (CARVALHO, 2004). A ordenha mecânica difere do princípio da ordenha manual. Na

ordenha manual, o leite é pressionado, enquanto que na ordenha mecânica, o leite é sugado para fora por uma diferença de pressão entre a parede interna do úbere e o insuflador (CARVALHO, 2004).

3.5. Alimentação dos bovinos.

Os bovinos leiteiros são animais que necessitam na sua dieta balanceada, água, alimentos volumosos, concentrados e suplementares. O equilíbrio entre todos esses nutrientes farão com que os animais possam exteriorizar todo o potencial produtivo que possuem. Os alimentos volumosos (fibrosos) são todos aqueles que possuem menos de 60% de energia e mais de 18% de fibra bruta na matéria seca (MS). Podem ser divididos em volumosos secos (fenos e palhadas) e úmidos (plantas forrageiras, capins verdes, silagens). Os alimentos concentrados são aqueles com menos de 18% de fibra bruta na matéria seca e podem ser classificados como proteicos (mais de 20% de proteína bruta (PB) na matéria seca), ou energéticos (menos de 20% de PB na matéria seca). Os suplementos alimentares mais comumente usados para os bovinos são as misturas minerais, suplementos vitamínicos e aditivos (VALADARES, 2006).

3.6. Defecação e micção dos bovinos.

A defecação das vacas varia em função das condições climáticas, quantidade de alimento ingerido e das características inerentes ao próprio animal, o que altera o volume excretado e a frequência com que ocorre a defecação (MASSA, 1989).

Segundo HAFEZ e BOUISSOU (1969), não há locais específicos para defecação, embora haja uma tendência de concentração de placas de fezes em áreas de descanso, áreas sombreadas, próximas de aguadas e porteiras, principalmente em função do maior tempo de permanência dos animais nesses locais.

Os bovinos defecam com uma frequência média de 11 a 13 vezes por dia (vacas alimentadas no cocho geralmente defecam com menor frequência, comparadas às vacas manejadas a pasto). Entretanto, há relatos de outros trabalhos indicando uma grande variabilidade nessa atividade. A variabilidade também é notada em relação à quantidade total

de excremento diário, segundo MASSA, (1989), as vacas holandesas podem defecar até 40 kg por dia. Há relatos que também podem ocorrer diferenças individuais dentro da mesma raça quanto à consistência das fezes, estando os animais recebendo o mesmo tipo de alimentação (ARNOLD e DUDZINSKI, 1978).

A micção é o processo pelo qual o organismo efetua a extração da urina, via bexiga após o sangue passar pelos rins. Pode ser dividida em duas etapas: a primeira é o processo de enchimento vesical onde a bexiga acomoda quantidades crescentes de urina sem aumentar a pressão no seu interior e a segunda fase é a miccional, ato propriamente dito de urinar, ao seu término reinicia-se um novo ciclo da micção (GNU, 2007).

Tanto a micção quanto a defecação, são atos involuntários nos bovinos, determinados principalmente, pelo tipo de dieta. A frequência de micção pode variar de quatro a dez vezes por dia. Quando um evento provoca stress durante a ordenha como dor, medo ou excitação, o reflexo tem influencia no processo da descida do leite nos bovinos durante a ordenha (BREA ZILE, 1998).

3.7. Esterco de curral.

A forma tradicional de manejo do estrume envolve no mínimo, três etapas, a raspagem do estrume sólido, o armazenamento em instalações improvisadas (esterqueiras) para posterior carregamento e transporte até uma área a ser cultivada. Procedimentos que exigem intervenções praticamente braçais, gastos excessivos com mão-de-obra e energia, o que, muitas vezes, contribuem para o descaso do pecuarista que não investe num manejo sustentável para o esterco de curral. Uma das formas mais usadas e consideradas ambientalmente corretas é a distribuição e a sua completa incorporação no solo. Jogá-lo aleatoriamente no campo pode causar sérias complicações sanitárias, como a poluição de cursos d' água, que acabam por transportar o problema para outros locais (BUENO, 1986).

Vacas confinadas têm provocado consequências nada animadoras no que se refere ao mau cheiro, proliferação de moscas e poluição do meio ambiente (contaminação de cursos d'água, do solo e do ar). Assim, o acúmulo de tais dejetos vem incentivando pesquisadores a apostarem no desenvolvimento de métodos adequados e eficazes para essa questão (BUENO, 1986).

3.7.1. Características dos dejetos de bovinos.

De acordo com GURTLE (1971) as fezes dos ruminantes são formadas por substâncias que foram transformadas no trato digestivo, por secreções que auxiliam na digestão, células epiteliais, microrganismos e produtos formados por eles. Essas fezes contêm elevada proporção de fibras e características como odor, cor e consistência que variam de acordo com os alimentos ingeridos e o tempo de permanência dos alimentos no trato digestivo.

As fezes e urina, quando acrescidas de alimentos, pêlos, solos, água de higienização e água de chuva num sistema de produção animal, são denominadas de dejetos. De acordo com VAN HORN et al. (1994), a água é o componente mais variável dos dejetos, podendo determinar o maior ou menor volume dos mesmos.

Em virtude de muitos fatores que influenciam a quantidade e qualidade dos dejetos, sua composição química é muito variável. XAVIER (2009) analisou dejetos de vacas leiteiras que receberam silagem de milho, cana de açúcar in natura, cana de açúcar hidrolisada com cal virgem ou cal hidratada e encontrou médias de 2,52% de nitrogênio (N), 1,71% de fósforo (P) e 1,22% de potássio (K), com base na matéria seca (MS). A quantidade média diária de dejetos produzida pelas vacas leiteiras foi de 4,53 kg de MS.

Relacionando tais produções com um rebanho de apenas 50 animais, mantidos em confinamento, o montante de dejetos produzidos ao final de um ano seria de 82,67 toneladas de MS, que poderiam ser produzidos numa área tão pequena quanto quinze hectares. Esses nutrientes, se não aproveitados, são perdidos para o meio e podem causar contaminações. O nitrogênio (N) e o fósforo (P) estão diretamente relacionados à eutrofização, o que compromete a qualidade e limita o consumo de água (XAVIER, 2009).

3.7.2. Características dos efluentes líquidos de bovinocultura de leite.

Os efluentes líquidos da bovinocultura leiteira apresentam variações na sua composição e concentração de seus componentes, dependendo ainda da diluição e da modalidade como são manejados e armazenados. A quantidade total de resíduos líquidos produzidos por bovinos leiteiros confinados varia de 9,0% a 12,0% do seu peso vivo por dia. A quantidade de urina influi nos dejetos que por sua vez, depende diretamente da ingestão de água (CAMPOS, et al.,

1994). O volume total dos resíduos líquidos de um sistema leiteiro também depende do volume de água utilizada na lavagem e desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção (CAMPOS, et al., 1994).

3.8. Resíduos líquidos de animais confinados e seus impactos ambientais.

Denomina-se diluição o procedimento de lançamento de efluentes orgânicos dos sistemas de produção leiteira em corpos receptores (riachos, rios, lagos, lagoas entre outros), adotado em praticamente todas as propriedades produtoras de leite uma vez que não possuem sistemas de tratamentos para esse tipo de resíduos (VON SPERLING, 1998). Esse método prejudica o meio ambiente, provoca alterações físicas e químicas nos mananciais, oferece riscos à saúde pública e ao abastecimento porque podem estar presentes na água seres ou elementos contaminantes, patogênicos e tóxicos. Os resíduos líquidos de confinamento animal quando lançados em corpos d'água receptores, desperdiçam nutrientes e tornam as águas receptoras poluídas e contaminadas (PEREIRA, 1976; VON SPERLING, 1998).

O ambiente aquático normalmente é habitado por organismos de vida livre, podendo ainda, abrigar microrganismos patogênicos que não o habitam, mas apenas “passam por ele” (PEREIRA, 1976; VON SPERLING, 1998). A água poluída pode tornar-se um veículo direto de vários agentes contaminantes, causadores de doenças graves de caráter epidêmico, atingindo uma grande percentagem de animais e ou pessoas que dela se abastece, envolvendo assim, um aspecto sanitário do mais alto significado (SILVA, 1979; OLIVEIRA, 1993).

3.9. Matéria orgânica carbonácea.

O fator determinante para o aproveitamento agrícola do nitrogênio é devido ao elevado teor de N nos biossólidos. Entretanto, precauções devem ser tomadas, pois taxas elevadas de N podem provocar grande impacto na qualidade da água subterrânea, devido à sua alta mobilidade no solo. O nitrato, decorrente da mineralização do Nitrogênio, desloca-se com facilidade para baixo da zona radicular, podendo atingir as águas subterrâneas (ILHENFELD, 1999). A forma predominante do nitrogênio nos cursos d'água pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição. Para casos de poluição recente, o nitrogênio estará basicamente na

forma orgânica ou amônia e para os casos antigos, na forma de nitrato (PEREIRA, 2004). No esgoto bruto, as formas predominantes são o nitrogênio orgânico e a amônia, determinados em laboratório pelo método Kjeldahl, denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK - mgL^{-1}) (VON SPERLING, 1998).

3.10. Nitrogênio (N)

O nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes e o nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como metahemoglobinemia (VON SPERLING, 1998).

O nitrogênio é indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgoto. O processo de desnitrificação, através de bactérias heterotróficas em ambiente anóxico (conversão do nitrato em nitrogênio gasoso), eventualmente pode ocorrer na estação de tratamento de esgoto, (VYMAZAL, 2007; CHAN et. al, 2008; ZHANG et al., 2008). Como todo nutriente, pode causar problemas de superprodução de algas nos corpos receptores de estações de tratamento que não foram capazes de retirar ou, ao menos, reduzir a quantidade desse elemento (PESSOA e JORDÃO, 1982).

A matéria orgânica presente nos efluentes, geralmente é quantificada em termos de DBO e DQO. Nos wetlands construídos vegetados com macrófitas, a matéria orgânica pode ser degradada pelos microrganismos tanto na presença quanto na ausência de oxigênio (KADLEC e WALLACE, 2009). PHILIPPI e SEZERINO (2004) enfatizam que a degradação anaeróbia é muito mais lenta que a aeróbia, porém, quando o oxigênio é um fator determinante, a degradação anaeróbia torna-se predominante e responsável pela redução de DBO nos filtros plantados com macrófitas. Isto acontece nos sistemas que estão saturados de água ou efluente como é o caso do fluxo horizontal. A matéria orgânica é o principal problema de poluição das águas, pois causa consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Os poluentes orgânicos presentes nas águas residuárias são principalmente compostos de proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros (em menor quantidade) (PEREIRA, 1976, SILVA, 1979).

3.11. Fósforo (P)

É um elemento essencial para o desenvolvimento de vegetais, algas e organismos biológicos. Encontrado nos recursos hídricos principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. A liberação de P em recursos hídricos superficiais é uma preocupação ambiental. É um dos principais nutrientes para a eutrofização (DORNELAS, 2008). Pode ser encontrado na forma natural como componente do solo, matéria orgânica, resíduos líquidos domésticos, agroindustriais, detergentes e fertilizantes químicos (VON SPERLING, 1995). A forma na qual o fosforo se apresenta nas águas residuárias, depende principalmente do pH (SEO et al. 2008; ZHANG, et al., 2008). VYMASAL et al., (2007) e BOWDEN et al., (2009), citam que pH acima de 7,0, a sorção ocorre devido às características físicas e químicas dos materiais utilizados como substratos.

O fósforo pode ser removido das águas residuárias por meio de métodos químicos e ou físicos. O uso de rochas com a presença de sais (ferro, cálcio, alumínio etc.) que elevam pH (alcalinidade) provocam a precipitação química do fosforo na forma de fosfatos, que são indisponíveis aos vegetais (VYMASAL, 2007; HUETT et al., 2009). Remoções significativas de fósforo em condições de tratamento natural ocorrem principalmente em virtude dos processos de precipitação e sorção, devido o material usado como meio filtrante e ou suporte de vegetais (XU et al., 2006).

3.12. Tratamento de efluentes.

Os prejuízos ambientais causados pela falta de tratamento e ou manejo inadequado dos resíduos orgânicos são incalculáveis. Na prática, trata-se de uma preocupação que vem ganhando interesse publico em diversas partes do mundo, pois uma das maiores dificuldades no gerenciamento dos confinamentos é a grande quantidade de dejetos produzidos diariamente numa área reduzida. O lançamento da carga orgânica em corpos hídricos pode proporcionar um decréscimo expressivo na concentração de oxigênio dissolvido nesse meio, cuja magnitude depende da concentração de carga orgânica, da quantidade lançada e da vazão do curso d'água receptor (MIRANDA et al.2006).

O esterco na forma sólida pode ser armazenado em esterqueiras ou distribuído diretamente nos campos de culturas ou pastos. Na forma líquida, geralmente é direcionado para os cursos de água, utilizando-se de água de lavagem das instalações e equipamentos (CAMPOS, et al, 1994).

3.12.1. Gestão de efluentes pecuários.

A pecuária intensiva é uma forma de exploração concentradora de dejetos animais, possuidores de grande carga poluidora para o solo, o ar e a água. A lavagem de estábulos, salas de ordenha, pocilgas e galpões de criação de aves geram expressivas quantidades de efluentes poluentes (ZANANDRÉA, 2010). O confinamento de animais domésticos pode provocar contaminação de águas superficiais com carga orgânica, bactérias do trato intestinal dos animais, além de alguns metais pesados e outros componentes tóxicos presentes nas excreções em razão da inclusão de suplementos minerais na dieta dos animais e também o uso de vacinas e de antibióticos (SEIFFERT, 2009).

3.12.2. Contaminação do solo e recursos hídricos.

Os sistemas de produção de animais confinados (SPACs) têm sofrido grandes transformações através do tempo para tentar suprir a demanda por alimentos de origem animal. As características e tendências dos sistemas produtivos modernos apontam para um modelo de confinamento total, com aumento da escala de produção. Isso cria em muitos casos grandes problemas ambientais nas regiões produtoras, em virtude da alta geração de resíduos que na maioria dos casos, tem como destino a disposição nos solos. Esse fato acarreta a lixiviação e/ou percolação desses resíduos para os corpos d'água superficiais e subterrâneos, causando a poluição desses ambientes (KUNZ, et al., 2007).

3.13. Técnicas de tratamento de resíduos líquidos de animais confinados.

A despoluição de águas residuárias, usualmente é classificada através dos seguintes níveis:

a) tratamento preliminar: destina-se principalmente à remoção mecânica de sólidos grosseiros. A areia contida no esgoto é removida por um processo simples de sedimentação;

b) tratamento primário: tem por objetivo remover os sólidos sedimentáveis em suspensão e os sólidos flutuantes. A remoção dos sólidos pelo simples processo da sedimentação implica na redução da carga de DBO;

c) tratamento secundário: visa à remoção da matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), somente por processos físicos como a sedimentação. A matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada) em grande parte é removida no tratamento primário, porém os sólidos de decantabilidade mais lenta, ainda persistem na massa líquida. A essência do tratamento secundário é a inclusão de uma etapa biológica;

d) tratamento terciário: objetiva remover nutrientes específicos ou compostos tóxicos não degradáveis ou a remoção complementar de poluentes removidos parcialmente no tratamento secundário, como os compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes;

e) desinfecção - grande parte dos microrganismos patogênicos foram eliminados nas etapas anteriores, mas não a sua totalidade. A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural (lagoa de maturação) ou artificial via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta (VON SPERLING, 1998).

3.13.1. Tratamento biológico

O tratamento biológico de efluentes de bovinocultura sugere a separação das frações sólidas e líquidas dos dejetos, com o aproveitamento da primeira fração (sólida) como fertilizante e o consequente tratamento da fração líquida que têm como objetivo remover a carga orgânica, os nutrientes e os patógenos, deixando o efluente líquido de acordo com a legislação ambiental. Os dejetos orgânicos são degradados por microrganismos aeróbios e anaeróbios, resultando num material estável e isento de organismos patogênicos (VON

SPERLING, 1996a). A compostagem dos dejetos com característica sólida tem vantagens que permitem adequar e maximizar a utilização dos dejetos como fertilizante de acordo com a realidade de cada propriedade (VON SPERLING, 1996a).

3.13.2. Tratamento físico

O tratamento físico é o método de separação de fases. Separar as fases consiste na remoção das partículas maiores contidas na fração líquida dos efluentes, consiste também em separar os sólidos sedimentáveis em suspensão e os sólidos flutuantes, para a obtenção de dois produtos, a fração líquida e a fração sólida (VON SPERLING, 1998; OLIVEIRA, 1993).

O objetivo dessa separação é reduzir o tempo de permanência quando do tratamento do efluente em lagoas e reatores. Outro ponto importante da remoção dos sólidos é a redução de carga da DBO, porque uma parte significativa dos sólidos é compreendida por matéria orgânica em suspensão (OLIVEIRA, 1993).

A desidratação dos dejetos consiste na redução da umidade (aumentar % matéria seca). A diminuição do teor de umidade ajuda no controle da poluição e melhora a forma de manuseio do produto. A desidratação dos dejetos para níveis de 10 a 15% de umidade produz um material livre de odores para o armazenamento, transporte, uso como fertilizante (OLIVEIRA, 1993).

Os principais processos físicos que levam à remoção de poluentes das águas residuárias em wetlands construídos são a sedimentação e a filtração (USEPA 2000). Os processos que basicamente removem sólidos são: gradeamento, peneiramento, sedimentação e separação (flotação) de gorduras (óleos). Os processos físicos também removem matéria orgânica e inorgânica em suspensão (coloidal) e reduz ou elimina a presença de microrganismos tais como, processos de filtração em areia e membranas (OLIVEIRA, 1993).

3.13.2.1. Caixas para separação de sólidos

O material mineral contido no esgoto é, em sua maioria, constituído por areia, pedrisco, silte, escória e cascalho. O material arenoso geralmente contém também reduzida quantidade de matéria orgânica putrescível, como vegetais (grãos de café, grãos de feijão, frutas e

verduras), gorduras, cascas de ovos, pedaços de ossos e penas de aves. É comum a presença de pelos, cabelos, plásticos e fibras (palhas, piaçavas). Esse material mineral pesado de pequenas dimensões em suspensão no efluente é vulgarmente designado de forma genérica por “areias”. A origem desse material é proveniente do lançamento inadequado de águas pluviais, lavagens de pisos, despejos industriais ou comerciais na rede coletora de esgotamento sanitário (JORDÃO e PESSOA, 2005). Basicamente são usados dois tipos de mecanismos para a remoção da areia do esgoto, remoção por sedimentação ou remoção por centrifugação.

A remoção por sedimentação é a mais utilizada, geralmente, necessita de um nível menor de automação e, conseqüentemente, possui um custo menor de implantação e operação (PRADO, 2006).

3.13.2.2. Tanque de equalização

Os tanques de equalização são utilizados para regular a vazão para as unidades subsequentes e homogeneizar a carga orgânica do efluente (SILVA, 2011). Também tem a finalidade de proteger os equipamentos posteriores como bombas de recalque, impedindo o seu funcionamento a seco (NUNES, 2008). A equalização tem por finalidade regular a vazão e homogeneizar a concentração de sólidos e de substâncias inibidoras (SILVA, 2011).

O tanque de equalização tem cinco objetivos básicos, neutralizar despejos ácidos e alcalinos através da mistura deles, minimizar variações de vazão, minimizar variações de concentração, diluir compostos tóxicos e fornecer alimentação contínua aos processos de tratamento posteriores (FAVARETTO, 2011).

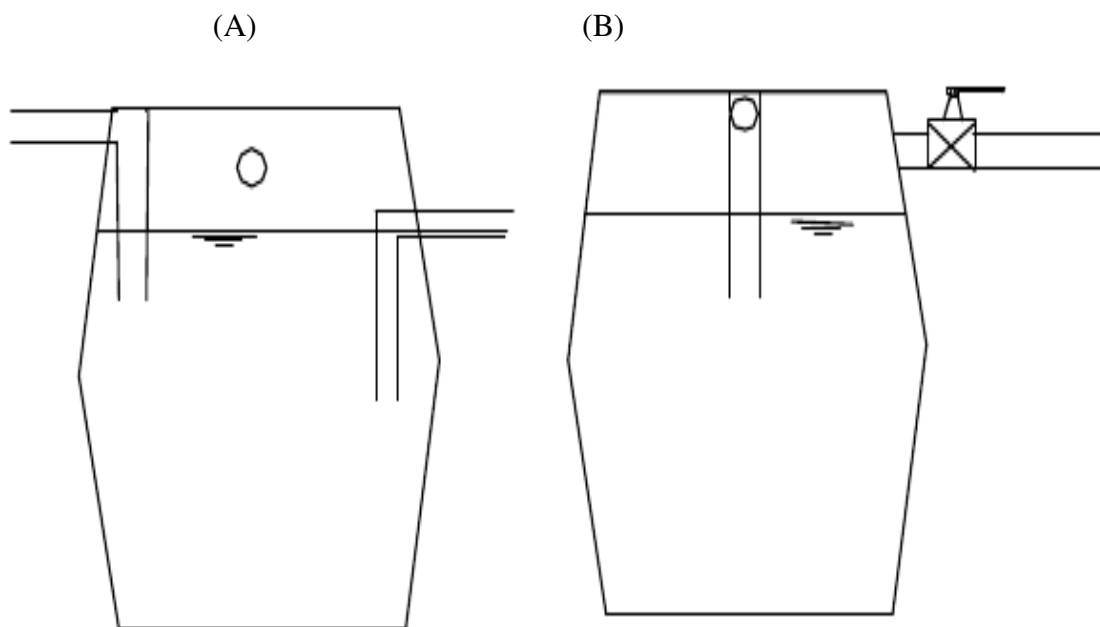
A carga constante de sólidos elimina o choque de cargas, dilui as substâncias inibidoras e estabiliza o pH. O amortecimento das cargas aumenta o controle e a confiança do processo (SILVA, 2011).

3.13.2.3. Caixas de gordura

Os líquidos, as pastas e demais corpos não miscíveis com a água, mas que têm peso específico menor, e, portanto tendem a flutuar na superfície, podem ser retidos por dispositivos muito simples, denominados caixas de gordura (BARROS, et al. 1995).

A Figura 4 mostra de forma esquemática uma caixa retentora de gordura circular, vista de frente (A) e de lado (B).

Figura 04 - Esquema de Caixa de Gordura Circular



As características de uma caixa de gordura dependem da localização onde será instalada, do tipo de efluente e da quantidade de esgoto a ser tratado (BARROS, et al. 1995).

3.13.2.4. Filtro de Pedregulho

É uma unidade de filtração lenta, continua e segura, geralmente utilizada para remoção de sólidos, composta de camadas de material granular, de granulometria crescente, de forma que o material mais fino localiza-se no topo da unidade (LATORRE et al., 1996).

O filtro de seixo rolado em função de suas características de simplicidade de construção e operação é uma alternativa viável, principalmente para regiões rurais afastadas dos grandes centros urbanos que necessitam de um sistema de tratamento de baixo custo de implantação (MARRARA e PATERNIANI, 2003). Essa modalidade de filtração apresenta duas variantes, a descendente e a ascendente. No filtro de pedregulho com escoamento ascendente podem ser

encontradas duas configurações, em camadas e em unidades em série, ao passo que no filtro descendente apenas a configuração em unidades em série é utilizada. No caso da filtração em camadas, o processo ocorre em uma única unidade onde o material filtrante é composto de subcamadas de pedregulho de tamanho decrescente no sentido do escoamento (DI BERNARDO, 1993).

Com base nos resultados experimentais obtidos com diferentes taxas de filtração, DI BERNARDO e COLLAZOS (1990) concluíram que a remoção de impurezas, é similar nos dois tipos de filtro, mas a duração da carreira do filtro de escoamento descendente foi menor que no filtro de fluxo ascendente, uma simples descarga de fundo mostrou-se suficiente para sua limpeza e recolocá-lo em operação novamente.

3.13.2.5. Leito de secagem

Os leitos de secagem são instalações com sistema de drenagem que podem ser utilizados para separar as fases sólidas e líquidas de efluentes. Essa unidade é composta por camadas de brita, seguida de camadas de areia. Sobre a areia normalmente são assentados tijolos capazes de manter a estabilidade mecânica do sistema e ao mesmo tempo permitir a passagem do excesso de água. Os leitos de secagem desidratam e secam o lodo combinando a ação de percolação do excesso de água com a evaporação natural. O lodo ao ser removido apresenta um teor de sólidos em torno de 40 a 75 %, de acordo com o clima e período de secagem (FRANCI, 1999). O leito de secagem pode ser coberto ou descoberto. A cobertura serve para proteger o lodo da ação da chuva e, dependendo da configuração, a cobertura também pode auxiliar na higienização do lodo, ocasionado por elevação da temperatura interna da instalação. Porém, isto só ocorrerá após a evaporação, devido à liberação da energia de vaporização, o que ocasiona um resfriamento da massa de lodo (MELO, 2006).

3.14. Sistemas naturais para tratamento de águas residuárias

O Brasil é um dos países que oferecem excelentes condições climáticas e ambientais para a implantação de “sistemas naturais” para tratamento de águas residuárias. São sistemas que utilizam processos de tratamento baseados em força gravitacional, microrganismos, plantas e

animais (REED et al. 1995). Os sistemas naturais usados para o tratamento de resíduos líquidos são vários, desde estações de tratamento de efluente (ETE) que envolvem tecnologias e produtos específicos, considerados mais complexos ou até mesmo sistemas mais simples e baratos que atendem parcialmente produtores familiares até propriedades rurais mais tecnificadas (METCALF e EDDY, 1991; CHAN et al., 2008). Todo lançamento de dejetos líquidos em um corpo receptor é obrigado a seguir padrões de legislações municipais, estaduais, federais e internacionais que dizem respeito à proteção dos corpos de água. Estes padrões baseiam-se no princípio de restabelecimento do equilíbrio e da autodepuração do corpo receptor (VON SPERLING, 1996a).

3.14.1 Processo anaeróbio

Os processos anaeróbios de estabilização de matéria orgânica são fenômenos que ocorrem naturalmente nos ambientes aquáticos, como fundo de rios e lagos.

O processo natural de digestão anaeróbia para tratamento de efluentes brutos é realizado por microrganismos que degradam a matéria orgânica na ausência de oxigênio. Nesse tipo de processo, a grande maioria dos microrganismos que compõem a micro fauna é de bactérias. O produto final do processo são gases como metano, dióxido de carbono e amônia (McCARTY, 1982; FORESTI, 1994).

Os sistemas anaeróbios são mais apropriados como uma primeira etapa no tratamento de efluentes com elevadas concentrações de matéria orgânica. É o caso específico dos efluentes de confinamentos de vacas leiteiras (VON SPERLING, 1998).

As vantagens da digestão anaeróbia em relação aos processos aeróbios são o baixo consumo de energia elétrica, a baixa produção de lodo e a produção de gás metano que pode ser utilizado como fonte de energia. As desvantagens por sua vez são as mudanças de condições ambientais como temperatura e pH (McCARTY, 1982; FORESTI, 1994).

3.14.2. Reatores Anaeróbios

As características hidráulicas e biológicas que fazem parte do tratamento de efluentes permitem que ocorra uma evolução constante no desenho dos reatores. Cada configuração do

desenho dos reatores detém características que o torna mais adequado às características do efluente e tem importância significativa na obtenção de bons resultados durante o tratamento dos esgotos. Os processos anaeróbios são simples, confiáveis, acessíveis, e pode ser projetado, instalado e operado com a utilização de materiais, mão de obra local e de baixo custo (ZANELLA, 2008).

3.14.3. Reator anaeróbio compartimentado (RAC)

Os reatores anaeróbios foram projetados com diversas barreiras, anteparos verticais ou câmaras para possibilitar que os resíduos líquidos atravessem por seguidas vezes uma densa camada de microrganismos presentes na manta de lodo existente em cada câmara, facilitando um contato maior entre o efluente e os microrganismos responsáveis pela degradação dos compostos presentes, diminuindo a perda de sólidos por arraste. O RAC não possui que faça separar as fases líquida, sólida e gasosa no alto de cada câmara. Os reatores anaeróbios compartimentados são capazes de tratar efluentes com altas ou baixas cargas de resíduos líquidos devido a grande capacidade de retenção de biomassa (ZANELLA, 1999)

O RAC tem enumerado na literatura, algumas vantagens: instalação de desenho simples, volume útil elevado, baixo consumo de energia elétrica, tempo de detenção hidráulica relativamente baixo, pequena necessidade de descarte de lodo, a sequência ascendente e descendente de escoamentos reduz a lavagem da biomassa entre outras. Também são enumeradas na literatura, algumas desvantagens como: produz odores, remoção insatisfatória de nitrogênio e fosforo; necessidade de pós-tratamento, entre outras (ZANELLA, 1999).

3.15. Wetlands Construídos

Para HABERL (1999), os sistemas de wetlands construídos estão entre as mais promissoras tecnologias para o pós-tratamento de águas residuárias anaerobiamente pré-tratadas. Tais sistemas possuem algumas características importantes, como a utilização de recursos naturais, construção simples, operação e manutenção simplificadas (Figura 05).

Figura 05 - Caracterização do wetland construído.



Disponível em: <https://www.google.com.br/wetlandconstruido>. Acessado em 29/09/2013

Há mais de 30 anos os wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficial (WCHFSS) vem sendo utilizados para o tratamento de efluentes. A maioria dos WCHFSS são projetados para tratar efluentes domésticos, mas também são utilizados para o tratamento de vários outros tipos de efluentes, como o de refinarias, processos químicos, produção de papel e celulose, indústria têxtil e de curtumes, matadouros, destilarias e vinícolas. Em particular o uso de WCHFSS vem se tornando muito comum para o tratamento de efluentes de indústrias alimentícias (produção e processamento de leite, queijos, batatas e açúcares). Os wetlands construídos também são aplicados com muito êxito no tratamento de efluentes agroindustriais. (fazendas de suínos, laticínios e peixes), (VYMAZAL, 2009).

Com toda essa variedade de tipos de efluentes, os WCHFSS removem nutrientes, matéria orgânica, sólidos e patógenos, sob uma ampla variação de carga e com especial atenção a remoção de nutrientes como Nitrogênio e Fósforo, os quais podem causar a eutrofização das águas superficiais (GOTTSCHALL, 2007). Os wetlands construídos são constituídos de vegetação, solo, água e microrganismos, possuindo assim ampla capacidade sistêmica de incorporação e transformação desses nutrientes contidos na matéria orgânica

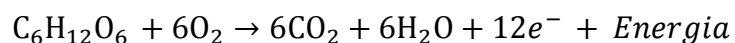
presente em elevadas concentrações nos efluentes citados (VYMAZAL e KRÖPFELOVÁ, 2008).

Como ocorre em áreas urbanas, onde o tratamento de efluente doméstico é realizado por diferentes tecnologias para as etapas de tratamento primário, secundário e terciário, as áreas agrícolas também necessitam de algumas especificidades no tratamento, no entanto as tecnologias empregadas, assim com a operação dos sistemas necessitam serem adequadas às dinâmicas locais (ABIDI, 2009). Os wetlands construídos são citados como uma tecnologia de baixo custo para o tratamento de águas residuárias secundárias e terciárias, e com isso são perfeitamente indicados para aplicação tanto em áreas urbanas, como na agricultura (AGUDELO, 2010).

No sistema de tratamento por wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial, a matéria orgânica é decomposta em zonas úmidas por ambos os processos microbianos aeróbios e anaeróbios, bem como na sedimentação e filtração de partículas de matéria orgânica. Devido à elevada e contínua concentração de carga orgânica retida pelos processos de sedimentação e filtração, faz com que condições anaeróbias sejam estabelecidas, podendo até mesmo ocorrer o processo anóxico, onde há a desnitrificação de compostos nitrogenados.

No entanto, zonas adjacentes às raízes e rizomas das plantas são envolvidas por grãos de areia, onde ocorre o transporte de oxigênio pelas plantas favorecendo a formação de processos aeróbios (VYMAZAL e KRÖPFELOVÁ, 2008).

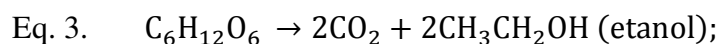
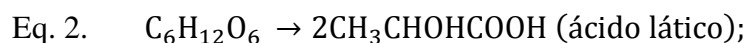
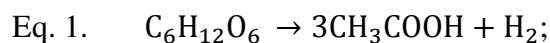
A degradação da matéria orgânica solúvel é regulada principalmente por bactérias heterotróficas aeróbias, simplificada pela seguinte reação (VYMAZAL, 2009):



Uma oferta insuficiente de oxigênio reduz significativamente o desempenho da oxidação bioquímica aeróbia, limitando assim, a cinética da degradação da matéria orgânica dissolvida nos efluentes e possibilitando a ocorrência de degradação dos compostos por meios de processos anaeróbios e até mesmo anóxicos. Nos processos sem a presença de oxigênio, compostos contendo biopolímeros são degradados em um processo de multietapas.

Primeiro, os microrganismos quebram polímeros em monómeros, tais como aminoácidos, ácidos graxos e monossacarídeos. Os produtos finais primários da fermentação

são os ácidos graxos tais como ácido acético (eq. - 1), butírico e láctico (eq. - 2), os ácidos e álcoois (eq. - 3) e os gases CO₂ e H₂ (VYMAZAL, 2001).



No wetland construído o efluente flui horizontalmente e lentamente por um meio poroso chamado de “meio suporte”, meio este responsável por acondicionar plantas capazes de se desenvolverem em ambientes alagados. Nesse sistema as plantas são responsáveis por um importante processo bioquímico, o qual se destaca pelo fato de fornecer oxigênio em torno das raízes, alimentando assim, outros processos bioquímicos aeróbios e contribuindo para a degradação do efluente ao longo do sistema até a zona de saída do wetland (BRIX, 1987).

Todas essas vantagens sistêmicas fazem dos wetlands construídos um sistema capaz de reciclar diferentes compostos simultaneamente por meio de processos físicos e bioquímicos

Os wetlands construídos são baseados nas várzeas naturais que são áreas alagadas de solo hidromórfico permanentemente inundados ou saturados por águas superficiais ou subterrâneas, onde vegetam várias espécies de plantas que são diretamente dependentes da hidrologia, do meio suporte e dos nutrientes característicos da região onde se encontram. Esses sistemas foram criados para tratar, aperfeiçoar e demonstrar a habilidade das várzeas em remover ou transformar os poluentes dos efluentes, além de criar um ambiente favorável ao desenvolvimento da vida selvagem (PATERNIANI e ROSTON, 2003). Os wetlands construídos são de baixo custo, de fácil operação e manutenção, e tem um grande potencial de aplicação em países em desenvolvimento, particularmente em pequenas comunidades rurais, quando comparado com os sistemas de tratamento convencionais. Porém, os wetlands construídos, ainda não se encontram muito difundidos, devido à falta de conhecimentos técnicos para o desenvolvimento dessa tecnologia (KIVAISI, 2001).

Os wetlands construídos possuem uma série de vantagens: são relativamente baratas para se construir e operar, de fácil manutenção, fornecem tratamento efetivo e seguro de águas residuárias, são relativamente tolerantes a variações hidráulicas, de cargas e de contaminantes,

forneem benefícios indiretos como área verde, habitats para a vida selvagem, áreas recreativas e educacionais.

As desvantagens são: demanda de área para construção (custo e disponibilidade satisfatórios de área), as recorrentes imprecisões para os critérios de design e operação, a complexidade biológica e hidrológica do sistema, a falta de conhecimento da dinâmica dos processos de tratamento, os custos dos meios de enchimento e possíveis problemas com pragas nas tipologias superficiais.

Mosquitos e outras pragas poderiam ser um problema para sistemas, impropriamente projetados e operados, principalmente os de tipo superficial (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

A inundação, o alagamento ou a saturação resultam na ocupação dos espaços intersticiais do solo pela água. Acontece a substituição dos gases atmosféricos que ocupam os poros do solo pela água. O resultado é um déficit de oxigênio que é consumido pelo metabolismo bacteriano, tornando o solo anóxico com exceção da estreita camada superficial.

As raízes das plantas que habitam estas áreas não dispõem de oxigênio atmosférico para respiração do referido órgão (HAMMER, 1997).

3.15.1. Pesquisas realizadas com Wetlands Construídos

Provavelmente os chineses foram os primeiros a usar macrófitas no tratamento de águas residuárias. Em 1952 na Alemanha, foi aceito o primeiro trabalho cientificamente realizado utilizando-se plantas macrófitas (*Scirpus lacustres*) para a remoção de fenol, o meio suporte utilizado foi brita (WOOD e McATAMNEY, 1994). Na década de setenta, também na Alemanha, wetland construído preenchido com solo de alta qualidade de silte e cultivado com *Phragmites australis*, foi usado para tratar efluente municipal (HEGEMANN, 1996; WOOD e McATAMNEY, 1994). Na Europa atualmente, existem inúmeras instalações de wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficiais e meio suporte de solo ou brita para tratamento de efluente (HEGEMANN, 1996). Estudos realizados por diversos autores tais como, ZANELLA *et al.*(2009), DORNELAS *et al.*(2009), BRIX e ARIAS (2005) comprovam que a eficiência do wetland construído é maximizada quando atuam como tratamento secundário de efluentes líquidos.

3.15.2. Classificação de wetlands construídos

São descritas três alternativas de wetlands construídos, os que apresentam: fluxo horizontal superficial (FS), fluxo horizontal subsuperficial (FSS) e os wetlands construídos de fluxo vertical (DORNELAS, 2008). Além destas três alternativas de wetlands, pode-se ainda combiná-las entre si, ou com outras tecnologias naturais e criar sistemas híbridos que satisfaçam necessidades específicas existentes (KADLEC e KNIGHT, 1996). Podem ser edificadas acima ou abaixo da superfície do solo. Quando é necessário proteger a qualidade da água do lençol freático, são adicionadas camadas impermeáveis de solo ou de mantas geotêxtil.

3.15.2.1. Wetland Construído Horizontal de Fluxo Superficial (WCHFS)

A lâmina d'água no sistema de WCHFS encontra-se acima da superfície do solo e as plantas se apresentam enraizadas na camada de sedimento na base da coluna de água. Esteticamente são bastante semelhantes aos wetlands naturais, é apropriado para o tratamento de efluentes secundários e terciários e também, de certa forma, prover o habitat a eventuais espécies de vida selvagem. No sistema WCHS o ambiente geralmente é aeróbio próximo à superfície da água, tendendo para condições anóxicas em direção ao fundo da unidade de tratamento (DORNELAS, 2008).

3.15.2.2. Wetland Construídos Horizontal de Fluxo Subsuperficial (WCHFSS)

Os wetlands construídos de fluxo horizontal possuem zonas de entrada e de saída. A alimentação ocorre por uma tubulação disposta na zona de entrada onde o efluente infiltra pelo material filtrante até chegar à zona de saída, onde é coletado pela tubulação de saída (drenagem). Durante o percurso, o efluente percorre um caminho tendendo na horizontal em função de uma declividade de aproximadamente 1% no fundo (PELISSARI, 2013). Os meios suportes mais comumente usados são: brita, solo, areia, palha de arroz, vermiculita ou uma mistura dos meios suportes acima, onde as raízes das plantas se desenvolvem. Este sistema é proposto por se mostrar eficiente no tratamento secundário de águas residuárias (ROSTON,

1994; SOUZA e BERNARDES, 1996). O fluxo horizontal subsuperficial elimina odores, não oferece condições para o desenvolvimento e proliferação de mosquitos e impossibilita o contato de pessoas e animais com a lâmina de água, pois essa se encontra a alguns centímetros abaixo da superfície do meio suporte (ROSTON, 1994; SOUZA e BERNARDES, 1996).

O sistema de wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS) é constituído por tanques preenchidos com meio suporte permeáveis, com a camada inferior impermeável para prevenir a contaminação do lençol freático e conter o substrato que suporta o crescimento das macrófitas e do biofilme bacteriano. Os microrganismos desenvolvem-se aderidos à superfície do meio suporte, do caule, das raízes das plantas e dos sólidos em suspensão acumulados no sistema. A oxidação do meio é feita, dependendo da espécie vegetal cultivada, via rizomas das plantas e por difusão do ar atmosférico na superfície do meio suporte, possibilitando a formação de locais aeróbios e anaeróbios no interior da unidade de tratamento (MATOS e LO MONACO, 2003). Os WCHFSS demonstram capacidade de remover taxas mais elevadas de contaminante por unidade de área em relação aos wetlands construídos horizontais de fluxo superficial, o aumento na eficiência de tratamento pode resultar em um wetland menor (USEPA 2000).

3.15.3. Processos de remoção de poluentes em WCHFSS

A eficiência de todos os processos (biológicos, químicos, físicos) varia com o tempo de detenção hidráulica (TDH). Os tempos de detenção mais longos aceleram a remoção de contaminantes, embora TDH excessivamente longos possam ter efeitos prejudiciais (DORNELAS, 2008). Os WCHFSS são caracterizados por uma gama de propriedades que os fazem atraentes para o tratamento de águas residuárias (USEPA, 1993). Estas propriedades incluem: alta produtividade das plantas, grande capacidade adsortiva dos sedimentos, altas taxas de oxidação pela microflora associada com a biomassa das plantas e capacidade de remoção de nutrientes e poluentes.

O objetivo do tratamento de águas residuárias através de WCHFSS é potencializar o contato de espécies microbianas com o substrato. A bioconversão para o gás carbônico, biomassa e efluente tratado, é o objetivo final (DORNELAS, 2008).

3.15.3.1. Remoção de matéria orgânica em WCHFSS

DBO₅ e DQO são medidas (mgL⁻¹) indiretas de matéria orgânica, são estabelecidas como parâmetros de qualidade de águas e de águas residuárias. Nos filtros plantados com macrófitas a matéria orgânica pode ser degradada pelos microrganismos tanto na presença quanto na ausência de oxigênio (KADLEC e WALLACE, 2009). A remoção de material orgânico das águas residuárias em WCHFSS se processa basicamente através de mecanismos biológicos de decomposição aeróbia, com a utilização de oxigênio comoceptor final de elétrons (agente oxidante), e ou por decomposição anaeróbia, em que os microrganismos utilizam outros aceptores de elétrons que não seja o oxigênio (sulfato, nitrato, gás carbônico).

A comunidade microbiológica encontra-se dispersa nos interstícios do meio filtrante ou aderida a ele, formando biofilme (COOPER et al.,1996). Destaca-se também a potencial presença de bactérias autotróficas, que em condições aeróbias, consomem oxigênio dissolvido no meio líquido para a oxidação de compostos orgânicos contendo nitrogênio, convertendo-os a nitrito e a nitrato progressivamente (nitrificação). Ambos os grupos consomem matéria orgânica, porém a maior taxa de metabolismo é observada no grupo das bactérias heterotróficas, concluindo que este grupo é o principal agente na redução da taxa de DBO₅ (COOPER et al. 1996).

A degradação aeróbia é realizada na região da rizosfera e no material filtrante por bactérias aeróbias, já a degradação anaeróbia é realizada por duas etapas: a primeira onde ocorre a conversão da matéria orgânica em ácidos e álcoois mediada por bactérias formadoras de ácidos; e a segunda etapa gerada por bactérias produtoras de metano, onde ocorre a conversão da matéria orgânica em metano e dióxido de carbono.

3.15.3.2. Remoção de Sólidos em WCHFSS

A remoção de sólidos em WCHFSS ocorre principalmente através de mecanismos de filtração e sedimentação no interior do leito. A filtração compreende a retenção física do material sólido em suspensão no meio suporte da unidade de tratamento e a sedimentação é a tendência dos sólidos em suspensão atingirem o fundo da unidade quando possuem densidades mais elevadas. Ambos os mecanismos, estão relacionados com as baixas velocidades de

passagem pelo meio suporte da wetlands, associado com a presença de macrófitas (KADLEC e KNIGHT, 1996). A sedimentação do material particulado, a precipitação química, a decomposição e a incorporação de sólidos no biofilme ocorrem simultaneamente e são, portanto, responsáveis pela redução na concentração de sólidos em suspensão totais.

O grande problema relacionado com a presença de material particulado em wetlands horizontais de fluxo subsuperficiais é o aumento progressivo da colmatação (entupimento) do leito filtrante, principalmente nos primeiros metros da unidade. Este fato relaciona-se diretamente com a retenção e sedimentação dos sólidos, crescimento do biofilme e pela precipitação química nas wetlands (LANGERGRABER et al., 2003). As raízes das macrófitas também tendem a diminuir os espaços nos primeiros centímetros do meio suporte, associado ao acúmulo de sólidos suspensos no material filtrante. O resultado da atividade microbiológica e do crescimento do sistema radicular (raízes, rizomas) é o aumento da retenção de material sólido nos poros da massa filtrante. Todos esses processos promovem a oclusão dos espaços intersticiais, o que leva à redução da condutividade hidráulica e ao aumento da velocidade da água residuária (TANNER e SUKIAS, 1994).

3.15.3.3. Formas de remoção de Nitrogênio em Wetlands Construídos

As formas mais importantes de nitrogênio em wetlands construídos são a amônia solúvel (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e o nitrato (NO_3^-). Quando na forma orgânica e iônica (NH_4^+) ou na forma livre (NH_3) é classificado como um macro nutriente. Outras formas incluem o óxido nitroso (N_2O), o gás nitrogênio (N_2), a ureia (orgânico), aminoácidos e amina (KADLEC e KNIGHT, 1996). As várias formas de nitrogênio estão continuamente envolvidas em transformações de compostos orgânicos para inorgânicos e vice-versa, muitas destas transformações são bióticas, processadas por bactérias do gênero *Nitrobacter* e *Nitrosomonas* (KADLEC e KNIGHT, 1996).

As várias etapas de transformações sofridas pelo nitrogênio, nos diferentes tipos de wetlands são: assimilação pelas plantas e pela microflora da wetland (preferencialmente como NH_4^+ e NO_3^-), lixiviação para o fundo da unidade, liberação como gás para a atmosfera e uma menor parte, segue para fora da wetland, normalmente na forma dissolvida (KADLEC e KNIGHT, 1996).

3.15.3.3.1. Amonificação

É o processo onde o nitrogênio orgânico é convertido a nitrogênio inorgânico, especialmente a nitrogênio amoniacal. KALDLEC e WALLACE, (2009) relatam que nos filtros plantados com macrófitas a forma de amônia que prevalece é amônio (NH_4) em função da temperatura e do pH. A faixa ótima de pH para o processo de amonificação está entre 6,5 e 8,5 (VYMAZAL e KRÖPFLOVÁ, 2008; VYMAZAL, 2007; PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

3.15.3.3.2. Nitrificação

A nitrificação é um processo químioautotrófico, onde a amônia é oxidada a nitrito em uma reação aeróbia catalisada pelas bactérias Nitrosomonas. O nitrito produzido é oxidado aerobiamente através de bactérias Nitrobacter. Para ocorrer a nitrificação, as nitrosomonas devem competir com as bactérias heterotróficas pelo o oxigênio (CRITES et al., 2005).

A temperatura e os tempos de detenção da água também podem afetar a taxa de nitrificação no interior da wetland. Como a maior parte das fontes de oxigênio em WCHFSS é devida às raízes das plantas, é absolutamente essencial que o sistema de raízes penetre por toda a profundidade dimensionada para o leito. Toda a água que flui abaixo da rizosfera está completamente em meio anaeróbio e a nitrificação não ocorrerá, exceto por difusão através das camadas superiores.

3.15.3.3.3. Desnitrificação

A desnitrificação é o processo no qual o nitrato é reduzido, em condições anaeróbias, para forma gasosa. A reação é catalisada pelas bactérias desnitrificantes *Pseudomonas* spp. e outras bactérias. A desnitrificação requer nitrato, condições anóxicas e fontes de carbono (prontamente biodegradável). O processo de desnitrificação é mais lento quando sob condições ácidas. Em pH entre 5 e 6 é produzido N_2O . Para um pH abaixo de 5, N_2 é o principal produto nitrogenado (KEFFALA e GHRABI, 2005). O NH_4^+ é a forma dominante de nitrogênio-amoniacal em um pH de 7, enquanto o NH_3 predomina em um pH de 12.

3.15.3.4. Remoção de Fósforo (P) em Wetlands Construídos

Nos wetlands construídos vegetados com macrófitas existem três mecanismos de remoção de fósforo: precipitação, adsorção e sedimentação (KADLEC e WALLACE, 2009; VYMAZAL, 2007; PHILIPPI e SEZERINO, 2004; ARIAS et al., 2001).

Segundo KADLEC e WALLACE (2009) a adsorção e absorção pelas macrófitas e do material filtrante tem capacidade limitada para remoção de fósforo, ou seja, em um primeiro momento as macrófitas e o material filtrante tendem absorver e adsorver fósforo em maior quantidade até atingir o estágio de saturação. Vários estudos demonstram a capacidade limitada da absorção de fósforo em filtros plantados com macrófitas (TANNER et al. 2005). HUSSAR (2001), não observou uma remoção significativa de fósforo utilizando wetlands construídos de fluxo horizontal aplicado como pós tratamento para efluentes da suinocultura oriundos de reator anaeróbio compartimentado.

Com relação à remoção do fósforo em águas residuárias, pode-se dizer que esse elemento não tem nenhuma fase gasosa relevante em seu ciclo biogeoquímico. Dessa forma, a capacidade de absorção de fósforo é o fator limitante para a expectativa de vida em wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficiais (GRÜNEBERG, 2001).

3.15.4. Limitação do mecanismo de remoção em wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficiais.

Fatores ambientais, como temperatura, oxigênio e pH limitam os processos químicos e biológicos. As atividades metabólicas são reduzidas pelas baixas temperaturas, o que reduz a eficiência dos processos de remoção de poluentes resultante da atividade biológica. Baixas concentrações de oxigênio, da mesma forma, limitam os processos que envolvem a respiração aeróbia no interior do meio filtrante, aumentando os processos anaeróbios que podem causar degradação adicional da qualidade da água. Muitas atividades metabólicas são pH-dependentes, sendo menos efetivas em casos extremos de variação do pH (DORNELAS, 2008).

3.15.4.1. Limitações hidrológicas

A capacidade de wetlands construídos para tratar águas residuárias está limitada tanto em termos da quantidade de água como da carga de poluentes. A sobrecarga hidráulica (quando o fluxo de água excede a capacidade das dimensões do wetland construído) causa redução no tempo de detenção de hidráulica, o que pode afetar a taxa de remoção de poluentes. A sobrecarga de poluentes acontece quando a entrada de poluente excede as taxas de remoção dentro do sistema (WHITE et al., 2007).

3.16. Macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas são plantas que vivem em ambientes aquáticos e em solos saturados. São vegetais superiores que habitam as várzeas naturais. O desenvolvimento das plantas aquáticas reflete a qualidade das águas em que vivem e podem ocupar extensas áreas. A presença das macrófitas é determinada pela concentração dos nutrientes no ambiente, o tipo de sedimento, a profundidade da lamina d'água, a presença ou não de correnteza, a turbidez, o ataque de herbívoros e as atividades humanas (WOOD e McATAMNEY, 1996; APHA, 1998; APHA, 2005). A escolha da planta, basicamente, está relacionada à tolerância quanto ao ambiente saturado de água (ou esgoto), ao seu potencial de crescimento e a presença dessas plantas nas áreas onde o sistema está implantado (IWA, 2000).

3.16.1. Macrófitas aquáticas no tratamento de águas residuárias

Um dos problemas mais sérios enfrentados pelo Brasil está relacionado à precariedade do saneamento básico. Diversas infecções são adquiridas pelos seres humanos devido à incorreta disposição de esgotos sanitários em mananciais de água usada para consumo ou recreação. Com vistas a solucionar este problema, cada vez mais são estudados diferentes processos de tratamento de águas residuárias. O sistema alagado construído ou “*wetlands construídos*”, por se mostrar uma solução técnica e economicamente viável entre os sistemas de tratamento, pode ser destacado. São sistemas, que utilizam meio suporte - planta - microrganismos para a depuração dos resíduos, sendo caracterizados por serem robustos, de

baixo custo e de simples operação e manutenção. Tais aspectos tornam os wetlands construídos ideais para a aplicação em regiões carentes de saneamento básico, adequando-se perfeitamente às condições de países de clima tropical, que possuam áreas disponíveis à sua implantação, como é o caso do Brasil (MATOS *et al.*, 2008). Em wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficial, o substrato submerso inclui as raízes das plantas e as superfícies do meio. As plantas e os microrganismos têm uma relação simbiótica complexa, frequentemente um beneficia o outro, por meio da troca de nutrientes ou exudatos, ou através de outros mecanismos (ITRC, 2003).

3.16.2. Assimilação pelas plantas

As macrófitas como qualquer outra planta requer nutrientes para o crescimento e reprodução. Estudos sobre a composição química sazonal de macrófitas mostram que, em relação a alguns elementos como fósforo, nitrogênio e compostos como carboidratos, proteínas e lipídios, as concentrações variam constantemente. Estas variações estão ligadas a disponibilidade de nutrientes do meio e a fatores climáticos, que possibilite estocar, metabolizar, translocar ou mesmo excretar para o meio ambiente (PHILIPPI e SEZERINO, 2004). A forma de incorporação do nitrogênio na biomassa das macrófitas é a assimilação. Este processo refere-se a uma variedade de processos biológicos que convertem formas inorgânicas do nitrogênio para compostos orgânicos, que servem de reserva para as células e os tecidos das plantas. As duas formas de nitrogênio geralmente utilizadas são a amônia e o nitrato. A amônia por ser mais reduzida energeticamente do que o nitrato torna-se a fonte preferencial. Em ambientes onde o nitrato é predominante, este será então, a maior fonte de nitrogênio passível de ser assimilado (KADLEC e KNIGHT, 1996). As macrófitas utilizam enzimas (nitrato redutase e nitrito redutase) para converter o nitrogênio oxidado às formas usuais. Porém, a produção destas enzimas diminui quando o nitrogênio amoniacal está presente. Este processo é relevante em ambientes onde se têm nitrato e amônia em concentrações elevadas, pois a assimilação pela planta poderá ser inibida e o nitrato não ser assimilado (KADLEC e KNIGHT, 1996; DORNELLAS, 2008).

A capacidade de assimilação de nitrogênio pelas macrófitas e desta forma a quantidade que pode ser removida se a planta for podada, é aproximadamente, segundo BRIX (1997), na

faixa de 200 a 2.500 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹. O mesmo autor indica que, se as plantas não forem podadas, uma grande quantidade de nitrogênio que foi incorporada à biomassa retornará ao meio devido à morte e à decomposição dos seus tecidos.

3.16.3. Mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*)⁶

Nome comum - planta sombrinha, guarda-chuva e tiririca. É uma planta originária da África do Sul, de grande valor ornamental pela folhagem de aspecto delicada, as folhas são curtas e lineares, verde-claras e nasce em forma de um pompom no alto de longas hastes de até 60 centímetros de altura. É da mesma família da tiririca (*Cyperus rotundus*), que é a planta daninha mais difundida do mundo, segundo o Guinness Book.

Descrição botânica: grupo de plantas perenes, com hastes triangulares nuas (colmos), raízes fibrosas. Folhas reduzidas a bainhas a base do caule. Inflorescências grande, dispostas em uma superfície plana, tipo guarda-chuva, cachos castanhos brilhantes de pequenas flores (espiguetas). Fruto pequeno e marrom escuro (Figura 06).

Figura 06 - *Cyperus papyrus nanus* (Mini Papiro)



Importância ecológica: apresentada como planta ornamental (especialmente para jardins de água e lagoas ao ar livre), frequentemente utilizada em arranjos florais, também é usada para prevenir erosão e absorver nutrientes. É uma planta capaz de margens de rios, brejos e margens do lago. Encontrada ao longo de lagos, lagoas, rios e zonas húmidas (TUCKER 1983, TUCKER, 1994). É capaz de absorver com eficiência o nitrogênio, fósforo, potássio, e outros metais pesados (TANNER, 1996). Altera os níveis de pH no solo (acidificação da rizosfera de solo) e podem afetar a disponibilidade de minerais e mobilização de nutrientes no solo (SORRELL et ORR, 1993). Produz grandes quantidades de matéria seca, tolera condições de hipereutróficas (enriquecimento máximo de nutrientes, número excessivo de algas e plantas aquáticas. Exige intervenção do homem) e salinidade (HOCKING, 1985). É considerada uma erva daninha em todo o mundo (USDA NRCS 2002). O pólen pode provocar reações alérgicas em humanos (BESSOT et al., 1992). É uma planta de fácil propagação, tolera uma ampla variedade de solos e condições de umidade, incluindo solos secos e encharcados. Cresce moderadamente sobre as margens das zonas húmidas, aterros e wetlands construídos com britas (TANNER, 1996). A floração e a frutificação ocorrem durante o ano todo (TUCKER 1983, TUCKER 1994), cresce bem em regiões de clima quente. Em climas mais frios, morre, mas os rizomas se recuperam rapidamente (NERALLA et al., 2000). Reproduz por semente e rizoma persiste quase que indefinidamente, uma vez plantada, estabelece vegetativamente a partir de resíduos (SAINT et JACOBS, 1981).

3.16.4. Wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS) como pós-tratamento de efluentes anaerobiamente pré-tratados.

Wetlands construídos horizontais de fluxo subsuperficial (WCHFSS) têm sido utilizados para tratamento de esgoto para mais de 30 anos. Têm sido comumente utilizados para o tratamento secundário de efluentes domésticos (ZURITA *et al.*, 2009) de pequenas comunidades, mas podem também ser aplicados no tratamento de águas residuárias industriais (KADLEC & WALLACE, 2009) e agroindustriais, como as de suinocultura (MATOS *et al.*, 2009; 2010), laticínios (MATOS *et al.*, 2008) e a do processamento dos frutos do cafeeiro (FIA *et al.*, 2010). Os WCHFSS foram concebidos para tratar águas residuárias com poluentes comuns, mas hoje em dia, são utilizadas para tratar parâmetros especiais, tais como produtos

farmacêuticos, produtos químicos e outros tipos de águas residuárias. Nas aplicações industriais incluem efluentes das refinarias de petróleo, produção de indústrias químicas, papel e celulose, curtumes, indústrias têxteis, matadouros, destilarias e indústrias vinícola. Em particular, o uso de WCHFSS poderá tornar-se muito comum para tratamento de efluentes de processamento de alimentos (por exemplo, produção e processamento de leite, queijo, batata e açúcar). WCHFSS também são usados com sucesso no tratamento de águas residuais da agricultura (por exemplo, suínos, laticínios e efluentes de piscicultura) e várias águas de escoamento (agricultura, aeroportos, rodovias, estufas e viveiros de plantas). Os WCHFSS também têm sido usados de forma eficaz para tratar chorume. Os WCHFSS também são utilizados em combinação com outros tipos de wetlands construídos em sistemas híbridos (VYMAZAL, 2001).

Estudos em escala real e experimental têm demonstrado que wetlands construídos possuem boa capacidade de redução de demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos, nitrogênio, traços de metais, substâncias orgânicas e agentes patogênicos. Essa redução geralmente é feita por mecanismos físicos, químicos e biológicos, incluindo-se processos de sedimentação, filtração, absorção, precipitação, adsorção química, interações microbianas, extração pelas plantas, evapotranspiração, volatilização e complexação (DORNELAS, 2008).

Recentemente, alguns trabalhos vêm reportando o uso de plantas ornamentais em wetlands construídos, como a helicônia (*Heliconia psittacorum*) (KONNERUP *et al.*, 2009), a biri biri (*Canna generalis*) (KONNERUP *et al.*, 2009; ZANELLA, 2008), o copo de leite (*Zantedeschia aethiopica*) (BELMONT & METCALFE, 2003; ZANELLA, 2008; ZURITA *et al.*, 2008; 2009), o papiro (*Cyperus papyrus*) (ZANELLA, 2008), o mini papiro (*Cyperus isocladius*) (ZANELLA, 2008), a ave do paraíso ou estrelícia (*Strelitzia reginae*) (ZURITA *et al.*, 2009), o antúrio (*Anthurium andreanum*) (ZURITA *et al.*, 2009) e o Agapanto (*Agapanthus africanus*) (ZURITA *et al.*, 2009) e a Íris pseudacorus L. (WANG *et al.*, 2009). De acordo com ZANELLA (2008), o uso de plantas proporciona efeito paisagístico, diminui a rejeição do sistema pela população e, com a introdução de espécies de interesse comercial, a possibilidade de geração de trabalho e renda. Segundo BELMONT e METCALFE (2003), o cultivo de flores ornamentais em sistema alagados pode fornecer um benefício econômico

necessário para incentivar pequenas comunidades em manter um sistema de tratamento de esgoto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do Experimento

A Unidade Educativa de Produção (UEP) animais de grande porte - bovinocultura leite, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Inconfidentes está localizada as margens da rodovia MG 290 (Ouro Fino - Inconfidentes), km 46, município de Inconfidentes, Sul de Minas Gerais, a 915 metros de altitude, longitude 362.700 metros/Leste e latitude 7.533.419 metros/Norte, clima tropical de altitude e média anual em torno de 18°C (Figura 07).

Figura 07 - Localização da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.



Fonte: Google Maps - Inconfidentes - Minas Gerais.

Disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acessado em 29/09/2013.

4.2. Composição e manejo do rebanho leiteiro da UEP animais de grande porte - bovinocultura de Leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

O rebanho leiteiro da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes é formado em média por cem animais, da raça holandesa variedade preta e branca, registrados na Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais (ACGHMG), distribuídos nas categorias descritas no quadro 01.

Quadro 01 - Composição e categoria animal do rebanho leiteiro

Categoria Animal	Numero de animais
Vacas	50
Novilhas - 12 a 15 meses de idade	12
Bezerras Maiores - 06 a 12 meses de idade	13
Bezerras Menores - até 06 meses de idade	15

Fonte: Seção de registros genealógicos da Associação dos Criadores de Gado Holandês de Minas Gerais.

As vacas lactantes, manejados no regime de confinamento são ordenhadas duas vezes por dia, de manhã (7:00 h) e a tarde (18:00 h). O intervalo da primeira para a segunda ordenha é de onze horas e da segunda para a primeira ordenha do dia seguinte, de treze horas.

4.3. Instalações leiteiras da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

4.3.1. Curral de espera

Durante o período de avaliação da ETE instalada na UEP o esterco sólido do curral de espera foi raspado e armazenado na esterqueira (Figura 08).

Figura 08 - Processo de raspagem do esterco sólido do curral de espera.



Da esterqueira (Figura 09) o esterco sólido armazenado foi retirado e distribuído em capineiras (Figura 10), áreas de cultura (Figura 11).

Figura 09 - Retirada do esterco sólido da esterqueira para a carreta de distribuição.



Figura 10 - Distribuição manual de esterco sólido nas capineiras.



Figura 11 - Distribuição mecânica de esterco sólido nas áreas de cultura.



4.3.2. Sala de ordenha da UEP animais de grande porte - bovinocultura de Leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Sala de ordenha com piso concretado, equipada com ordenhadeira mecânica tipo espinha de peixe circuito fechado, com capacidade para ordenhar oito vacas simultaneamente e fosso central para facilitar o manejo e a higiene da ordenha. Lavada com água sob pressão (Figura 12), logo após o termino das ordenhas, por volta de 7:30h e 18:00h, conforme as exigências para produção de leite de qualidade (DÜRR, 2009).

Figuras 12 - Higienização da sala de ordenha da UEP bovinocultura leite.



Semanalmente ou quando houve necessidade (na época das chuvas, as vacas ficam mais sujas) as paredes da sala de ordenha foram lavadas (Figura 13).

Figura 13 - Lavagem manual de paredes da sala de ordenha.



Para determinar o consumo médio de água para higienizar a sala de ordenha, foi instalado um hidrômetro durante cinco dias, conforme mostra o quadro 02.

Quadro 02 - Consumo médio de água por dia para higienizar a sala de ordenha

Numero Hidrômetro:	Registro Instalação:	Data Instalação:	Registro Retirada:	Data Retirada:	Resultado Total em m ³ :	Resultado em m ³ /dia
A99L299765	3.045,79	26/03/2013	3.051,99	31/03/2013	6,20	1,24

O consumo médio de água por dia ficou em torno de mil e duzentos litros. O equipamento de ordenha mecânica marca Alfa Laval equipado com um processador que, programado, automatiza o serviço de higienização consumiu 560 litros de água após cada ordenha, ou seja, 1.120 litros de água, por dia, conforme informação do manual técnico do equipamento (DELAVAL, 2012). A Figura 14 mostra em detalhe o efluente oriundo da higienização da ordenhadeira mecânica após cada ordenha.

Figura 14 - Destaque para o ponto de saída do efluente oriundo da higienização da ordenhadeira mecânica



4.3.3. Sala de leite da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes

A sala de leite fica localizada junto à sala de ordenha para facilitar o transporte do leite para o tanque de expansão, e também, o livre acesso dos ordenhadores. Está equipada com dois tanques de expansão direta, com capacidade para armazenar e resfriar 2.500 litros de leite/dia.

Os dois tanques de expansão são usados e lavados em dias alternados, porque de acordo com a produção diária, foi utilizado um tanque para cada dia de produção (Figura 15).

Figura 15 - Higienização do tanque de expansão na sala de leite



Figura 16 - Lavagem das paredes e piso da sala de ordenha



O consumo de água para a higienização da sala de leite e dos tanques de resfriamento de leite gira em torno de 600 litros dia, conforme hidrômetro instalado no ponto de saída d'água da instalação (Quadro 03).

Quadro 03 - Consumo médio de água por dia na sala de leite

Numero Hidrômetro:	Registro Instalação:	Data Instalação:	Registro Retirada:	Data Retirada:	Resultado Total em m³:	Resultado em m³/dia
A01N250511	795,37	27/02/2013	798,37	04/03/2013	3,00	0,60

4.3.4. “Free-stall” da UEP animais de grande porte - bovinocultura de Leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes

Instalação independente com piso de concreto rústico, ranhuras que acompanham a declividade de 3% do piso em direção as canaletas centrais, idealizadas para captar e facilitar a drenagem de urina e restos de água dos bebedouros. As vacas leiteiras permanecem nessa instalação nos intervalos entre as ordenhas da manhã e da tarde. O “free-stall” em destaque tem capacidade para abrigar 36 vacas em lactação, em baias individuais, com cama de areia. As vacas leiteiras têm liberdade para entrar e sair de qualquer uma das baias, para fazer uso dos cochos e dos bebedouros disponíveis nas laterais do “free-stall” (Figura 17).

Figura 17 - “Free-stall” da bovinocultura leite.



O piso dos corredores é raspado para a retirada de dejetos sólidos da instalação duas vezes por dia. As canaletas localizadas no centro dos corredores, protegidas por grelhas de ferro são lavadas internamente após a retirada dos dejetos (Figura 18).

Figura 18 - Grelha de ferro que protege a canaleta coletora do efluente bruto do “free-stall”.



Destaque para a canaletas central do “free-stall”, responsável pela coleta das sobras de água do bebedouro e da urina dos animais. Lavada internamente duas vezes por dia, o efluente resultante é encaminhado para as caixas de retenção de sólidos da ETE por encanamento específico.

O consumo de água para lavar as canaletas do “free-stall” de acordo com o hidrômetro instalado foi em torno de mil litros por dia (Quadro 04).

Quadro 04 - Consumo médio de água por dia para lavar as canaletas centrais do free-stall.

Numero Hidrômetro:	Registro Instalação:	Data Instalação:	Registro Retirada:	Data Retirada:	Resultado Total / m ³ :	Resultado em m ³ /dia
A035239542	690,20	26/03/2013	695,24	31/03/2013	5,54	1,00

4.4. Estação de Tratamento de Efluente (ETE) da Unidade Educativa de Produção (UEP) animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

O sistema foi implantado em escala real para tratar os resíduos líquidos do rebanho leiteiro da Unidade Educativa de Produção (UEP) animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

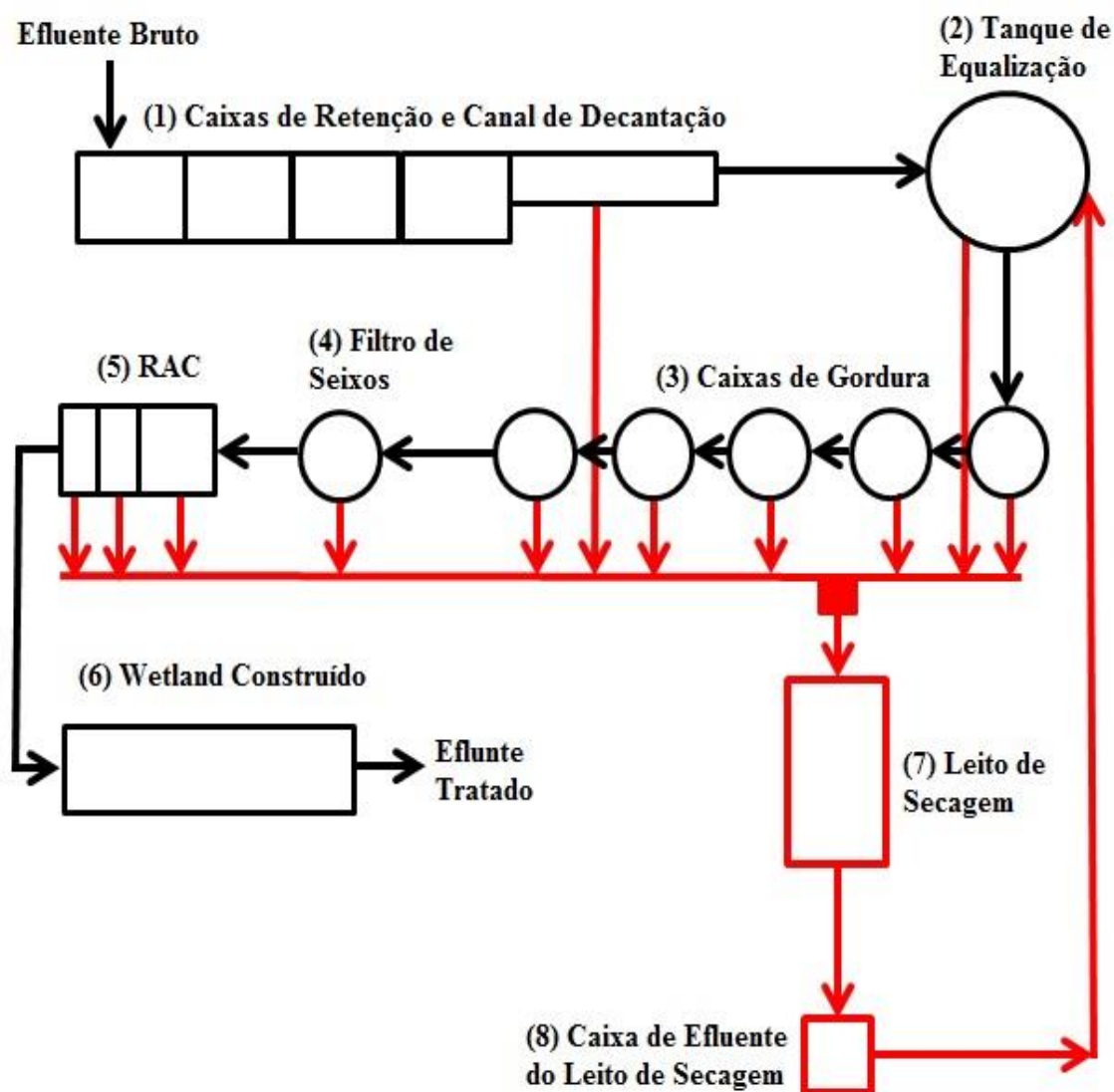
Diante das características do rebanho, manejo diário, instalações, equipamentos e desempenho zootécnico das matrizes leiteiras comparado aos animais de alta produtividade da raça holandesa, o volume de resíduos líquidos gerado na UEP, ficou em torno de $4\text{m}^3/\text{dia}$. A área escolhida para implantação da ETE é um terreno de topografia levemente ondulado de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, bastante comum na região (Figura 19).

Figura 19 - Área para implantação da ETE.



A Figura 20 mostra o esquema do sistema, que a partir de julho de 2012 a agosto de 2013, foi avaliado quanto ao desempenho e à eficiência no tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite.

Figura 20 - Esquema da ETE: “Sistemas Naturais para Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite”, implantada na UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes/MG.



A ETE implantada na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes é composta por:

1ª Unidade: caixas de retenção e canal de decantação de sólidos: recebem todos os resíduos líquidos resultantes da lavagem das instalações e equipamentos da sala de ordenha, do free-stall e da sala de leite, têm por finalidade primária reter sólidos e materiais pesados, tais como pedriscos, silte, escórias, cascalhos, areia, etc;

2ª Unidade: tanque de equalização, recebe o efluente do canal de decantação para adequar, equalizar, homogeneizar as vazões dos resíduos líquidos, eliminar o choque de cargas, diluir as substâncias inibidoras, estabilizar o pH e proporcionar uma vazão constante e continua para o afluente da caixa de gordura;

3ª Unidade: caixas de gordura - composta por cinco caixas circulares divididas ao meio por uma placa plástica, um espaço na parte inferior de cada caixa de 0,10 m, que permite a passagem do resíduo líquido do lado da entrada (0,10 m abaixo da borda de cada caixa) para o lado da saída, 0,20 m abaixo do nível superior das caixas. São tanques simples que auxiliam na redução da velocidade de passagem do efluente e permitiu separação dos sólidos por decantação e flotação;

4ª Unidade: filtro ascendente de seixos rolados - o meio filtrante é composto por: camada inferior (0,30 m), composta por seixos de diâmetro em torno de 3,0 cm, camada intermediária também de 0,30 m, o diâmetro dos pedregulhos é de 2,0 cm e a camada superior (0,40 m) a granulometria do seixo ficou em torno de 1,0 cm, perfazendo 1,0 m de meio filtrante. Filtro ascendente de seixos rolados (pedregulho) foi incorporado ao sistema para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite com a função de reduzir a concentração de sólidos;

5ª unidade: reator anaeróbio compartimentado (RAC), são reatores anaeróbios concebidos para promover que fluxos ascendentes e descendentes de resíduos líquidos, atravessem por seguidas vezes uma densa camada de microrganismos presentes na manta de lodo em cada câmara, o que facilita um contato maior entre o efluente e os microrganismos responsáveis pela degradação dos compostos presentes;

6ª Unidade: wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS), cultivado com mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*), objetiva promover um polimento ao efluente oriundo do RAC. A entrada do afluente é na parte de cima da unidade e o efluente tratado é coletado na parte inferior do wetland.

7ª Unidade: o leito de secagem é a ultima unidade da ETE;

8ª Unidade: Caixa de Efluente do Leito de Secagem

A Figura 21 mostra a vista frontal da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes/MG, em destaque, a placa de identificação.

Figura 21 - Placa de identificação da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de Leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes



4.4.1 Sistema de captação de resíduos.

Os resíduos líquidos oriundos das instalações e equipamentos da sala de ordenha, sala de leite e “free-stall” foram coletados e direcionados para a primeira unidade da ETE, as caixas de retenção/decantação, por meio de um sistema de encanamento específico e caixas de distribuição, construídas em alvenaria, para facilitar o escoamento, o direcionamento do efluente e a manutenção do encanamento, conforme Figura 22.

Figura 22 - Encanamento específico e detalhe interno das caixas de alvenaria.



4.4.2. Unidades da ETE “Sistemas Naturais para Tratamento de Resíduos Líquidos de Bovinocultura de Leite”.

4.4.2.1 Caixas de separação e desidratação de sólidos da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes.

Unidade composta por quatro caixas de alvenaria, em sequência, com dimensões totais de 12,30 m (C) X 3,15 m (L) X 2,05 m (H) de pé direito, coberta com telhas onduladas de fibrocimento. O fundo das caixas é concretado, com declividade de 5% em direção as canaletas de coleta da fração líquida do efluente bruto, localizada na parte posterior da unidade. Cada uma das quatro caixas de retenção mede 2,80 m (L) X 1,80 m (C) X 0,80 m (H). A função básica das caixas é separar (reter) e desidratar os sólidos, como restos de alimentos, fibras mal digeridas, pêlos, solos, etc, que compõem o efluente bruto da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite (Figura 23).

Figura 23 - 1ª Unidade - Vista geral das Caixas de Retenção da ETE.



Cada uma das caixas de retenção recebe resíduos líquidos por um período médio de quinze dias. Durante mais trinta dias, o efluente lançado fica armazenado na caixa utilizada para desidratar o efluente bruto. Foi reservado mais quinze dias para limpeza, manutenção e conservação das caixas. O ciclo total de ocupação e manejo de cada uma das quatro caixas de retenção perfaz um total em torno de sessenta dias. A Figura 24 mostra a parte superior das paredes divisórias das quatro caixas de retenção.

Figura 24 - Vista superior das quatro paredes divisórias das caixas de retenção.



Na parte posterior das caixas de retenção de sólidos, foram instaladas quatro grelhas de concreto pré-moldado, de 0,60 m (L) X 0,80 m (H), com três espaços vazados de 1 cm de largura cada um, para drenar a fração líquida e reter sólidos. A Figura 25 mostra a posição das grelhas e a instaladas nas caixas de retenção.

Figura 25 - Disposição das grelhas na face posterior das caixas de retenção.



4.4.2.2. Lançamento do efluente bruto na ETE

O resíduo líquido de bovinocultura de leite é resultado da higienização das instalações e equipamentos da sala de ordenha, sala de leite e do “free-stall”.

A alimentação das caixas de retenção é realizada na forma de batelada, duas vezes ao dia, de acordo com o manejo de pós ordenha do rebanho leiteiro.

A aparência do resíduo líquido lançado nas caixas de retenção pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 - Aparência dos resíduos líquidos lançados nas caixas de retenção.



Na Figura 27 pode ser vista as grelhas de fibrocimento instaladas na parede posterior das caixas de retenção em funcionamento, durante o processo de desidratação dos sólidos retidos.

Figura 27 - Processo de drenagem da fração líquida do efluente armazenado nas caixas de retenção.



Completado o tempo estipulado (quinze dias) de lançamento de efluente bruto em uma mesma caixa de retenção, os próximos despejos passam a ser lançados na caixa de retenção seguinte e o processo de drenagem da fração líquida continua pelo tempo especificado (trinta dias) e a parte sólida fica aparente (Figura 28).

Figura 28 - Aparência e quantidade de sólidos armazenados nas caixas de retenção.



4.4.2.3. Volume de sólidos desidratados nas caixas de retenção

Cada caixa de retenção mede 2,80m (L) X 1,80m (C) X 0,60m (H). Após 30 dias os sólidos desidratados armazenados atingem em torno de 0,30m de altura na face interna das caixas. Para calcular o volume e o peso dos sólidos armazenados foram coletadas amostras compostas após cada período de desidratação (Figura 29).

Figura 29 - Pontos de coleta das amostras de sólidos desidratados e aparência da amostra composta.



4.4.2.4. - Limpeza das caixas de retenção

A limpeza das caixas de retenção foi realizada de forma manual com ferramentas adequadas, trator e carreta (Figura 30).

Figura 30 - Retirada manual dos sólidos desidratados das caixas de retenção.



As quatro caixas de retenção descritas acima comunicam-se através de uma canaleta comum, localizada na parte posterior das caixas de retenção, responsável pela coleta da fração líquida do efluente bruto. Essa canaleta mede 0,60m (L) X 12,30m (C). A altura da canaleta varia de 0,20m de altura em frente a primeira caixa até 0,35m de altura na parte final da canaleta em frente a última caixa de retenção, visto que há uma declividade média de 5% entre o início e o final da canaleta. A figura 40 mostra parte da canaleta e destaca a grelha de fibrocimento pré-moldado instalada nos orifícios das paredes divisórias entre as caixas de retenção (Figura 31).

Figura 31 - Canaleta comum às quatro caixas de retenção. Destaque para a grelha de fibrocimento.



Acoplado as caixas de separação de sólidos, foi implantado um canal de decantação ou canal coletor de lamas, onde os materiais como lodo, terra e areia são arrastados pela água de escoamento ou de limpeza ficam retidos através de decantação. As dimensões do canal são 0,70 m (L) X 6,30 m (C) X 0,60 m (H). Ao longo desse canal foram instalados cinco stop logs de madeira que forçam o afluente a passar alternadamente por cima e por baixo das barreiras, fato que provoca redução na velocidade de passagem do efluente pela unidade e que aumenta a taxa de decantação dos sólidos pesados. Um encanamento específico com registro apropriado

foi instalado na parte inferior do canal de decantação (fundo), foi usado para coletar amostras de lodo, para drenagem e ou manutenção da unidade quando necessário (Figura 32).

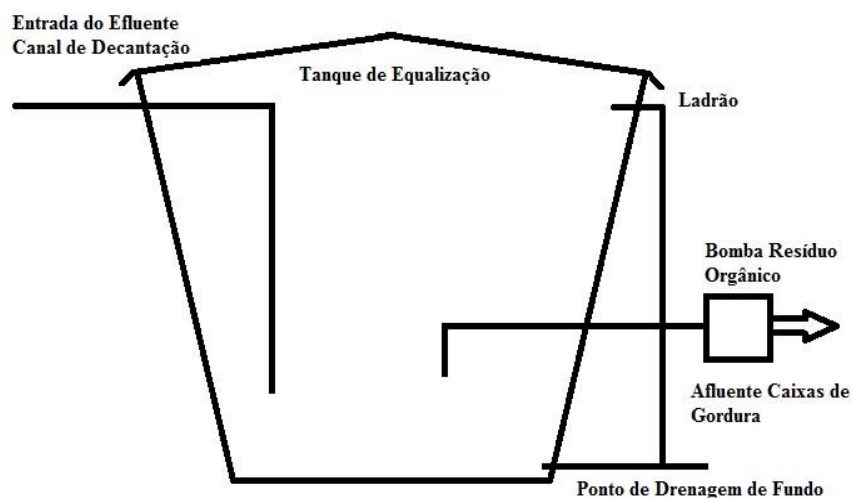
Figura 32 - Canal de decantação destaque para os stop logs.



4.4.2.5. Tanque de equalização

O tanque de equalização é a segunda unidade do sistema. Tem como função, equalizar e homogeneizar as vazões, eliminar possíveis choque de cargas, diluir substâncias inibidoras e estabilizar o pH dos resíduos líquidos oriundos do canal de decantação. A Figura 33 mostra o esquema de funcionamento do tanque de equalização.

Figura 33 - Esquema projetado para o tanque de equalização



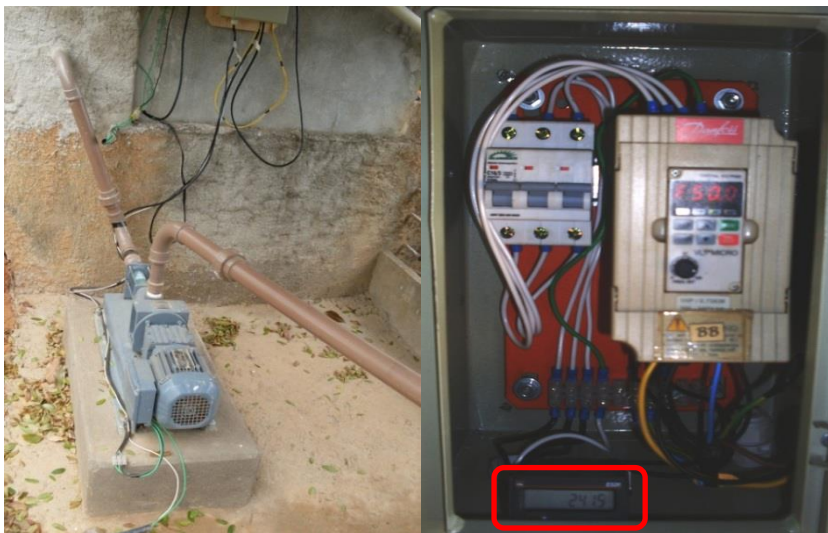
A Figura 34 mostra o tanque de equalização, 2ª unidade da ETE.

Figura 34 - Tanque de equalização.



Para tornar o fluxo do efluente do tanque de equalização constante e direcionar para as caixas de gordura da ETE a jusante, foi instalada uma bomba elétrica programada por um painel digital (Figura 35).

Figura 35 - Bomba elétrica, painel digital e contador de tempo.

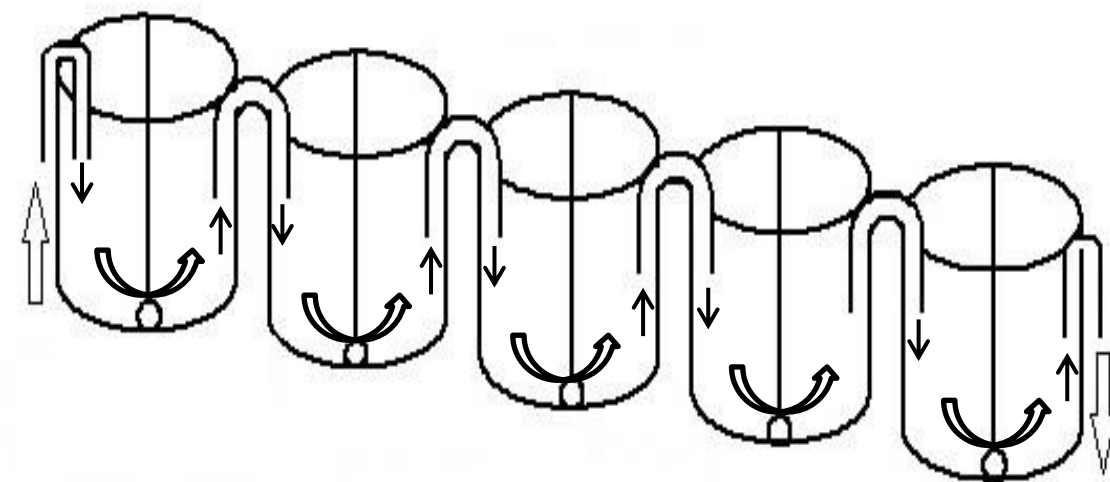


Acoplado ao painel digital, foi interligado um contador para registrar o tempo (em horas) de funcionamento da bomba elétrica por dia. O tempo de funcionamento da bomba elétrica foi ajustado pelo dispositivo de frequência no painel digital que permitiu aumentar ou diminuir a vazão de acordo com a velocidade de rotação da bomba. A vazão média ajustada em relação ao volume de efluente bruto por dia foi em torno de 200 litros/hora. Durante o estudo e avaliação da ETE para tratamento de efluente de bovinocultura de leite, o tempo médio de funcionamento da bomba foi de 20 horas, que multiplicado pela vazão média de 200 litros/hora, resultou em uma vazão média de 4000 litros de resíduos líquidos por dia.

4.4.2.6 – Caixas de Gordura

A Figura 36 mostra o esquema da unidade implantada na ETE avaliada.

Figura 36 - Esquema do fluxo de efluente nas caixas de gordura



O conjunto de caixas de gordura é a terceira unidade da ETE avaliada, composta por cinco manilhas de concreto de 0,80m de diâmetro por um 1,0m de altura (Figura 37).

Figura 37 - Sequência de cinco caixas para separação dos sólidos.



As manilhas foram divididas ao meio, por uma placa de fibra plástica que funciona como uma chicana (Figura 38).

Figura 38 - Caixa de gordura vista de cima, detalhe da placa de fibra plástica que divide ao meio a unidade.

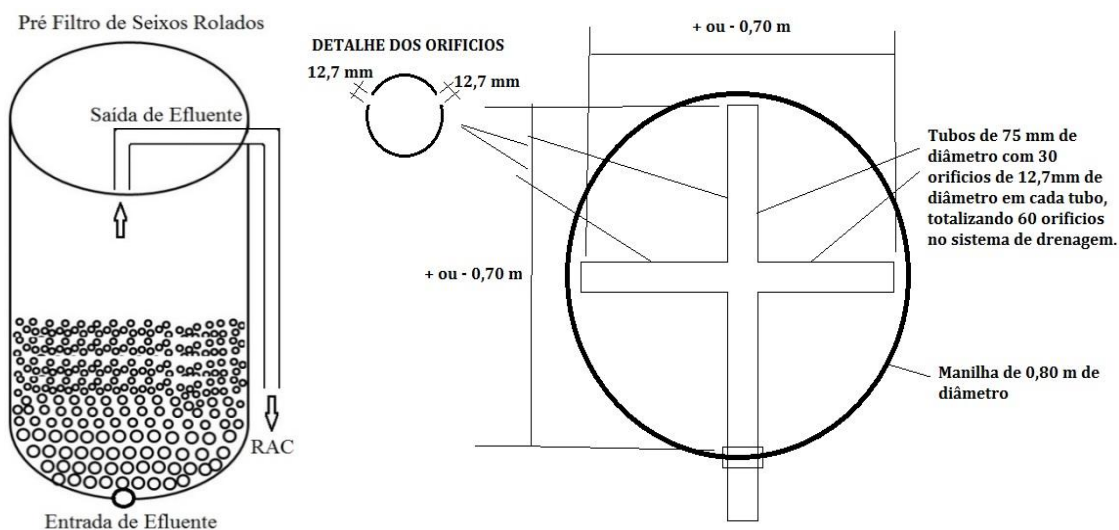


O resíduo líquido entra em cada caixa a 0,10m abaixo da borda, é direcionado pela placa a passar por baixo da divisória, por um espaço de 0,10m na parte inferior de cada manilha. Ao chegar do outro lado da placa divisória, o efluente é direcionado para a próxima manilha por uma saída localizada a 0,20m da borda de cada caixa. Esse caminho sinuoso de entrar por cima, passar por baixo da placa divisória e sair por cima do outro lado das caixas em direção ao próximo tanque, reduz a velocidade de passagem do efluente, o que permitiu a separação natural dos sólidos por sedimentação e flotação.

4.4.2.7. - Filtro (ascendente) de seixo rolado

A Figura 39 mostra o esquema de funcionamento do pré-filtro e detalha o encanamento do fundo da unidade.

Figura 39 - Esquema de funcionamento do filtro de pedras e detalhe do encanamento de fundo.



O filtro de seixo rolado (pedregulho) é um processo utilizado como pré-tratamento em sistemas de filtração lenta. Embora seja uma unidade geralmente utilizada para tratamento de água com intuito de reduzir turbidez, foi incorporado ao sistema para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite para reduzir a concentração de sólidos (Figura 40).

Figura 40 - Vista lateral do filtro de seixo e do encanamento de fundo da unidade.



Nessa unidade a vazão afluyente é distribuída no fundo, imprimindo um fluxo ascendente ao líquido. A coleta é feita na superfície por meio de canalização localizada a 0,30m da superfície e em seguida direcionada ao RAC. O meio filtrante é composto por seixos rolados de três granulometrias diferentes. A camada inferior (0,30m), composta por seixos de diâmetro médio de 3,0cm, camada intermediária também de 0,30m, diâmetro médio dos pedregulhos de 2,0cm e a camada superior (0,40m), seixos de diâmetro médio de 1,0cm. A Soma das três camadas de meios filtrantes perfaz 1,0 m de altura (Figura 41).

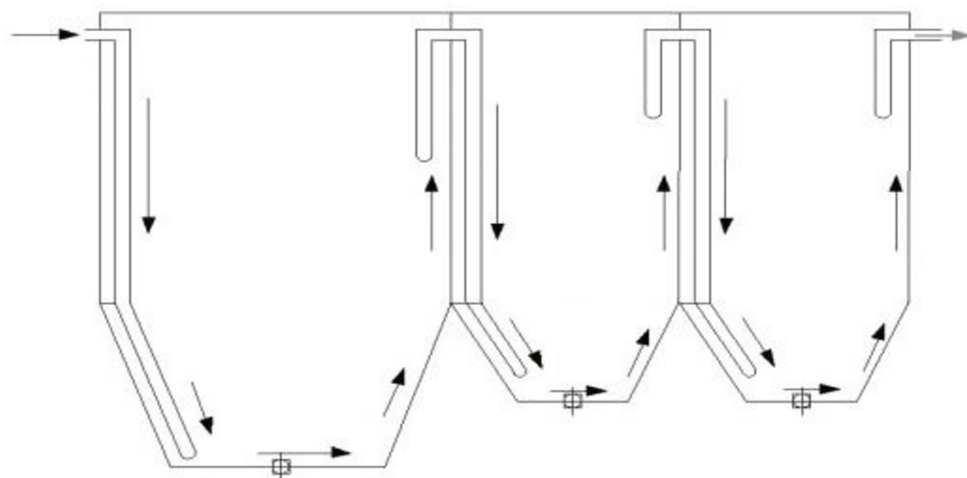
Figura 41 - Granulometria das pedras que formam o meio filtrante do pré-filtro de seixo rolado.



4.4.2.8. - Reator anaeróbio compartimentado (RAC).

O RAC é a 5ª unidade da ETE avaliada. A Figura 42 mostra o esquema implantado na ETE.

Figura 42 - Esquema do fluxo do efluente nas câmaras do reator anaeróbio compartimentado.



Conta com três câmaras no formato de pirâmide invertida. O reator é abastecido pelo efluente oriundo do filtro (ascendente) de seixo rolado. A Figura 43 detalha a câmara em construção, e também o reator anaeróbio lacrado com tampa de concreto.

Figura 43 - RAC em construção e lacrado com as placas de concreto.



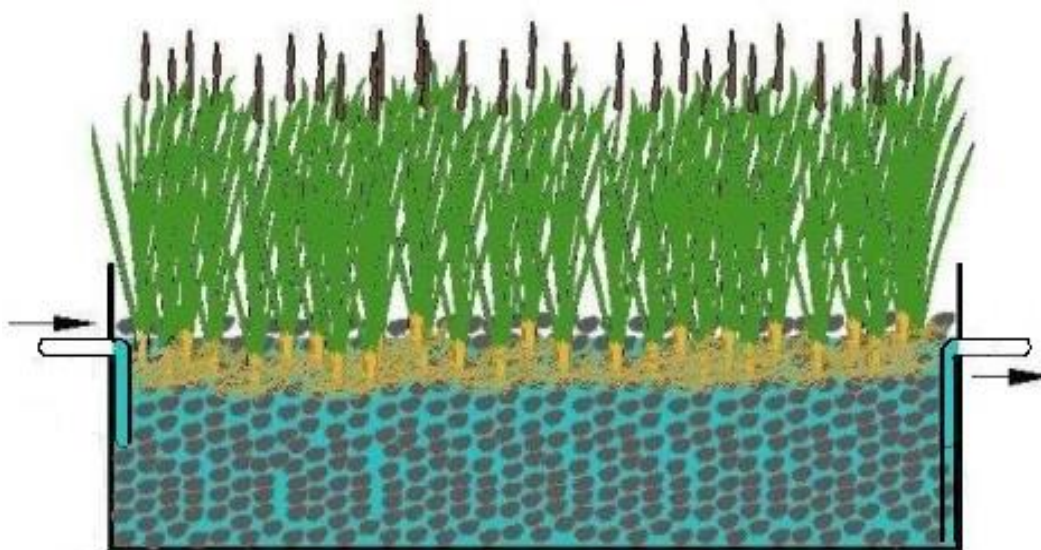
A capacidade total das três câmaras do reator é de $5,0\text{m}^3$, sendo que o volume da primeira câmara é de $2,5\text{m}^3$ e as outras duas de $1,25\text{m}^3$ cada uma. O lançamento do efluente dentro das câmaras é feito a 1,40m abaixo do nível do efluente no interior do RAC e a

captação do efluente para o lançamento na câmara seguinte, fica em torno de 0,30m abaixo do nível do efluente interior das câmaras. O RAC foi dimensionado para um tempo de detenção (TDH) previsto em torno de 30 horas. Foi instalado no fundo de cada uma das câmaras do RAC, um encanamento para drenagem do lodo e coleta de amostras quanto necessário.

4.4.2.9. - Wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial vegetado com macrófitas

O wetland construído horizontal é a 6ª unidade da ETE estudada. A Figura 44 mostra um esquema da unidade.

Figura 44 - Esquema de funcionamento de um wetland construído de fluxo horizontal.



O afluente do wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial implantado na ETE da UEP animais de grande porte - e bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes é oriundo da terceira câmara do reator anaeróbico compartimentado (RAC). É uma unidade implantada para tratamento de resíduo líquido de bovinocultura de leite para demonstrar a habilidade das várzeas em remover ou transformar os poluentes dos efluentes.

A unidade foi construída em alvenaria, com 10,50m de comprimento, 3,50m de largura, 1,20m de altura total (H/Total). O meio suporte utilizado foi brita nº 2, com índice de vazios de 50%. A altura da brita (H/Brita) no interior do wetland atinge 1,0m e a altura do efluente

(H.Efet.) no meio suporte é de 0,80m. O volume total efetivo de efluente no wetland construído é de 14,7m³. O TDH previsto para o wetland construído avaliado foi de 3,6 dias. A entrada do afluente é pela parte superior e o efluente tratado foi coletado na parte inferior do wetland construído. A planta utilizada no wetland construído avaliado foi o *Cyperus papyrus nanus* (Figura 45).

Figuras 45 - Wetland construído vegetado com Mini Papiro da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes.



A Figura 46 mostra o ponto de entrada do efluente oriundo da terceira câmara do RAC e a Figura 47 o ponto de saída do efluente tratado do wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial.

Figura 46 - Ponto de entrada do efluente no wetland construído.

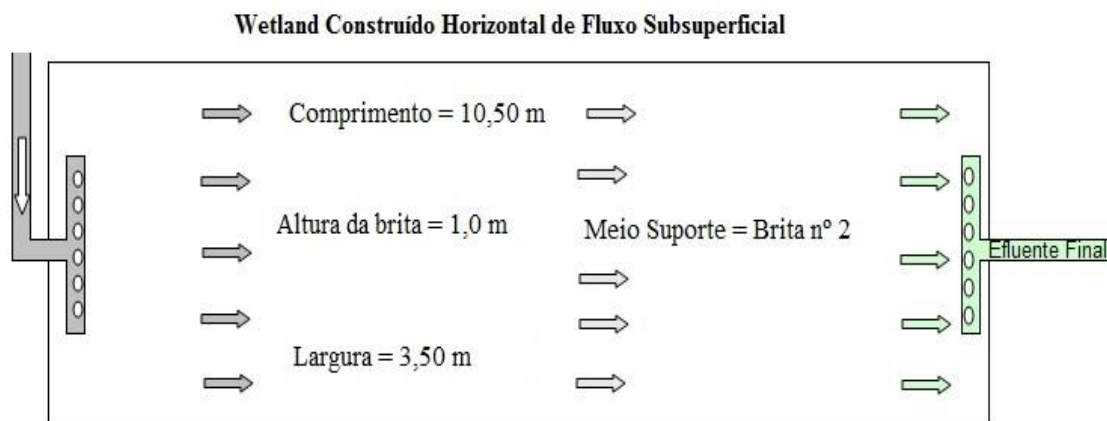


Figura 47 - Ponto de saída do efluente tratado do wetland da ETE da UEP bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes



A Figura 48 mostra o esquema do fluxo de efluente oriundo do RAC na wetland construída na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Figura 48 – Fluxo do efluente no wetland construído.



4.4.2.10. - Leito de Secagem

O leito de secagem é a última unidade da ETE. As dimensões são: 6,0m (C) X 1,5m (L) X 1,70 (H). O fundo é de concreto, com 5% de declividade das laterais para o centro e do início para o final do leito de secagem. No fundo da caixa foi instalado um cano de PVC (150 mm) com um recorte na borda superior de 0,15m protegido por grelhas de fibrocimento. A primeira camada do meio filtrante (0,30m) é composta por brita nº 2, a segunda camada também de 0,30m é de brita nº 1. Uma manta geotêxtil, separa a brita nº 1 da camada de areia grossa (0,40m de altura). Na parte superior do leito de secagem chamado de camada suporte foi assentado bloquetes sextavados de concreto (0,32m (C) X 0,32m (L) x 0,15m (H)) conforme mostra a Figura 49.

Figura 49 - Etapas da construção, cano recortado na borda superior (à esquerda), protegido com grelhas de fibrocimento (ao centro) e o assentamento dos blocos sextavados (à direita).



O leito de secagem foi utilizado para filtrar e desidratar o lodo produzido no canal de decantação, tanque de equalização, caixas de gordura, filtro de pedregulho e RAC. A Figura 50 destaca o lançamento de lodo (à esquerda), aparência do lodo em processo de desidratação (ao centro) e o mesmo lodo em processo mais avançado de desidratação (à direita).

Figura 50 - Lançamento e processo de desidratação do lodo bruto.



O lodo retido no leito de secagem é retirado de forma manual. A fração líquida percolada foi direcionada para um reservatório equipado com bomba elétrica e boia específica para ligar e desligar a bomba de acordo com o nível de efluente acumulado no reservatório de armazenamento e retorna para o tanque de equalização (Figura 51).

Figura 51 - Caixa de armazenamento do efluente do leito de secagem.



4.5. Caracterização dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite

Para caracterizar os resíduos líquidos da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes, amostras de efluente bruto foram coletadas a cada quinze dias, de manhã (em torno de oito horas), durante o manejo geral de pós ordenha, de Julho/12 a Agosto/13, no encanamento de entrada (1ª unidade) das caixas de separação de sólidos (ponto de coleta da amostra nº 1).

4.6. Evapotranspiração no WCHFSS

De julho de 2012 a agosto de 2013, a cada quinze dias, foi cronometrado o tempo de enchimento de uma proveta graduada de um litro pela vazão afluyente e efluente do WCHFSS.

A diferença no tempo de enchimento foi interpretada como sendo percentagem de evapotranspiração e absorção de efluente pelas plantas ao longo do wetland construído.

4.7. Análises Laboratoriais das amostras coletadas

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, em Campinas/SP. As variáveis avaliadas e os métodos utilizados nas análises laboratoriais são descritos, a seguir, no quadro 05.

Quadro 05: Parâmetros avaliados e métodos utilizados nas análises.

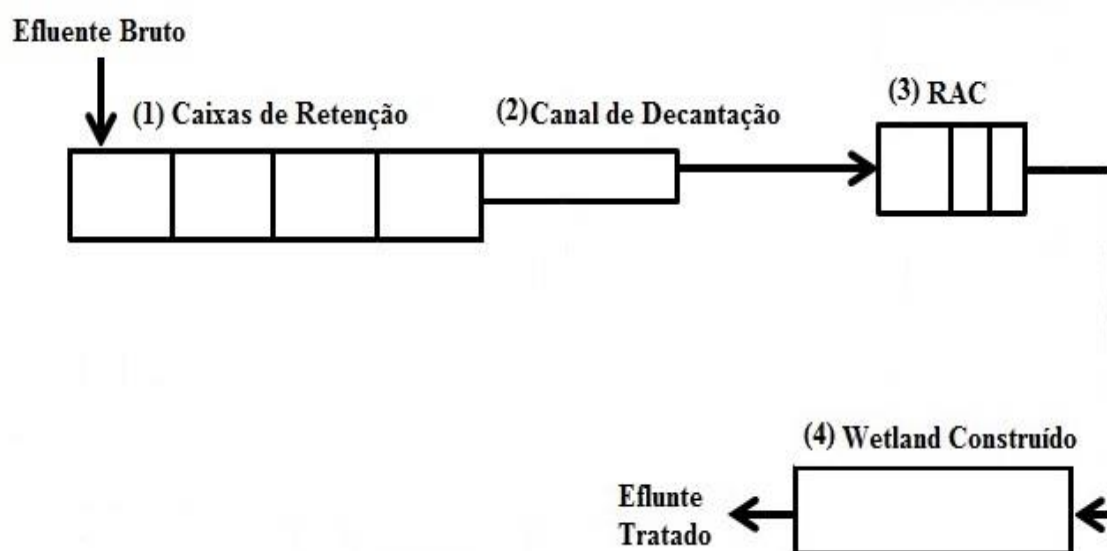
Parâmetros	Métodos
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico: Método 5220D. Standard Methods 21th edition 2005.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	Medidor Respirométrico DBOTRAK - Hach
Determinação de Resíduos ou Sólidos: Série Completa	Sólidos Suspensos Totais 2540D; Sólidos Fixos e Voláteis 2540E e Sólidos Sedimentáveis 2540F. Standard Methods 20ed.
Nitrogênio Amoniacal Método 4500 - NH ₃ .	Standard Methods 20ed.
Nitrogênio - Nitrato	Método Hach usando Nitraver 5. Method. Reduction Cadmium.
Nitrogênio Total Kjeldahl	Standard: adaptado 4500 - ORG.B. Standard Methods 20ed.
Fósforo	Método Ácido Ascórbico. Método 4500 - PE. Standard Methods 20ed.
pH	Método 4500 H + B. Método eletrométrico. Standard Methods 20ed.

Fonte: Lab. de Saneamento da FEAGRI/Unicamp - Campinas/SP

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente a ETE implantada em tamanho real, para tratar os resíduos líquidos de bovinocultura de leite da UEP animais de grande porte do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes era composta por quatro unidades: unidade 1: caixas de retenção (separação) de sólidos; unidade 2: canal de decantação; unidade 3: reator anaeróbio compartimentado (RAC) e unidade 4: wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (Figura 52).

Figura 52 - Esquema inicial das unidades da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.



O início dos estudos e avaliação da ETE esquematizada acima ocorreu em meados de março de 2010. A forma de lançamento de efluente bruto utilizado na época foi o de batelada, ou seja, todo o volume de resíduo líquido de bovinocultura de leite oriundo das instalações e equipamentos no manejo de pós ordenha era direcionado de uma única vez para todas as unidades ETE, fato que causou sérios problemas ao wetland construído, como a invasão do wetland pela erva de nome comum trapoeraba, andacá (Figura 53), que comprometeu sobremaneira a implantação, adaptação e o desenvolvimento da macrófita plantada (*typha sp* - taboa) no wetland construído.

Figura 53 - Aparência do wetland construído invadido pela erva Trapoeraba.



A Figura 54 mostra o excesso de matéria orgânica que chegou ao meio suporte do wetland construído em decorrência da forma de manejo do lançamento do efluente bruto nas unidades da ETE em estudo. Destaque para uma das poucas plantas de taboa que conseguiu resistir à invasão do wetland pela trapoeraba.

Figura 54 – Presença de matéria orgânica sobre o meio suporte do wetland.



Diante dos resultados iniciais considerados insatisfatórios, unidades existentes foram adaptadas e novas unidades foram implantadas. A implantação do tanque de equalização, equipado com uma bomba elétrica específica para efluente orgânico, que regularizou a vazão afluente para as caixas de gordura, transformou a metodologia de tratamento para fluxo constante e contínuo. Essa mudança na forma de tratamento foi fundamental para a melhoria da percentagem de eficiência do sistema de um modo geral. Caixas de gordura com divisão interna, também foram implantadas, a redução da velocidade de passagem do efluente nessa unidade permitiu a separação natural dos sólidos por sedimentação e flotação. O filtro ascendente de seixos rolados aumentou a eficiência do sistema na retenção de sólidos.

Outras plantas também foram testadas na vegetação do wetland construído, o capim vetiver (capim navalha) e a cana da índia (biri-biri). O capim vetiver inicialmente se desenvolveu bem, passado aproximadamente seis meses da sua implantação, as raízes do capim começaram a apodrecer e as folhas começaram a secar e as brotações não ocorriam mais (Figura 55).

Figura 55 - Wetland construído com destaque para as folhas secas do capim vetiver



A cana da índia (Biri-biri) devido ao seu crescimento vigoroso provocou sombreamento na área do meio suporte do wetland, reduzindo de forma significativa o numero de plantas por

metro quadrado de área vegetada. A Figura 56 destaca as áreas desprovidas de plantas no wetland construído.

Figura 56 - Destaque para as áreas sem vegetação de plantas no wetland construído.



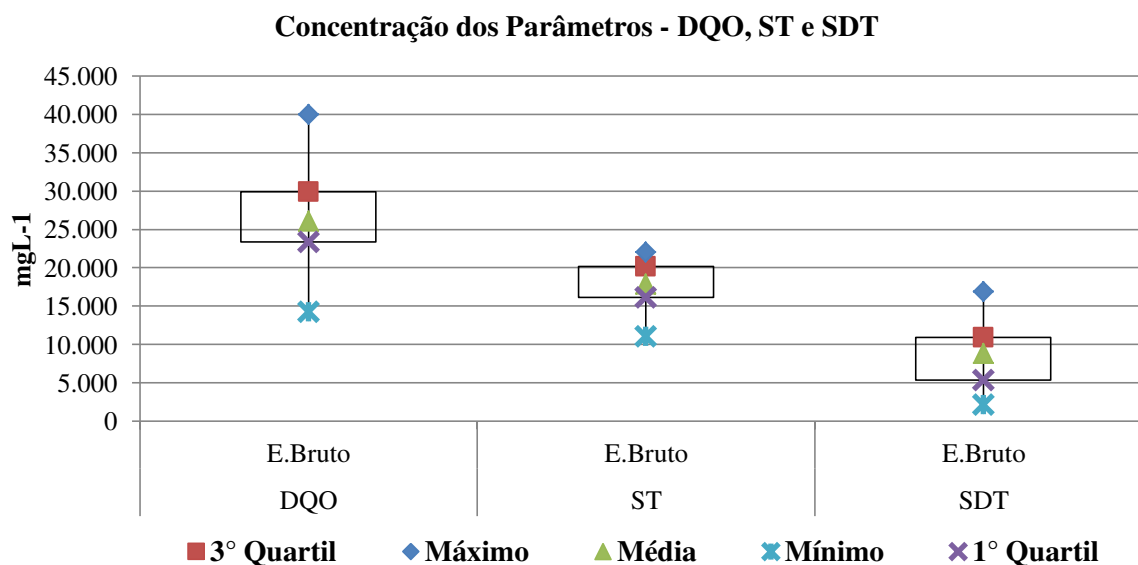
Diante dos fatos apresentados, o mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*) foi a planta que adaptou melhor as condições do wetland, apresentou crescimento uniforme e agressivo. Os resultados das análises após a implantação do mini papiro, confirmaram a maior eficiência na remoção da concentração dos parâmetros avaliados.

5.1. Caracterização dos resíduos líquidos da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

Concentração dos parâmetros utilizados para caracterizar os resíduos líquidos da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes são: Sólidos Totais (ST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Sedimentáveis (SS), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Nitrato (NO⁻³), N-amoniacal (N-NH₃), Nitrogênio Total (NTK), Fósforo (P) e os valores de pH.

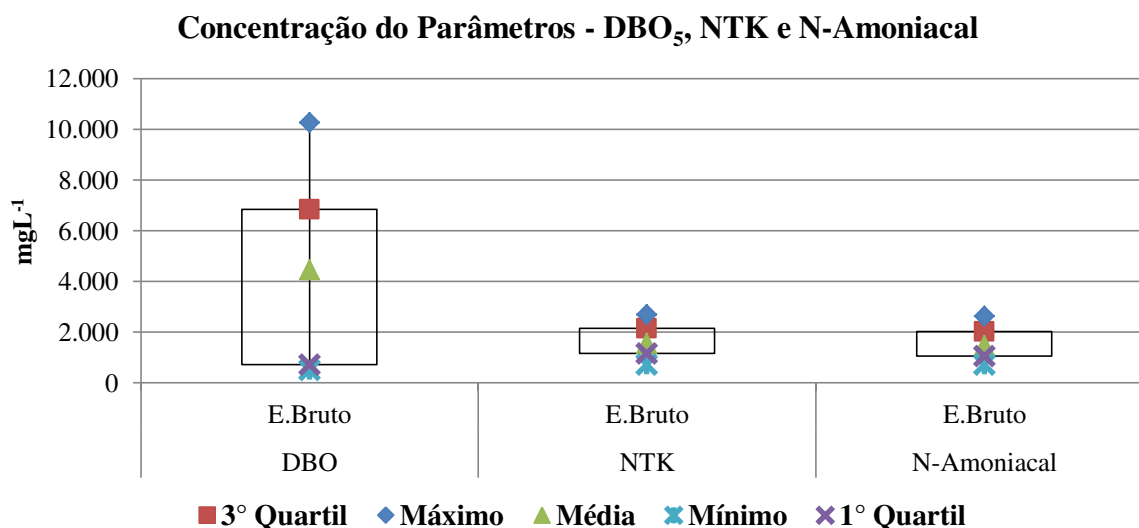
A Figura 57 mostra a concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT que caracterizaram o efluente bruto da bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Figura 57 - Concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT nos resíduos líquidos de bovinocultura de leite.



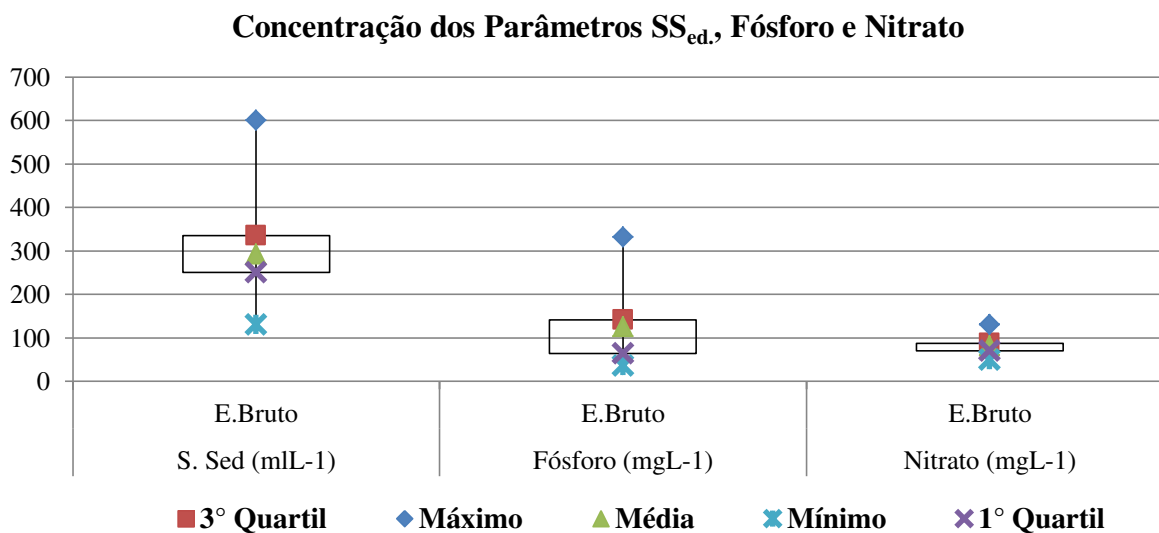
A Figura 58 mostra a concentração dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal que caracterizaram o efluente bruto da bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Figura 58 - Concentração dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal nos resíduos líquidos de bovinocultura de leite.



A Figura 59 mostra a concentração dos parâmetros Sólidos Sedimentáveis, Fósforo e Nitrato, que caracterizam o efluente bruto de bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Figura 59 - Concentração dos parâmetros Sólidos Sedimentáveis (SS_{ed.}), Fósforo (P) e Nitrato (NO⁻³) dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite.



O quadro 06 resume os valores das concentrações dos parâmetros que caracterizaram os resíduos líquidos da UEP da bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 06 - Resumo das concentrações dos parâmetros que caracterizaram o efluente bruto.

Concentração dos Parâmetros dos Resíduos Líquidos									
	DQO (mgL ⁻¹)	ST (mgL ⁻¹)	SDT (mgL ⁻¹)	DBO (mgL ⁻¹)	NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₃ (mgL ⁻¹)	SS (mgL ⁻¹)	P (mgL ⁻¹)	NO ⁻³ (mgL ⁻¹)
Máximo	40.000	22.016	16.916	10.260	2.688	2.632	600	332	130
Média	26.107	17.886	8.870	4.461	1.556	1.468	293	125	81
Mínimo	14.250	11.075	2.183	508	728	728	130	36	50

SILVA, (2007) estudou uma ETE piloto composta por lagoa anaeróbia, seguida por lagoa facultativa e wetland construído, para tratar o efluente bruto da sala de ordenha da UEP de bovinocultura leite da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes/MG de 2005 a 2007. As amostras do efluente bruto eram coletadas no encanamento de saída da unidade piloto que simulava a lavagem e a higienização da sala de ordenha e analisadas no Laboratório de Saneamento da FEAGRI. As concentrações médias dos parâmetros avaliados ao longo do período foram utilizadas para caracterizar os resíduos líquidos oriundo da sala de ordenha da UEP estudada. Os resultados das análises apresentaram variações significativas ao longo do período de estudo e avaliação, devido a vários fatores, como alimentação, manejo dos animais, mão de obra, instalações, equipamentos, entre outros.

O quadro 07 compara os valores médios de concentração dos resultados de duas caracterizações de resíduos líquidos de bovinocultura de leite, obtidos na ETE piloto citada acima (SILVA, 2007) e na ETE sistemas naturais.

Quadro 07 - Comparação dos resultados: ETE Sistemas Naturais e Sistemas de Lagoa.

Parâmetros (**)	Sistemas Naturais	Sistemas Lagoas (*)
Sólidos Totais (ST)	17.886	7.808
SDT	8.870	XX
DQO	26.107	983
Nitrato (NO_3^-)	81	17
Fósforo (P)	125	67
N - Amoniacal (N-NH_3)	1.556	47

(*) Adaptado de SILVA, (2007).

(**) Concentrações médias em mgL^{-1} .

Os resultados médios das análises das amostras da ETE “Sistemas Naturais para tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite” foram significativamente mais altos, justificados porque os resíduos líquidos lançados na ETE “sistema natural” foi composto pelo efluente do galpão de confinamento das vacas em lactação (free-stall), lavagem e higienização dos equipamentos da sala de ordenha (ordenhadeira) e sala de leite (tanques de armazenamento e resfriamento de leite).

MANTOVI *et al.* (2003) relataram as dificuldades para caracterizar os resíduos líquidos de sala de ordenha devido as grandes variações quanto ao número de vacas ordenhadas, quantidade de água e detergentes utilizados, funcionários entre outros componentes.

WOOD *et al.* (2007) encontraram variações expressivas na caracterização dos resíduos líquidos de sala de ordenha, justificadas pelos autores em função da variabilidade das práticas operacionais (manejo diário) dos locais pesquisados.

O quadro 08 compara as concentrações físico-químicas coletadas na literatura de resíduos líquidos de sala de ordenha de bovinocultura de leite e efluente doméstico.

Quadro 08 - Comparação entre resíduos líquidos de sala de ordenha e efluente domésticos.

Tipo de Efluente	DBO _{5, 20} (mgL ⁻¹)	DQO (mgL ⁻¹)	NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₄ (mgL ⁻¹)	P _{Total} (mgL ⁻¹)	SST (mgL ⁻¹)	Autores:
Salas de Ordenha de Bovinocultura de Leite	2.300	-	-	36,00	15	921	DUNNE et al. (2005)
	1.200	-	-	52	44	26	MUMÑOZ et al. (2006)
	2.680	-	102	7,80	25,70	1.284	NEWMAN et al. (2000)
	2.811	6.144	-	366	89,3	6.144	WOOD et al. (2007)
Efluente Doméstico	400	1000	85	50	15	350	METCALF & EDDY (1991)

Legenda: (DBO_{5, 20}) - Demanda Bioquímica de Oxigênio; (DQO) - Demanda Química de Oxigênio; (NTK) - Nitrogênio Total Kjeldahl; (N-NH₄) - Nitrogênio Amoniacal; (P) Total - Fósforo Total e (SST) - Sólidos Suspensos Totais.

VON SPERLING (1995) usou o parâmetro de DBO₅, para relatar que uma pessoa elimina em média 54 g de DBO₅/dia. O mesmo autor observou que a carga orgânica produzida por uma vaca equivale à carga orgânica produzida por 16 pessoas. A ETE avaliada neste trabalho obteve uma concentração média de 4.461 mgL⁻¹ de DBO₅ no efluente bruto, na entrada do sistema (caixas de retenção/decantação), que multiplicado pelo volume médio de quatro mil litros/dia e dividido pelo número médio de vacas em lactação por mês (26 vacas durante o período avaliado), o resultado médio encontrado, foi de 686,30 g/DBO₅/vaca/dia. Conforme relato de VON SPERLING (1995), (54g/DBO₅/pessoa/dia), a carga orgânica produzida por uma vaca nesse trabalho foi equivalente à produção de carga orgânica em torno de 13 pessoas.

5.2. - Valores de concentração e percentagens de eficiência das unidades da ETE.

Os quadros e os gráficos abaixo apresentam os valores de concentração e as percentagens de remoção dos parâmetros em cada unidade da ETE implantada na UEP bovinocultura de leite, subtraindo do valor médio de concentração afluyente o valor médio de concentração efluente. A diferença entre os valores de concentração foi convertida em percentagem de eficiência de cada unidade. As concentrações e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros avaliados foram: Sólidos Totais (ST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Sedimentáveis ($SS_{ed.}$), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), N-Amoniacal ($N-NH_3$), Nitrato (NO_3), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo (P).

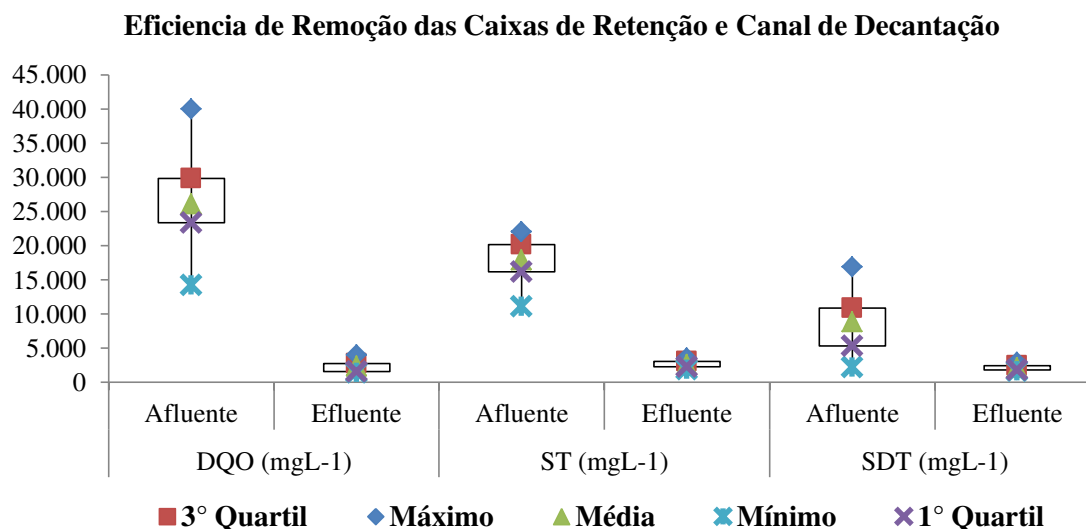
5.2.1. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção das caixas de retenção e canal de decantação.

O Quadro 09 e a Figura 60 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros DQO, ST e SDT nas caixas de retenção e no canal de decantação na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 09 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros, DQO, ST e SDT nas caixas de retenção e canal de decantação.

Caixas de Retenção e Canal de Decantação						
Parâmetros	DQO (mgL^{-1})		ST (mgL^{-1})		SDT (mgL^{-1})	
Concentrações	Afluyente	Efluente	Afluyente	Efluente	Afluyente	Efluente
Máximo	40.000	4.000	22.016	3.550	16.916	2.931
Média	26.107	2.363	17.886	2.632	8.870	2.136
Mínimo	14.250	1.450	11.075	1.909	2.183	1.682

Figura 60 - Eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST e SDT nas caixas de retenção e canal de decantação.



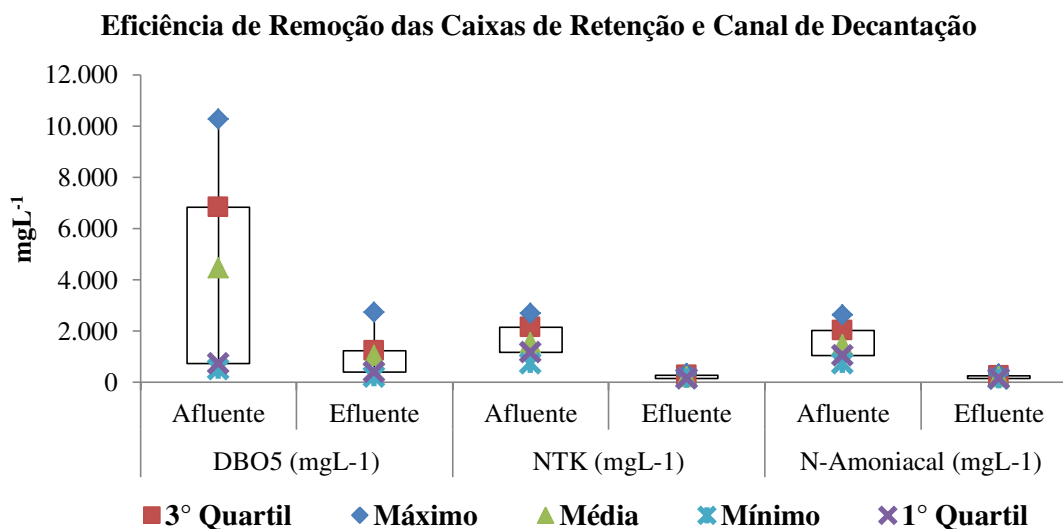
As caixas de retenção e o canal de decantação apresentaram as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **DQO = 91 %**, **ST = 85 %** e **SDT = 76 %**.

O Quadro 10 e a Figura 61 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal nas caixas de retenção e no canal de decantação da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 10 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros, DBO₅, NTK e N-Amoniacal nas caixas de retenção e canal de decantação.

Caixas de Retenção e Canal de Decantação						
Parâmetros	DBO ₅ (mgL ⁻¹)		NTK (mgL ⁻¹)		N-Amoniacal (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	10.260	2.732	2.688	336	2.632	325
Média	4.461	1.038	1.556	221	1.468	214
Mínimo	508	207	728	146	728	140

Figura 61 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal nas caixas de retenção e canal de decantação.



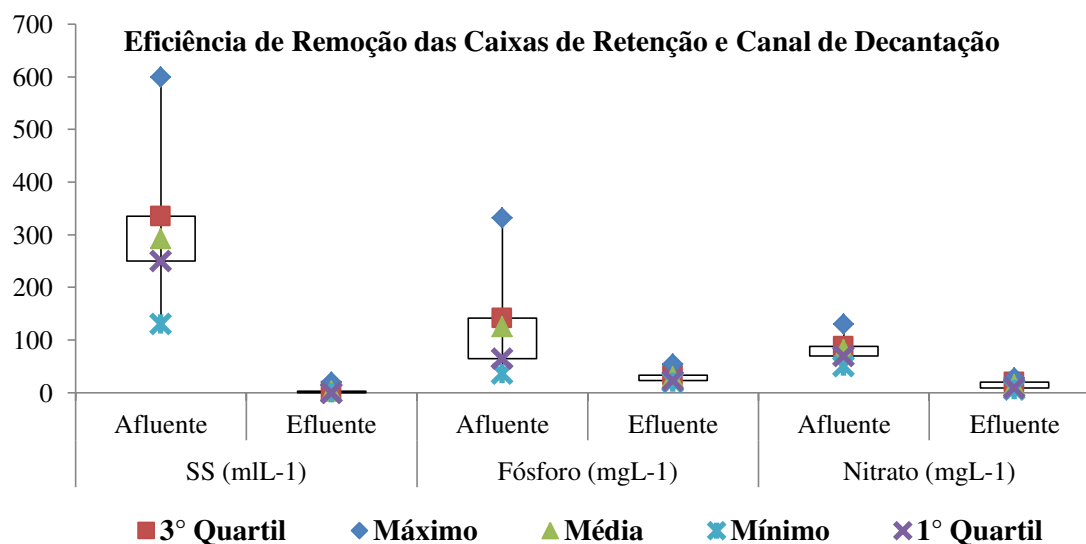
As caixas de retenção e o canal de decantação apresentaram as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **DBO₅ = 77 %**, **NTK = 86 %** e **N-Amoniacal = 85 %**.

O Quadro 11 e a Figura 62 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros SS, Fósforo e Nitrato nas caixas de retenção de sólidos e no canal de decantação da ETE na UEP - bovinocultura de leite.

Quadro 11 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros: Sólidos Sedimentáveis, Fósforo e Nitrato nas caixas de retenção e canal de decantação.

Caixas de Retenção e Canal de Decantação						
Parâmetros	SS _{ed.} (mL ⁻¹)		Fósforo (mgL ⁻¹)		Nitrato (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	600	20	332	54	130	28
Média	293	3	125	30	81	15
Mínimo	130	0	36	20	50	6

Figura 62 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato nas caixas de retenção e canal de decantação.



As caixas de retenção e o canal de decantação apresentaram as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: SS_{ed} = 99 %, Fósforo = 76 % e Nitrato = 81 %.

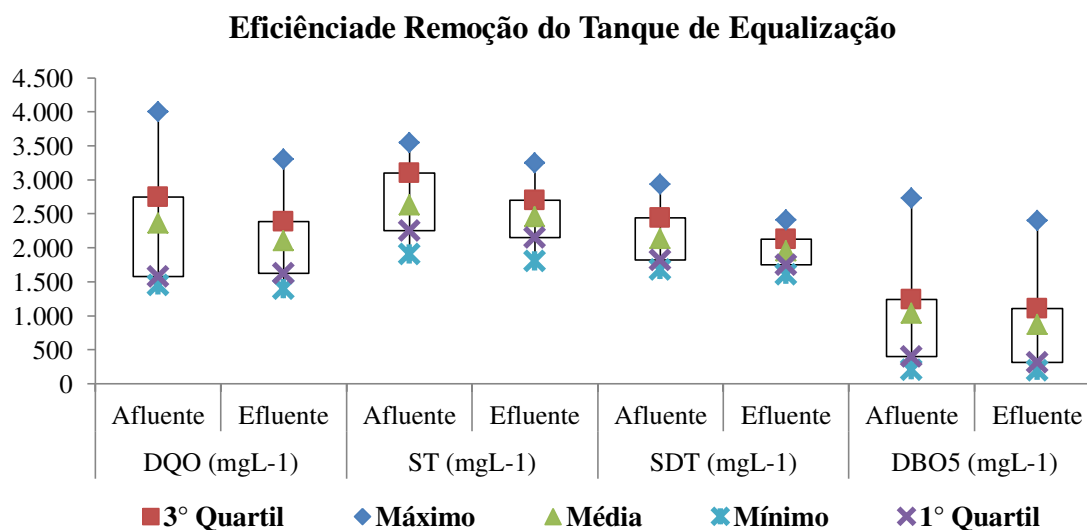
5.2.2. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção do tanque de equalização.

O Quadro 12 e a Figura 63 mostram os valores de concentração e as percentagens da eficiência de remoção dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO_5 , no tanque de equalização da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 12 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros: DQO, ST, SDT e DBO₅ no tanque de equalização.

Tanque de Equalização								
Parâmetros	DQO (mgL ⁻¹)		ST (mgL ⁻¹)		SDT (mgL ⁻¹)		DBO ₅ (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	4.000	3.300	3.550	3.252	2.931	2.410	2.732	2.402
Média	2.363	2.104	2.632	2.459	2.136	1.951	1.038	869
Mínimo	1.450	1.400	1.909	1.807	1.682	1.609	207	195

Figura 63 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ no tanque de equalização.



O tanque de equalização apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **DQO = 11 %**, **ST = 6 %**, **SDT = 9 %** e **DBO₅ = 16 %**.

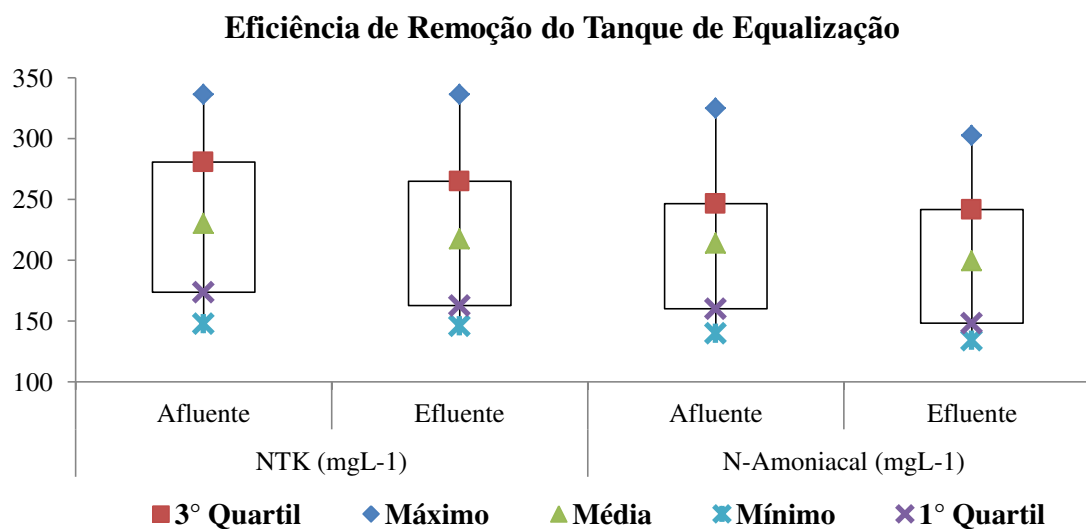
O Quadro 13 e a Figura 64 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no tanque de equalização da ETE

na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 13 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no tanque de equalização.

Tanque de Equalização				
Parâmetros	NTK (mgL-1)		N-Amoniacal (mgL-1)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	336	336	325	302
Média	230	218	214	200
Mínimo	148	146	140	134

Figura 64 – Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no tanque de equalização.



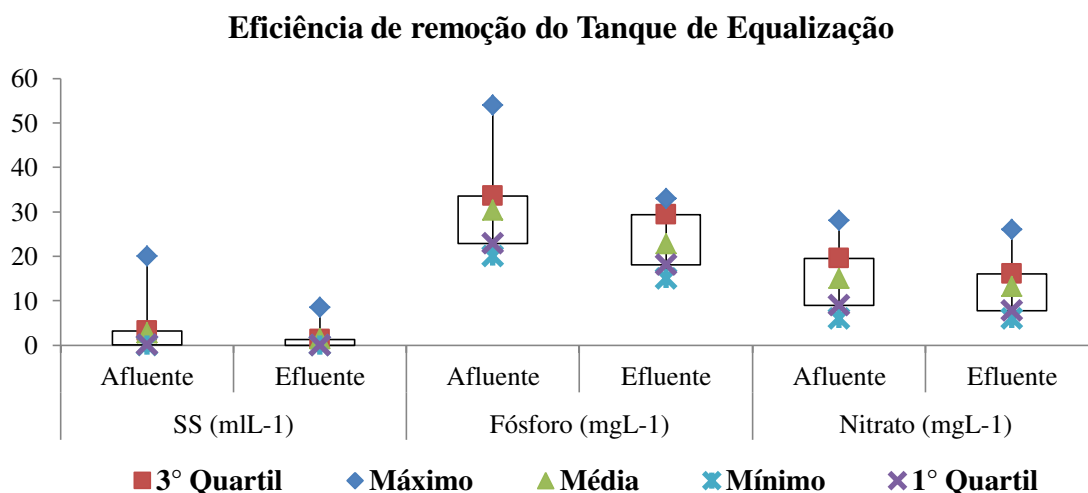
O tanque de equalização apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **NTK = 5 %** e **N-Amoniacal = 7 %**.

O Quadro 14 e a Figura 65 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros SS, Fósforo e Nitrato no tanque de equalização da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 14 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros S_{ed} , S, Fósforo e Nitrato no tanque de equalização

Tanque de Equalização						
Parâmetros	SS_{ed} (mgL^{-1})		Fósforo (mgL^{-1})		Nitrato (mgL^{-1})	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	20	9	54	33	28	26
Média	3	1	30	23	15	13
Mínimo	0	0	20	15	6	6

Figura 65 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato no tanque de equalização.



O tanque de equalização apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: SS_{ed} = 67%, Fósforo = 23% e Nitrato = 13%.

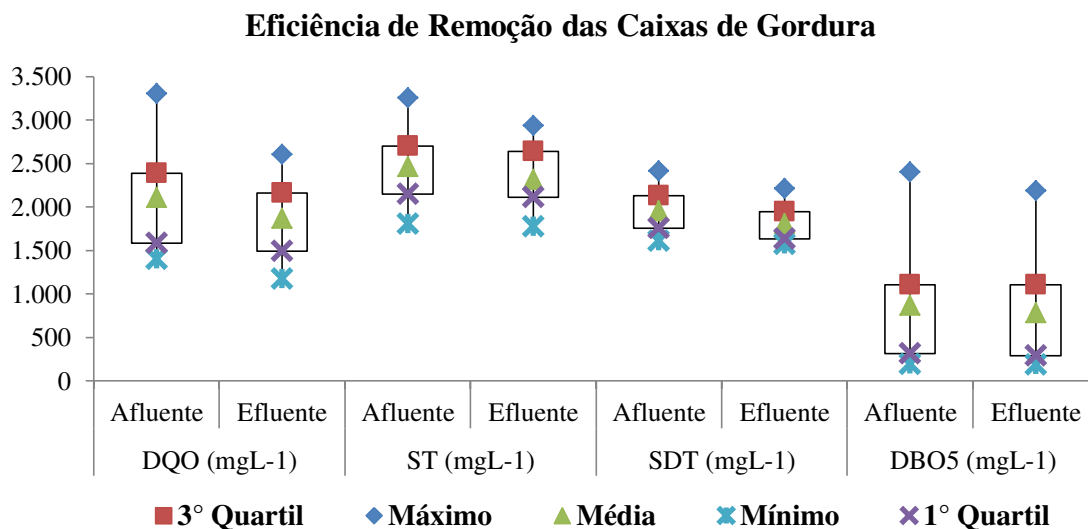
5.2.3. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção das caixas de gordura.

O Quadro 15 e a Figura 66 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ nas caixas de gordura da ETE na UEP bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 15 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ nas caixas de gordura.

Caixas de Gordura								
Parâmetros	DQO (mgL ⁻¹)		ST (mgL ⁻¹)		SDT (mgL ⁻¹)		DBO ₅ (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	3.300	2.600	3.252	2.931	2.410	2.211	2.402	2.186
Média	2.104	1.864	2.459	2.316	1.951	1.804	869	778
Mínimo	1.400	1.175	1.807	1.773	1.609	1.571	195	185

Figura 66 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ nas caixas de gordura nas caixas de gordura.



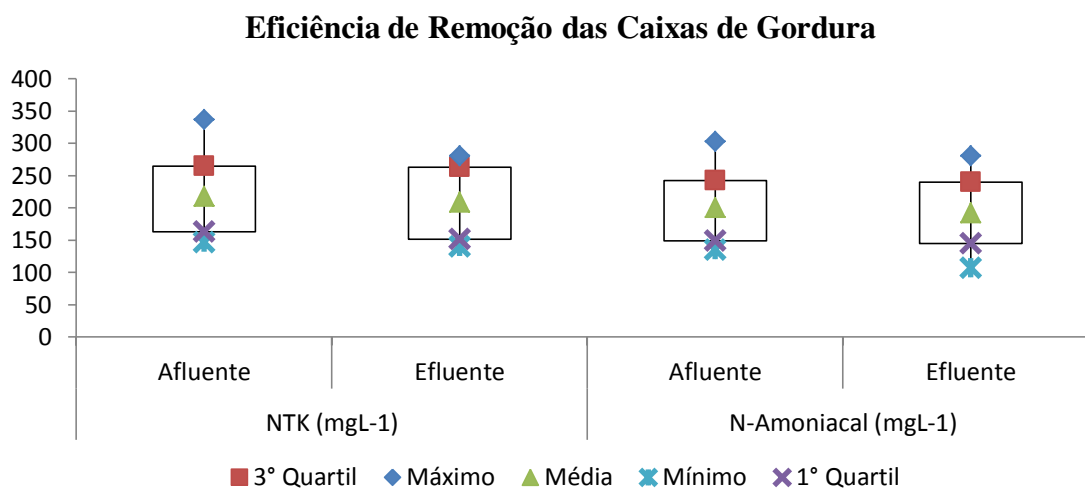
As caixas de gordura apresentaram as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **DQO = 11 %, ST = 6 %, SDT = 8 % e DBO₅ = 10 %.**

O Quadro 16 e a Figura 67 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros NTK e N-Amoniacal nas caixas de gordura da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 16 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal nas caixas de gordura.

Caixas de Gordura				
Parâmetros	NTK (mgL ⁻¹)		N-Amoniacal (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	336	280	302	280
Média	218	208	200	192
Mínimo	146	140	134	106

Figura 67 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal nas caixas de gordura.



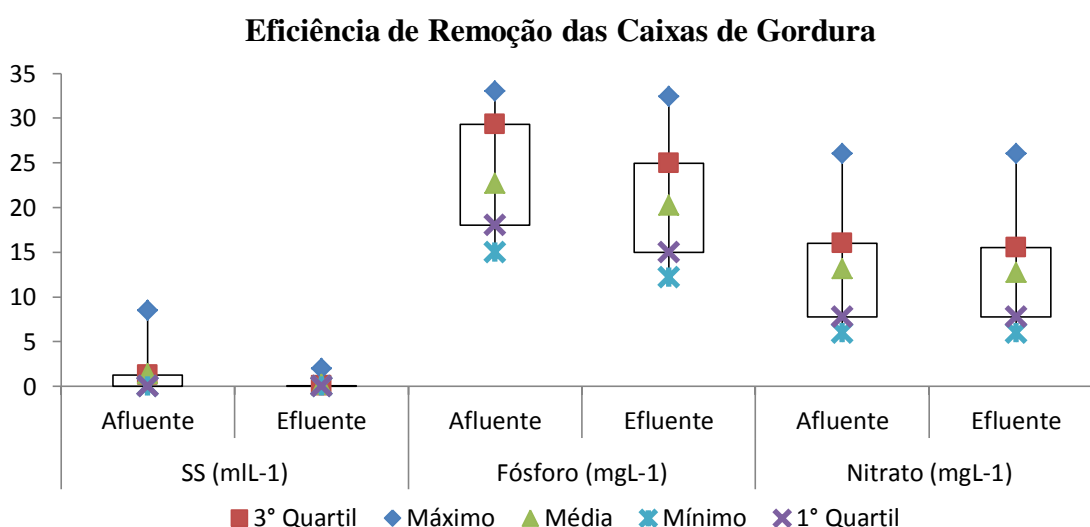
As caixas de gordura apresentaram as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **NTK = 5%** e **N-Amoniacal = 4%**.

O Quadro 17 e a Figura 68 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato nas caixas de gordura na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 17 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato nas caixas de gordura.

Caixas de Gordura						
Parâmetros	SS_{ed} (mL ⁻¹)		Fósforo (mgL ⁻¹)		Nitrato (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	9	2	33	32	26	26
Média	1	0	23	20	13	13
Mínimo	0	0	15	12	6	6

Figura 68 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS_{ed} , Fósforo e Nitrato nas caixas de gordura.



As caixas de Gordura apresentaram as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: SS_{ed} = 100 %, Fósforo = 13 % e Nitrato = zero %.

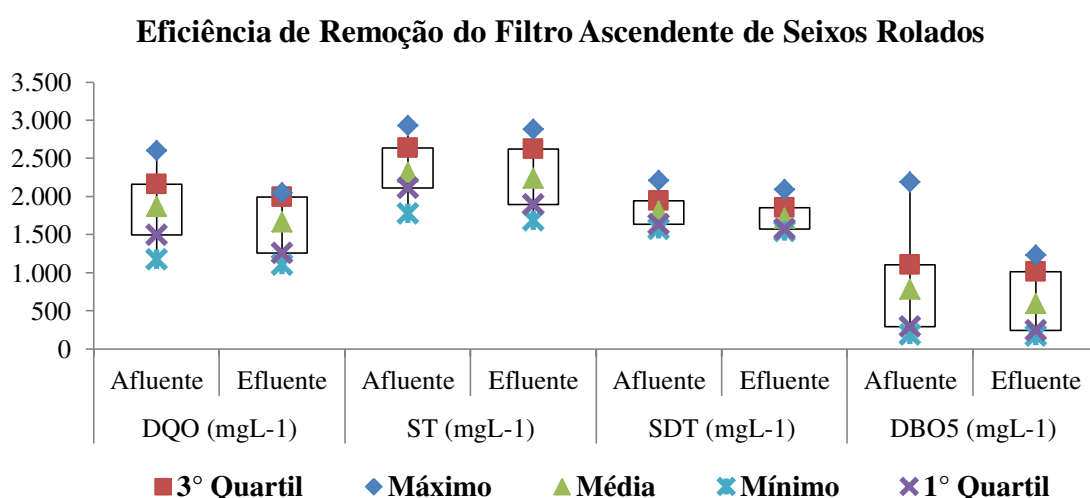
5.2.4. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção do filtro ascendente de seixos rolados.

O Quadro 18 e a Figura 69 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ no filtro ascendente de seixos rolados na ETE da UEP bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 18 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ no filtro ascendente de seixos rolados.

Filtro Ascendente de Seixos Rolados								
Parâmetros	DQO (mgL ⁻¹)		ST (mgL ⁻¹)		SDT (mgL ⁻¹)		DBO ₅ (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	2.600	2.050	2.931	2.880	2.211	2.092	2.186	1.232
Média	1.864	1.661	2.316	2.238	1.804	1.712	778	595
Mínimo	1.175	1.100	1.773	1.682	1.571	1.547	185	171

Figura 69 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ no filtro ascendente de seixos rolados.



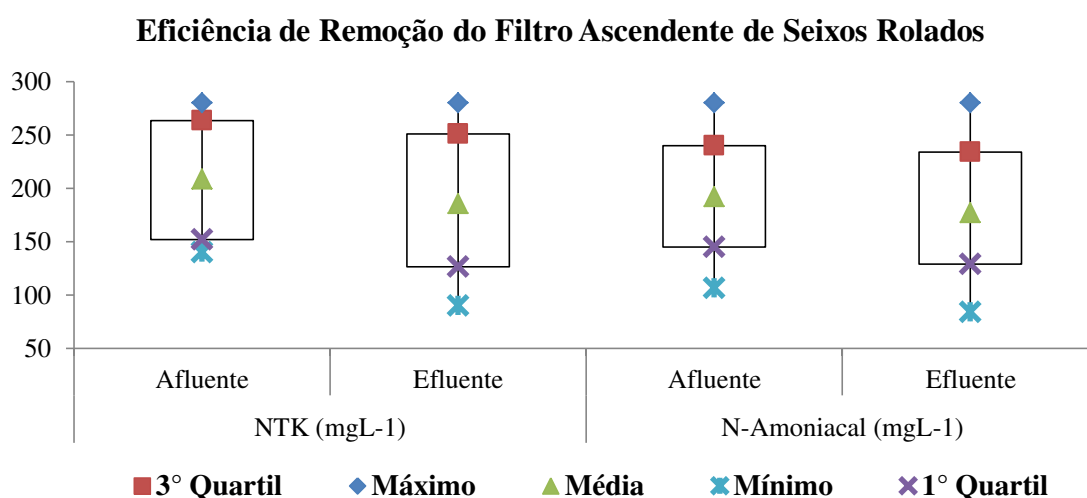
O filtro de seixos rolados apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **DQO = 11 %, ST = 3 %, SDT = 5 % e DBO₅ = 23 %.**

O Quadro 19 e a Figura 70 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no filtro de seixos rolados da ETE na UEP aninais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 19 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no filtro ascendente de seixos rolados.

Filtro Ascendente de Seixos Rolados				
Parâmetros	NTK (mgL ⁻¹)		N-Amoniacal (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	280	280	280	280
Média	208	185	192	177
Mínimo	140	90	106	84

Figura 70 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no filtro ascendente de seixos rolados.



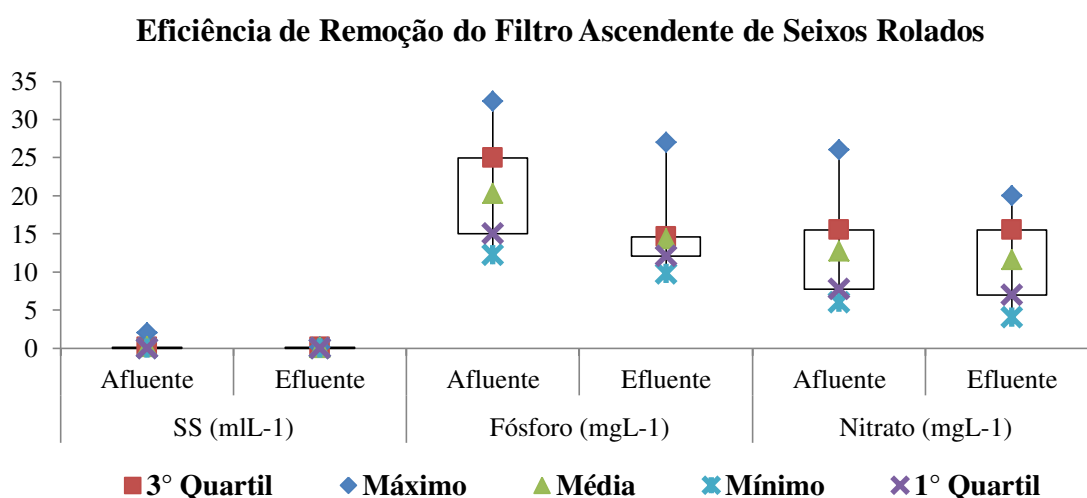
O filtro ascendente de seixos rolados apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **NTK = 11 % e N-Amoniacal = 8 %**.

O Quadro 20 e a Figura 71 mostram os valores de concentração e a percentagem de eficiência de remoção dos parâmetros $SS_{ed.}$, Fósforo e Nitrato no filtro ascendente de seixos rolados da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 20 - Concentração afluente e efluente dos parâmetros $SS_{ed.}$, Fósforo e Nitrato no filtro ascendente de seixos rolados.

Filtro Ascendente de Seixos Rolados						
Parâmetros	$SS_{ed.}$ (mgL^{-1})		Fósforo (mgL^{-1})		Nitrato (mgL^{-1})	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	2	0	32	27	26	20
Média	0	0	20	14	13	12
Mínimo	0	0	12	10	6	4

Figura 71 – Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros $SS_{ed.}$, Fósforo e Nitrato no filtro ascendente de seixos rolados.



O filtro ascendente de seixos rolados apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: $SS_{ed.}$ = zero %, Fósforo = 30 % e Nitrato = 8 %.

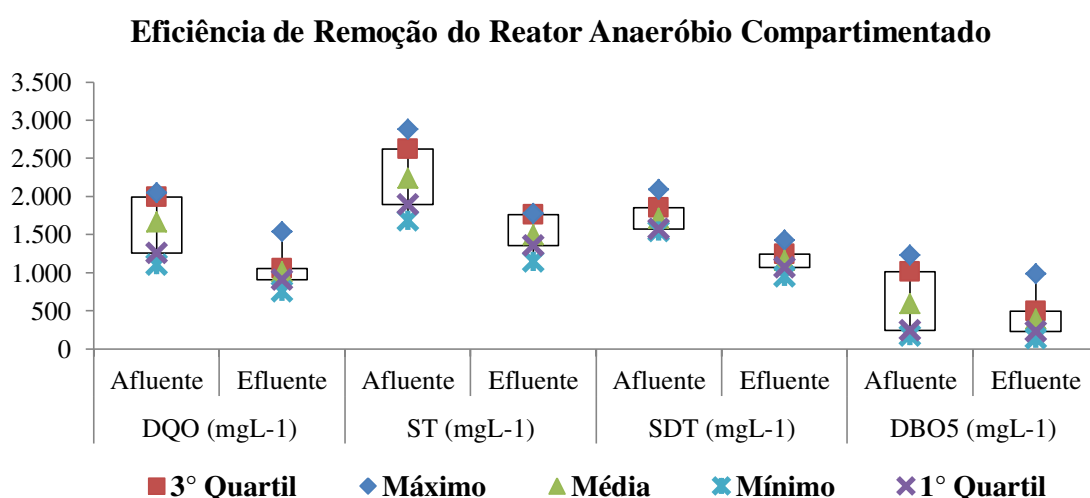
5.2.5. Valores de concentração e percentagens de eficiência de remoção do reator anaeróbio compartimentado (RAC).

O Quadro 21 e a Figura 72 mostram os valores de concentração e a percentagem de eficiência de remoção dos parâmetros DQO, ST e SDT do reator anaeróbio compartimentado (RAC) da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 21 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ no reator anaeróbio compartimentado (RAC).

Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)								
Parâmetros	DQO (mgL ⁻¹)		ST (mgL ⁻¹)		SDT (mgL ⁻¹)		DBO ₅ (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	2.050	1.540	2.880	1.777	2.092	1.427	1.232	986
Média	1.661	1.011	2.238	1.498	1.712	1.159	595	389
Mínimo	1.100	750	1.682	1.146	1.547	950	171	137

Figura 72- Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros DQO, ST, SDT e DBO₅ no reator anaeróbio compartimentado (RAC).



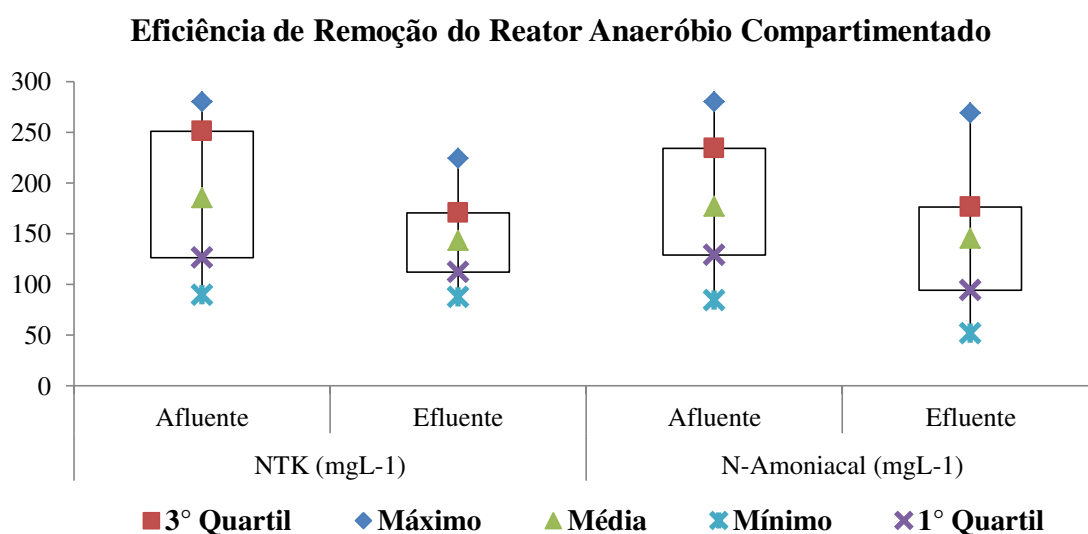
O RAC apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros:
DQO = 39 %, ST = 33 %, SDT = 32 % e DBO₅ = 35 %.

O Quadro 22 e a Figura 73 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros NTK e N-Amoniacal do reator anaeróbio compartimentado (RAC) da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 22 - Concentração afluenta e efluente dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no reator anaeróbio compartimentado (RAC).

Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)				
Parâmetros	NTK (mgL ⁻¹)		N-Amoniacal (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	280	224	280	269
Média	185	143	177	145
Mínimo	90	87	84	52

Figura 73 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros NTK e N-Amoniacal no reator anaeróbio compartimentado (RAC).



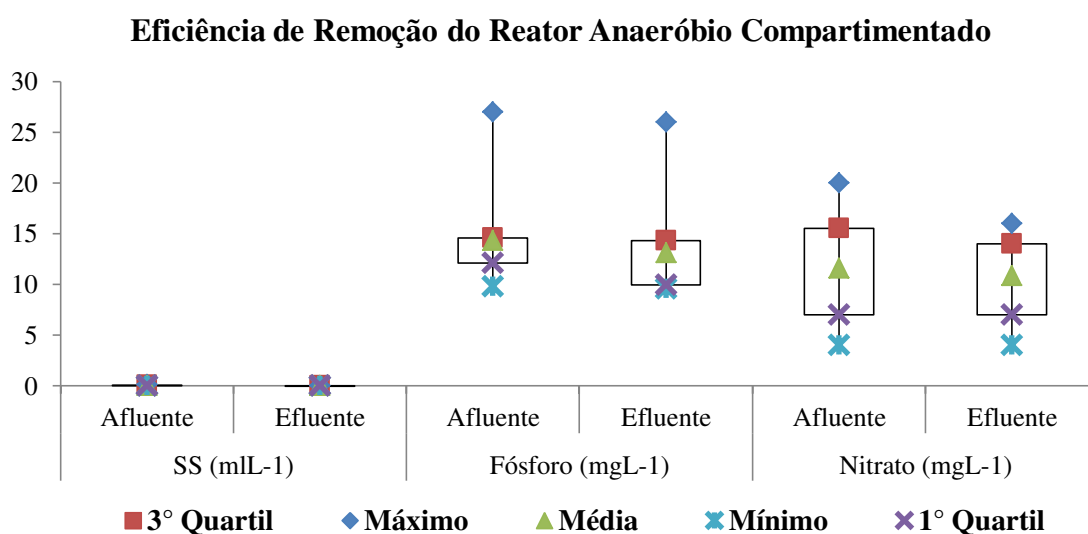
O reator anaeróbio compartimentado apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **NTK = 23 % e N-Amoniacal = 18 %**.

O Quadro 23 e a Figura 74 mostram os valores de concentração e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros SS, Fósforo e Nitrato do reator anaeróbio compartimentado (RAC) da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 23 - Concentração afluyente e efluente dos parâmetros SS, Fósforo e Nitrato no reator anaeróbio compartimentado (RAC).

Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)						
Parâmetros	SS _{ed.} (mL ⁻¹)		Fósforo (mgL ⁻¹)		Nitrato (mgL ⁻¹)	
Concentrações	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Máximo	0	0	27	26	20	16
Média	0	0	14	13	12	11
Mínimo	0	0	10	10	4	4

Figura 74 - Percentagens de eficiência de remoção das concentrações dos parâmetros SS_{ed.}, Fósforo e Nitrato no reator anaeróbio compartimentado (RAC).



O reator anaeróbio compartimentado apresentou as seguintes percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros: **SS_{ed.} = zero %**, **Fósforo = 7 %** e **Nitrato = 8 %**.

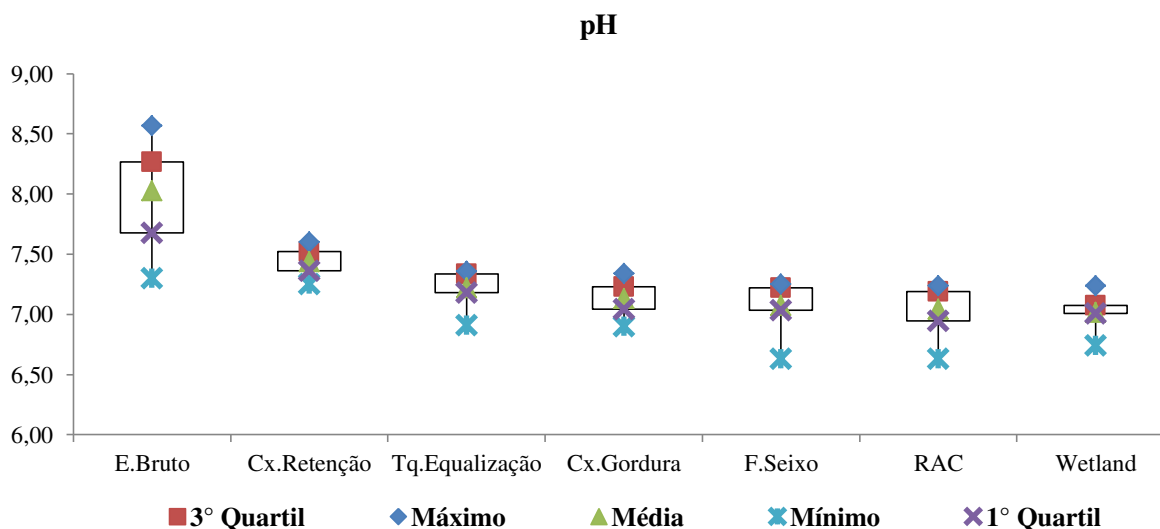
5.2.6. Variação dos valores de pH nas unidades da ETE implantada na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Os valores do pH foram monitorados durante todo o período de avaliação da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes (quadro 24 e Figura 75).

Quadro 24 - Valores do pH ao longo das unidades da ETE.

Unidades	Efluente	Caixas de	Tanque	Caixas de	Filtro de	RAC	Wetland
Valores	Bruto	Retenção	Equalização	Gordura	Seixo		
Máximo	8,57	7,60	7,36	7,34	7,25	7,24	7,24
Média	8,03	7,44	7,22	7,13	7,07	7,05	7,02
Mínimo	7,30	7,25	6,91	6,90	6,63	6,63	6,74

Figura 75 - Variação dos valores do pH ao longo das unidades da ETE.



As exigências da Resolução nº 430 (2011), Seção III que complementa e altera a legislação CONAMA 357 (2005), Seção III - que dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes tratados de esgotos em corpos de água receptores, exige pH entre 5,0 e 9,0. O quadro 24 mostrou que os valores médios do pH

ao longo da unidades da ETE variou entre 8,03 e 7,02. A exigência quanto aos valores do pH foi claramente atendida pela ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

5.2.7. Valores de concentração afluente, efluente e as percentagens de eficiência total de remoção da concentração dos parâmetros avaliados na ETE da UEP animais de grande porte – bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

O quadro 25 resume os valores afluentes, efluentes e as percentagens de eficiência de remoção da concentração dos parâmetros analisados na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

Quadro 25 - Resumo das concentrações afluente, efluente e percentagens de eficiência da ETE da UEP animais de grande porte – bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Parâmetros	Efluente Bruto (*)	Efluente Tratado (*)	Eficiência (%) (**)
Sólidos Totais (mgL ⁻¹)	17.886	797	95
Sólidos Dissolvidos Totais (mgL ⁻¹)	8.870	474	95
Sólidos Sedimentáveis (mL ⁻¹)	293	0,0	100
DQO (mgL ⁻¹)	26.107	299	99
DBO ₅ (mgL ⁻¹)	4.461	115	97
N-Amoniacal (mgL ⁻¹)	1.468	98	93
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) (mgL ⁻¹)	1.556	67	96
Nitrato (mgL ⁻¹)	81	10	88
Fósforo (P) (mgL ⁻¹)	125	9	93

(*) Concentração Média - (**) Eficiência Média

Os valores de concentração dos parâmetros do efluente tratado avaliado nesse trabalho foram confrontados com as exigências da Resolução nº 430 (2011), Seção III que dispõe sobre

condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão de lançamento de efluentes em corpos d'água receptores que complementa e altera a legislação CONAMA 357 (2005) (Quadro 26).

Quadro 26 - Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes confrontado com os Resultados dos Parâmetros do Efluente Tratado.

Exigências do CONAMA 357 (2005) Resolução nº 430 (2011), Seção III.		ETE da UEP Bovinocultura de Leite IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.
Parâmetros	Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes	Resultados dos Parâmetros Analisados do Efluente Tratado
1 - pH	Entre 5,0 e 9,0.	Entre 7,02 e 8,03 (Valores médios);
2 - Temperatura	Inferior a 40°C	Média de 20°C;
3 - Sólidos Sedimentáveis	Lançamentos em lagoas, virtualmente ausentes.	Zero (Valores médios);
4 - DBO ₅	120 mgL ⁻¹ , poderá ser ultrapassado no caso de eficiência de remoção mínima de 60%	115 mgL ⁻¹ , 97% de eficiência de remoção, (Valores médios);
As condições e padrões de lançamento relacionados na Seção II, art. 16, incisos I e II desta Resolução, poderão ser aplicáveis aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários, a critério do órgão ambiental competente.		
5 - Nitrogênio Amoniacal Total	20 mgL ⁻¹	67 mgL ⁻¹ , 96% de eficiência de remoção, (Nitrogênio Total Kjeldahl - Valores médios).

O efluente tratado e avaliado nesse trabalho atende as exigências da Resolução nº 430 (2011), Seção III que complementa e altera a legislação CONAMA 357 (2005), com exceção do parâmetro Nitrogênio Amoniacal Total, (Vide quadro 30 - item 5). A Resolução nº 430 (2011), Seção II (Das Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes), artigo 16, inciso II, Tabela I, Parâmetros Inorgânicos - Valores máximos - Nitrogênio amoniacal total - 20 mg/L de N). Quanto ao parâmetro Nitrogênio Amoniacal Total, a redução alcançada pela ETE foi de 96% (concentração média no efluente bruto - 1.556 mgL⁻¹ e concentração média no efluente tratado - 67 mgL⁻¹).

O efluente tratado dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite na ETE da UEP animais de grande porte no IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes, apesar da eficiência de remoção, não conseguiu adequar a concentração de N-Amoniacal Total a legislação específica.

Apesar das eficiências de remoção da concentração dos parâmetros avaliados na ETE, o efluente tratado ainda possui uma concentração expressiva de nutrientes: ST = 797 (mgL⁻¹); SDT = 474 (mgL⁻¹); S.S_{ed.} = zero (mL⁻¹); DQO = 299 (mgL⁻¹); DBO₅ = 115 (mgL⁻¹); N-Amoniacal = 98 (mgL⁻¹); NTK = 67 (mgL⁻¹); Nitrato = 10 (mgL⁻¹) e Fósforo = 9 (mgL⁻¹).

5.2.8. Eficiência do WCHFSS na remoção da carga dos parâmetros analisados para o tratamento dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite

A percentagem de eficiência do wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial que fez parte do sistema de tratamento da ETE da UEP bovinocultura de leite foi avaliado a partir da eficiência (%) de remoção da carga (g), aplicada por área (m²), em um determinado tempo (dia) dos parâmetros analisados. A avaliação do wetland construído (g/m²/dia) incorpora ao resultado da capacidade de remoção do wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (percentagem de eficiência) o índice de evapotranspiração (em torno de 50%). A diferença entre os valores médios das cargas afluente e efluente foram convertidos em percentagem de eficiência média de cada unidade. As cargas e as percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros avaliados foram: Sólidos Totais (ST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), N-Amoniacal (N-NH₃), Nitrato (NO₃), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Fósforo (P). O Quadro 27 mostra os valores médios de aplicação da carga afluente (g/m²/dia), efluente (g/m²/dia) e as percentagens (%) médias de eficiência de remoção das cargas dos parâmetros no WCHFSS da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 27 - Valores de carga afluente, efluente e percentagens de eficiência de remoção dos parâmetros avaliados.

Wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS)			
Cargas	Afluente	Efluente	Remoção de carga
Parâmetros	(g/m ² /dia)	(g/m ² /dia)	Eficiência (%)
Sólidos Totais (ST)	163,05	43,39	73
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)	126,17	25,82	80
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	110,01	16,28	85
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO ₅)	42,30	6,28	85
N-Amoniacal (N-NH ₃)	15,82	5,35	66
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)	15,59	3,64	77
Cargas	Afluente	Efluente	Remoção de carga
Parâmetros	(mg/m ² /dia)	(mg/m ² /dia)	Eficiência (%)
Nitrato (NO ₃)	1,18	0,54	55
Fósforo (P)	1,42	0,50	65

A carga afluente de ST na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 163 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 43 g/m²/dia no ponto de saída do efluente tratado. A eficiência de remoção foi em torno de 73%.

WCH geralmente apresentam eficiências elevadas de remoção de ST, devido principalmente aos mecanismos de filtração (responsáveis por 75% do processo) e por biodegradação (responsável por 15% junto ao material filtrante) (VYMAZAL e KRÖPFELOVÁ, 2008). MATOS et al. (2009), aplicaram 68,7 g/ST/m²/dia de carga no WCH vegetado com macrófitas e conseguiram remover em torno de 60% de ST.

A carga afluente de DQO na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 110 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 16 g/m²/dia no ponto de saída do efluente tratado. A eficiência de remoção foi em torno de 85,0%.

PELLISSARI, 2013, avaliou a aplicabilidade de WCH vegetadas com macrófitas para tratar efluente de instalação de bovinocultura de leite, com capacidade de produção diária de 140 litros de leite, pós-lagoa de armazenamento (área 116 m²), por meio do monitoramento

físico-químico e biológico ao longo de 12 meses. Verificou para o WCFH, eficiências médias de remoção em termos de carga de 87% de DQO, 81% de DBO, 90% de Sólidos Sedimentáveis ($SS_{ed.}$).

MANTOVI et al. (2003), trabalharam com dois WCH em série, para tratamento de efluente de bovinocultura. Os autores observaram uma remoção média de DQO em torno de 80% para o primeiro filtro e superior a 90% depois que o efluente passou pelo segundo módulo. A carga aplicada foi superior a 91,75g de DQO/m²/dia.

LEE et al.(2004) trabalharam com efluente de suinocultura aplicado em WCH e observaram remoções de 77% de DQO quando aplicaram carregamento de 137 g/m²/dia, 84% quando foi aplicado cargas de 70 g/m²/dia e 82% na aplicação de cargas de 34 g/m²/dia.

A carga afluyente de DBO₅ na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 42 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 6 g/m²/dia no ponto de saída da unidade. A eficiência de remoção foi em torno de 86%.

NEWMAN et al. (2000) avaliaram o desempenho de remoção de DBO₅ de um WCH no tratamento de efluente de laticínios, quando foi empregado uma carga de 7,3 g/m²/dia. A eficiência média de remoção encontrada foi de 85% para esse parâmetro.

A carga afluyente de N-Amoniacal na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS foi de 16 g/m²/dia e a carga efluente ficou em torno de 5 g/m²/dia no ponto de saída da unidade. A eficiência de remoção foi em torno de 66%.

LEE et al. (2004) estudaram e avaliaram WCH vegetado com macrófitas operados em três fases: fase I os autores aplicaram uma carga de 11 g/N-Amoniacal/m²/dia e conseguiram uma eficiência de remoção média de 22%, fase II a carga aumentou para 22 g/N-Amoniacal/m²/dia, e a remoção foi de apenas 1% e na fase III foi aplicada uma carga de 6 g/N-Amoniacal/m²/dia e os autores obtiveram uma eficiência média de 6%.

A eficiência de remoção de Fósforo na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS ficou em torno de 65%.

WOOD et al. (2007) relataram variações significativas de remoção de fósforo (13 a 86%), em um WCFH durante 2 anos de monitoramento.

WHITE et al.(2000) concluíram que parte da variação de remoção de Fósforo no WCFH está relacionada com o armazenamento temporário pelas macrófitas e micro-organismos, responsáveis por 35 a 75% do armazenamento de Fósforo.

STEFANAKIS e TSIHRINTZIS (2012) relataram que as baixas remoções de Fósforo em wetland construído de fluxo vertical (WCFV) em relação às ocorridas no wetland construído de fluxo horizontal (WCFH) estão relacionadas com as características hidráulicas de cada filtro, pois no fluxo horizontal o efluente permanece em contato com o maciço filtrante por mais tempo quando comparado ao fluxo vertical.

A eficiência de remoção de Sólidos Sedimentáveis não foi registrada porque a carga afluyente na wetland construída da UEP do IFSULDEMINAS ficou em torno de zero.

SUN et al. (2005), trabalharam com uma carga de 186,5 g/SS/m²/dia e observaram uma remoção de 57%.

Na literatura não são reportados valores máximos recomendados quanto à carga de Sólidos Sedimentáveis para WCH vegetadas com macrófitas, porque a maioria dos modelos de dimensionamento de wetlands construídos está relacionada com carga de DBO₅ (SEZERINO, 2006).

Em se tratando de resíduos líquidos da produção animal, pode-se afirmar que a eficiência do wetland construído é positiva, o que demonstra que esta opção de tratamento tem grande potencial de aplicação (MATOS, 2005) para resíduos agropecuários em geral.

O tempo de detenção hidráulica (TDH) do wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS) da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes foi de 3,6 dias.

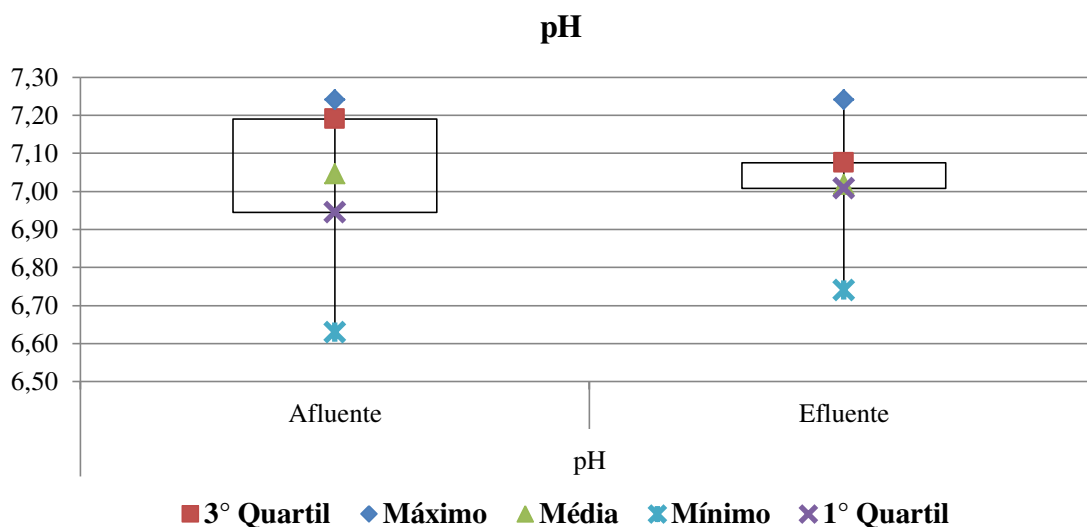
5.2.9. Variação dos valores afluyente e efluente do pH no wetland construído horizontal de fluxo subsuperficial (WCHFSS).

A variação dos valores relativos ao pH na entrada do wetland (afluyente) e na saída do wetland (efluente tratado) foram monitorados durante o período de avaliação da ETE na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes (Quadro 28 e Figura 76).

Quadro 28 - Valores do pH afluente e efluente do WCHFSS.

Parâmetro	pH	
Concentrações	Afluente	Efluente
Máximo	7,24	7,24
Média	7,05	7,02
Mínimo	6,63	6,74

Figura 76 - Variação dos valores do pH afluente e efluente do WCHFSS.



ZAPAROLLI (2011) observou que um dos fatores para a queda do pH ao longo do WCH foi a presença de substâncias orgânicas geradas por ciclos de crescimento, morte e decomposição das macrófitas.

O quadro 29 resume as concentrações dos parâmetros afluente, efluente e as porcentagens de eficiência das unidades Caixa de Retenção, Canal de Decantação e Tanque de Equalização da ETE implantada na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 29 - Resumo das concentrações afluente, efluente e percentagens de eficiência das unidades Caixa de Retenção - Canal de Decantação e Tanque de Equalização.

Unidades	Caixas de Retenção - Canal de Decantação			Tanque de Equalização		
Parâmetros (mgL ⁻¹)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
ST	17.886	2.632	85	2.632	2.459	6
SDT	8.870	2.136	76	2.136	1.951	9
DQO	26.107	2.363	91	2.363	2.104	11
DBO ₅	4.461	1.038	77	1.038	869	16
N-Amoniacal	1.468	214	85	214	200	7
Nitrato	81	15	81	15	13	13
NTK	1.556	221	86	221	218	5
Fósforo	125	30	76	30	23	23
Parâmetros (mL ⁻¹)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
SS _{ed.}	293	3	99	3	1	67

O quadro 30 resume as concentrações dos parâmetros afluente, efluente e as porcentagens de eficiência das unidades Caixas de Gordura e Filtro Ascendente de Seixos Rolados do sistema implantado na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 30 - Resumo das concentrações afluente, efluente e porcentagens de eficiência da unidade Caixas de Gordura e Filtro Ascendente de Seixos Rolados.

Unidades	Caixas de Gordura			Filtro Ascendente de Seixos		
Parâmetros (mgL ⁻¹)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
ST	2.459	2.316	6	2.316	2.238	3
SDT	1.951	1.804	8	1.804	1.712	5
DQO	2.104	1.864	11	1.864	1.661	11
DBO ₅	869	778	10	778	595	23
N-Amoniacal	200	192	4	192	177	8
Nitrato	13	13	0,0	13	12	8
NTK	218	208	5	208	185	11
Fósforo	23	20	13	20	14	30
Parâmetros (mL ⁻¹)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
SS _{ed.}	1	0,0	100	0,0	0,0	0,0

O quadro 31 resume as concentrações dos parâmetros afluente, efluente e as percentagens de eficiência das unidades Reator Anaeróbio Compartimentado e Wetland Construído Horizontal de Fluxo Subsuperficial (WCHFSS) do sistema implantado na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 31 - Resumo das concentrações afluente, efluente e percentagens de eficiência das unidades RAC e WCHFSS.

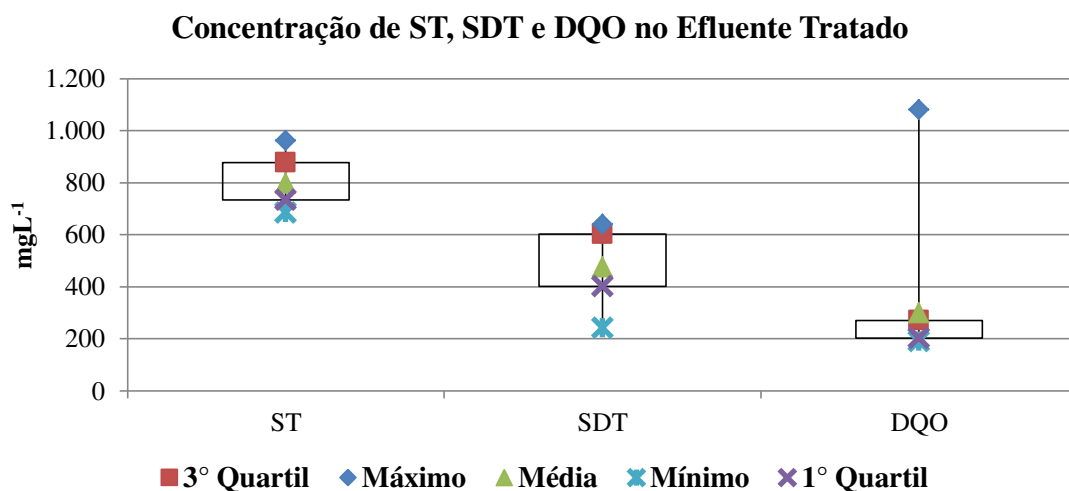
Unidades	RAC			WCHFSS		
Parâmetros (mgL ⁻¹)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
ST	2.238	1.498	33	1.498	797	47
SDT	1.712	1.159	32	1.159	474	59
DQO	1.661	1.011	39	1.011	299	70
DBO ₅	595	389	35	389	115	70
N-Amoniacal	177	145	18	145	98	32
Nitrato	12	11	8	11	10	9
NTK	185	143	23	143	67	53
Fósforo	14	13	7	13	9	30
Parâmetros (mL ⁻¹)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)	Afluente	Efluente	Eficiência (%)
SS _{ed.}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

5.3. Caracterização do efluente tratado da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

5.3.1 Concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT no efluente tratado.

A Figura 77 mostra a concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT no efluente tratado de bovinocultura de leite.

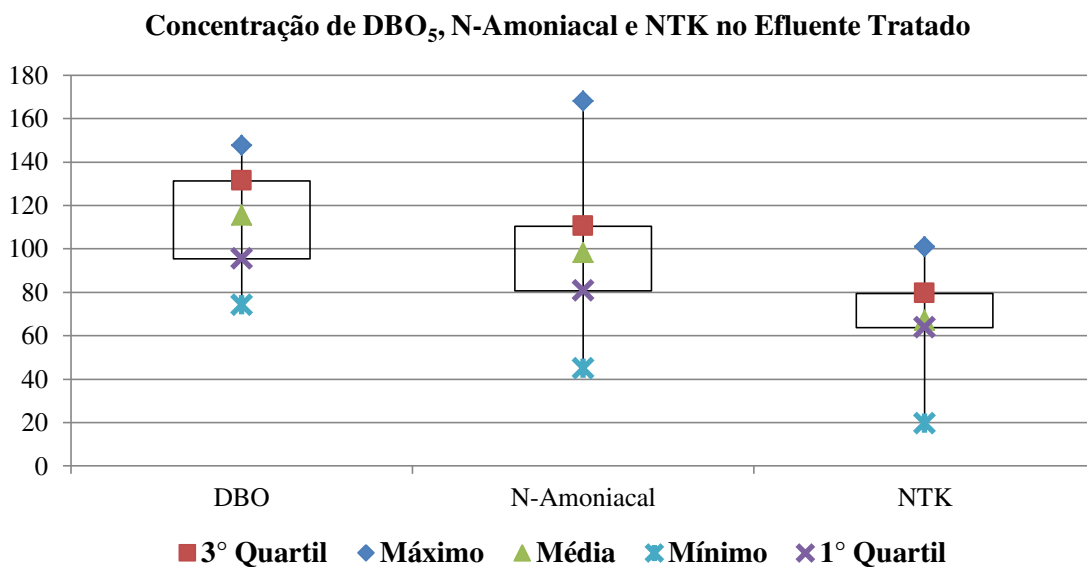
Figura 77 - Concentração dos parâmetros DQO, ST e SDT no efluente tratado de bovinocultura de leite.



5.3.2. Concentração dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal no efluente tratado.

A Figura 78 mostra a concentração dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal que caracterizaram o efluente tratado de bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

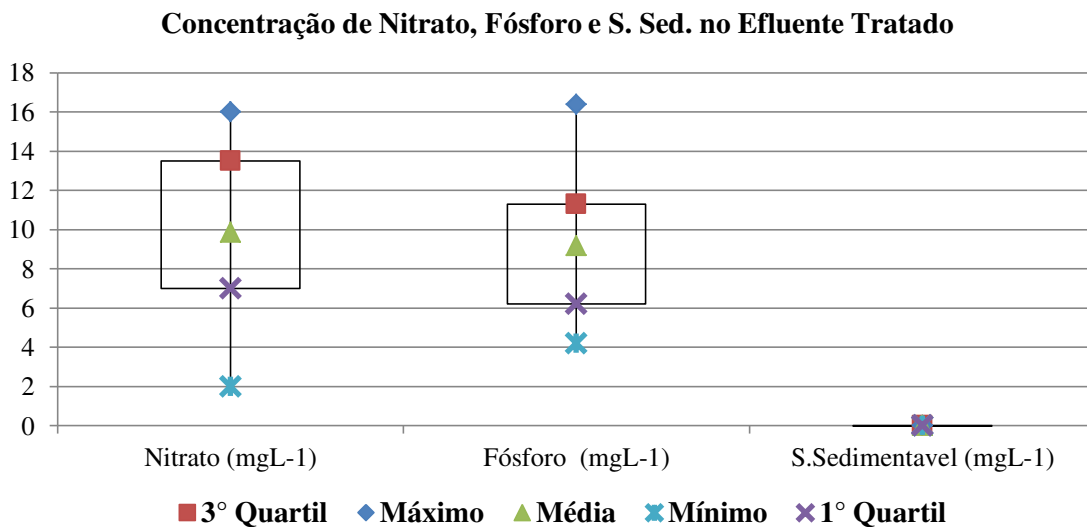
Figura 78 - Concentração dos parâmetros DBO₅, NTK e N-Amoniacal do efluente tratado de bovinocultura de leite.



5.3.3. Concentração dos parâmetros: Sólidos Sedimentáveis, Fósforo e Nitrato no efluente tratado.

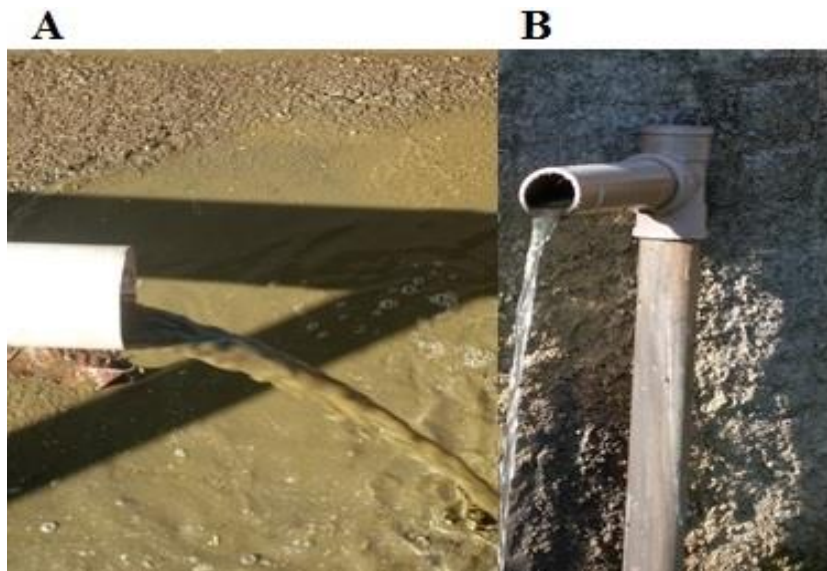
A Figura 79 mostra a concentração dos parâmetros Sólidos Sedimentáveis (SS_{ed.}), Fósforo e Nitrato, que caracterizam o efluente tratado de bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Figura 79 - Concentração dos parâmetros Sólidos Sedimentáveis (SS_{ed.}), Fósforo (P) e Nitrato (NO⁻³) do efluente tratado de bovinocultura de leite.



A figura 80 mostra a aparência do efluente bruto no momento do lançamento nas caixas de retenção (A) e a aparência do mesmo efluente depois de tratado na saída do wetland construído (B).

Figura 80 – Aparência do efluente bruto (A) e do efluente tratado (B) na ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.



O quadro 32 resume os valores das concentrações dos parâmetros que caracterizaram o efluente tratado da ETE da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 32 - Caracterização do efluente tratado, resumo das concentrações dos parâmetros.

Caracterização das Concentrações do Efluente Tratado										
Parâmetros	DQO (mgL ⁻¹)	ST (mgL ⁻¹)	SDT (mgL ⁻¹)	DBO ₅ (mgL ⁻¹)	NTK (mgL ⁻¹)	N-NH ₃ (mgL ⁻¹)	SS _{ed.} (mgL ⁻¹)	P (mgL ⁻¹)	NO ⁻³ (mgL ⁻¹)	pH
Máximo	1.080	961	640	148	101	168	0,0	16	16	7,24
Média	299	797	474	115	67	98	0,0	9	10	7,02
Mínimo	191	683	241	74	20	45	0,0	4	2	6,74

5.4. Volume de água consumido na UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

O quadro 33 resume o volume (m³) de água gasto por dia em cada instalação para higienização do ambiente e equipamentos de ordenha e resfriamento de leite da UEP animais de grande porte - bovinocultura de leite do IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes.

Quadro 33 - Volume de água por dia transformado em resíduos líquidos de bovinocultura de leite

Instalação/Equipamento	Volume/dia (m ³)	Volume/Total (m ³)
Sala de Ordenha	1,2	1,2
Ordenhadeira Mecânica	1,1	2,3
Sala de Leite/Tanque de Expansão	0,60	2,9
Free-Stall	1,1	4,0

Durante o período de Julho/12 - Agosto/13, a UEP animais de grande porte - bovinocultura e leite do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes consumiu em torno de 4,0

m³ de água para o manejo de higienização das instalações e equipamentos. Esse volume foi confirmado pela vazão da bomba instalada após o tanque de equalização (200 litros/hora), que funcionou em torno de 20 horas/dia durante o período de avaliação da ETE estudada.

5.5. - Evapotranspiração do WCHFSS

A diferença média entre o volume afluyente e o volume efluente, quantificada como perda, durante o período de julho de 2012 a agosto de 2013 do WCHFSS avaliado foi de em torno de 50 %. Durante o período de avaliação, somente as partes das plantas *Cyperus papyrus nanus* (mini papiro) que cresceram além dos limites das paredes laterais do wetland construídos, foram podadas. Os maiores índices de evapotranspiração ocorreram entre os meses de Setembro / Outubro /2012, meses em que a média da temperatura máxima ficou em torno de 27 °C/dia e a precipitação em torno de 60 mm/mês. Quanto mais alta a temperatura, maior a radiação, maior o crescimento das plantas vegetadas e menor a umidade do ambiente, maior a porcentagem da evapotranspiração. A área foliar do mini papiro foi conservada intacta (sem podas) no interior do wetland. Apenas as partes das plantas vegetadas que saíram do limite do wetland foram podadas.

HEADLY et al. (2012), afirmou que a taxa de evapotranspiração é diretamente proporcional a temperatura, radiação solar, umidade do ar e o estágio do crescimento das plantas vegetadas. Essa afirmativa faz concluir que quanto maior a temperatura, a radiação solar, a área foliar e menor a umidade do ar, maior a taxa de evapotranspiração.

BRASIL e MATOS (2008) observaram que a maior taxa de evapotranspiração da macrófita *Typha* ocorreu na fase reprodutiva, quando as plantas atingiram em torno de 2 metros de altura.

MORO et al. (2004) também observaram que a transpiração das macrófitas foi mais elevada quando as plantas atingiram a máxima área foliar.

5.6. Volume de sólidos armazenados nas caixas de retenção.

Cada caixa de retenção mede 1,80 m (C) X 2,80 m (L) X 0,50 m (H). Após quinze dias de lançamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite em cada uma das quatro caixas

para separação de sólidos e mais trinta dias de armazenamento para desidratação do resíduo, a fração sólida atinge uma altura média no interior das caixas em torno de 0,30 m.

O volume médio de sólidos armazenados em cada uma das caixas de retenção (1,80 m x 2,80 m x 0,30 m) é de 1,5 m³ e o peso em torno de 200 kg. Após duas horas de estufa a 105 °C ficou determinado um teor médio de 25% de umidade nas amostras das caixas de retenção e o peso da matéria seca em torno de 150 kg. As amostras retiradas da estufa com mais duas horas de Mufla a 550 °C ficou determinado que 85% é fração orgânica (127 kg) e 15% é fração inorgânica (23 kg).

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nesse estudo recomenda-se a utilização dos wetlands construídos como alternativa tecnológica de tratamento de resíduos líquidos das instalações de bovinocultura de leite.

Os resultados das análises dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite avaliados nesse trabalho comprovaram que a concentração dos parâmetros dos resíduos líquidos de bovinocultura de leite é significativamente maior quando comparado com os mesmos parâmetros do esgoto doméstico (efluente mais estudado).

O sistema proposto se mostrou eficiente para o tratamento de resíduos líquidos de bovinocultura de leite.

A remoção da concentração no sistema foi em torno de $DBO_5 = 97\%$ e $DQO = 99\%$, atestando a sua eficiência na remoção de matéria orgânica.

O comportamento do sistema em relação à remoção dos sólidos foi em torno de $ST = 95\%$, $SDT = 95\%$ e $S_{Sed.} = 100\%$, em todos os casos houve redução significativa na concentração de sólidos desde o resíduo bruto até a saída do wetland construído, evidenciando a eficiência da ETE na redução de sólidos.

A ETE avaliada não conseguiu enquadrar à concentração final do parâmetro Nitrogênio Amoniacal Total as exigências da Resolução nº 430 (2011), Seção III que complementa e altera a legislação CONAMA 357 (2005).

As Caixas de retenção de sólidos e o Canal de decantação formam a primeira unidade do sistema, que recebeu durante o período de avaliação o lançamento do efluente bruto. Devido a alta concentração sólidos nos resíduos líquidos de bovinocultura leite, essa unidade apresentou-se como a mais eficiente na remoção dos parâmetros avaliados.

Semanalmente foi realizado o manejo de retro lavagem no pré filtro ascendente de seixos rolados. Foi a unidade que exigiu maior atenção para evitar uma possível colmatção da camada filtrante.

O WCHFSS, meio suporte brita nº 2, vegetado com *Cyperus papyrus nanus*, mostrou-se adequado como sistema de pós-tratamento de resíduo líquido de bovinocultura de leite oriundo de reator anaeróbio compartimentado (RAC), proporcionando melhorias na qualidade e na aparência do efluente tratado.

O wetland construído se mostrou eficiente na redução de DBO, DQO, Sólidos, Nitrogênio e Fósforo nos resíduos líquidos de bovinocultura de leite.

A WCHFSS vegetado com *Cyperus papyrus nanus*, registrou uma taxa média de evapotranspiração em torno de 50%.

O mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*) foi a planta que mais se adaptou às áreas úmidas do wetland construído e apresentou um crescimento bastante agressivo.

O mini papiro (*Cyperus papyrus nanus*), não reagiu bem à poda das plantas. Após a brotação, as plantas ocuparam novamente as dimensões do wetland construído.

O tempo de detenção hidráulica total (TDH) utilizado na operação do sistema foi de 7,5 dias e na operação do wetland construído de 3,6 dias.

7. RECOMENDAÇÕES:

Projetar as caixas de retenção para que retirada dos sólidos desidratados armazenado possa ser realizado de forma mecanizada.

Recomenda-se o uso de tratamento de fluxo contínuo para esse tipo de efluente.

Em função da alta carga de sólidos para este tipo de resíduo recomenda-se a utilização de um decantador primário em substituição ao tanque de equalização.

Instalação de um flotador de ar dissolvido em substituição a sequência de caixas de gordura.

Com a instalação do decantador primário e do flotador de ar dissolvido, o reator anaeróbio e o wetland construído provavelmente apresentariam uma eficiência maior, uma vez que receberiam somente os sólidos dissolvidos o que acarretaria na eliminação das unidades: canal de decantação, tanque de equalização, caixas de gordura e pré-filtro ascendente de seixos rolados utilizadas neste trabalho.

Ao invés de lançar o efluente tratado nos recursos hídricos (rios, riachos, lagos e lagoas) recomendo a utilização desse efluente para irrigar sistemas intensivos de pastejo rotacionado para bovinos.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS:

ABIDI, S., KALLALI, H., JEDIDI, N., BOUZAIANE, O., HASSEN, A., 2009. **COMPARATIVE PILOT STUDY OF THE PERFORMANCES OF TWO CONSTRUCTED WETLAND WASTEWATER TREATMENT HYBRID SYSTEMS.** Desalination 246, 370–377.

AGUDELO, R.M., PENUELA G, AGUIRRE NJ, MORATOD J, JARAMILL ML (2010). **SIMULTANEOUS REMOVAL OF CHLORPYRIFOS AND DISSOLVED ORGANIC CARBON USING HORIZONTAL SUB-SURFACE FLOW PILOT WETLANDS.** Ecol Eng 36:1401–1408.

ALMEIDA, L. **ESTRATÉGIAS EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE LEITE: COMPARAÇÃO DE CASOS EM REGIÕES DO CANADÁ E DO BRASIL.** Lavras: UFLA, 2000. 125p. (Dissertação – Mestrado em Administração Rural).

APHA, AWWA, WPCF. **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.** 20th edition, Washington, USA. 1998.

APHA, AWWA, WPCF. **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.** Standard Methods 21th edition, 2005.

ARIAS, C. A.; DEL BUBBA, M.; BRIX, H. **PHOSPHORUS REMOVAL BY SANDS FOR USE AS MEDIA IN SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED REED BEDS.** Water Research, v. 35, n. 5, p. 1159-1168, Abril, 2001.

ARNOLD, G. W.; DUDZINSKI, M. L. **ETHOLOGY OF FREE RANGING DOMESTIC ANIMALS.** Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1978. 198p.

ASSIS, A. G. & OUTROS. **SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL.** Juiz de Fora (MG): Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica 85. Dezembro, 2005.

BARROS, Raphael T. de V. et al., **MANUAL DE SANEAMENTO E PROTEÇÃO AMBIENTAL PARA OS MUNICÍPIOS**. volume II – DESA – UFMG, 1995, cap. 5, p.143 - 160.

BELMONT, M.A.; METCALFE, C.D. **FEASIBILITY OF USING ORNAMENTAL PLANTS (ZANTEDESCHIA AETHIOPICA) IN SUBSURFACE FLOW TREATMENT WETLANDS TO REMOVE NITROGEN, CHEMICAL OXIGEN DEMAND AND NONYLPHENOL ETHOXYLATE SURFACTANTS – A LABORATORY-SCALE STUDY**. *Ecological Engineering*, Amsterdam, v.21, n.1, p.233-247, 2003.

BESSOT JC, SAYEGH K, PAULI G. **RHINITE PSEUDO-PROFESSIONNELLE ET ALLERGIE VRAIE AU POLLEN DE PAPYRUS**. *Rev Fr Allergol* 1992; 32: 208-9.

BOWDEN, I. L.; JARVIS, A. P.; YONGER, P. L.; JOHNSON, K. L. **PHOSPHORUS REMOVAL FROM WASTE WATERS USING BASIC OXIGEM STELL SLAG**. *Environment Science Technology* 42. P 2476 – 2481. 2009.

BRASIL, M. da S.; MATOS, A. T. de. **AVALIAÇÃO DE ASPECTOS HIDRÁULICOS E HIDROLÓGICOS DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS DE FLUXO SUBSUPERFICIAL**. *Engenharia Sanitária e Ambiental* .v. 13, n. 3, p. 323-328. 2008.

BREAZILE, J. E. **THE PHYSIOLOGY OF STRESS AND ITS RELATIONSHIP TO MECHANISMS OF DISEASE AND THERAPEUTICS**. Phipadelphia:Saunders Company, 1988.

BRIX, H. **TREATMENT OF WASTEWATER IN THE RHIZOSPHERE OF WETLAND PLANTS**. The root-zone method, *Water Sci. Tech.* 19:107, 1987.

BRIX, H. **DO MACROPHYTES PLAY A ROLE IN CONSTRUCTED TREATMENT WETLANDS?** *Water Science and Technology*, v. 35, n. 5, p.11-17, 1997.

BRIX, H.; ARIAS, C. A. **THE USE OF VERTICAL FLOW CONSTRUCTED WETLANDS FOR ON-SITE TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER:** New Danish guidelines. *Ecological Engineering*, v.25, p.491-500, 2005.

BUENO, C. F. H. **PRODUÇÃO E MANEJO DE ESTERCO.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.12, n.135/136, p.81-5, 1986.

CAMPOS, et al. **TRATAMENTO E MANEJO DE DEJETOS DE BOVINOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE.** Embrapa/Gado de Leite e FCA/Unesp - Botucatu. 1994.

CAMPOS, A. T.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T. de. **CONSTRUÇÕES PARA GADO DE LEITE:** Instalações para Novilhas. 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/artigos/zootecnia/constleite/index.htm>>. Acesso em: 9/9/2012.

CARVALHO, M. P.; SANTOS, M. V. **O COMPROMISSO COM A QUALIDADE DO LEITE.** Passo Fundo: Editora Universitária – UPF, p. 146-177, 2004.

CHAN, S.Y; TSANG, Y.F; CHUA, H., SIN, S.N.; CUI, L.H. **PERFORMANCE STUDY OF SEQUENCING BACTH COAL SLAG BED TREATING DOMESTIC WASTERWATER IN SUBURBAN AREA.** *Science Direct. Bioresource Thecnology* 99. P 3774 – 3781. 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **DISPÕE SOBRE A CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS D'ÁGUA E DIRETRIZES AMBIENTAIS PARA O SEU ENQUADRAMENTO, BEM COMO ESTABELECE AS CONDIÇÕES E PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.** Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Publicação: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **RESOLUÇÃO Nº 430 DE 13 DE MAIO DE 2011.**

Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>.

Acesso 03/set/2012.

CÔNSOLI, M. A.; NEVES, M. F. **ESTRATÉGIAS PARA O LEITE NO BRASIL.** São Paulo, SP: Atlas, 2006. 304 p.

COOPER, P.F.; JOB, G.D.; GREEN, M.B.; SHUTES, R.B.E. **REED BEDS AND CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT.** WRc plc., Swindon, UK. , 1996.

CRITES, R.W.; MIDDLEBROOKS, E. J.; REED, S.C. **NATURAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS.** CRC Press, 2005. 576 p.

DELAVAL On line. Disponível em:

http://www.delaval.com.br/Dairy_Knowledge/EfficientMilking/Demands_On_The_Milking_Equipment.htm. Acesso em: 09 de setembro de 2012.

DELGADO, C.; MARK, R.; STEINFELD, H.; EHUI, S.; COURBOIS, C. **LIVESTOCK TO 2020: THE NEXT FOOD REVOLUTION INTERNATIONAL.** Washington: Food Policy Research Institute, 1999. (Discussion paper, 28).

DI BERNARDO, L. **MÉTODOS E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA** - Volumes I e II. Luiz Di Bernardo & Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 1993, Rio de Janeiro, Brasil.

DI BERNARDO, L. e COLLAZOS, A.P. (1990). “**COMPARAÇÃO ENTRE A PRÉ-FILTRAÇÃO EM PEDREGULHO E AREIA GROSSA COM FLUXO ASCENDENTE E FLUXO DESCENDENTE COMO PRÉ-TRATAMENTO DA FILTRAÇÃO LENTA.**” In: IV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte , Brasil.

DORNELAS, F.L. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE WETLANDS HORIZONTAIS SUBSUPERFICIAIS COMO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REATORES UASB.** UFMG - Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte/MG, 2008. 101 p. (Dissertação de Mestrado).

DORNELAS, F.L.; MACHADO, M.B.; VON SPERLING, M. **PERFORMANCE EVALUATION OF PLANTED AND UNPLANTED SUBSURFACE-FLOW CONSTRUCTED WETLANDS FOR THE POST-TREATMENT OF USB REACTOR EFFLUENTS.** Water Science and Technology, v.60, n12, p. 3025-3033, 2009.

DUNNE, E.J.; CULLETON, N.; O'DONOVAN, G.; HARRINGTON, R.; OLSEN, E.A. **AN INTEGRATED CONSTRUCTED WETLAND TO TREAT CONTAMINANTS AND NUTRIENTS FROM DAIRY FARMYARD DIRTY WATER.** Ecological Engineering, v. 24, p. 221–234. 2005.

DÜRR, J. W. **COMO PRODUZIR LEITE DE QUALIDADE.** João Walter Dürr. 3. ed. Brasília: SENAR, 2009. 46 p. il.; 21 cm. (Coleção SENAR, ISSN 1676-367x, 113).

EMBRAPA GADO DE LEITE. **DEFINIÇÃO DAS INSTALAÇÕES.** (2002) Infra – estrutura Sistema de Produção - 2, Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/infra/15.html>.
Acessado em 09/10/2012.

FAVARETTO, D. P. C. **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES NA EMPRESA DE LATICÍNIOS LBR.** 2011. Tese (Doutorado). Passo Fundo: Universidade Passo Fundo, 2011.

FIA, R.; MATOS, A.T.; FIA, F.R.L.; MATOS, M.P.; LAMBERT, T.F.; NASCIMENTO, F.S. **DESEMPENHO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMAS ALAGADOS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DO PROCESSAMENTO DO CAFÉ.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.8, p.842–847, 2010.

FOCUS VISÃO BRASIL “CAMINHOS PARA O AGRONEGÓCIO SUSTENTAVEL”. Mesa Redonda sobre Pecuária Bovina no Brasil: Maior Produtividade com Menor Impacto Socioambiental, realizada durante o evento em Brasília, DF – Julho de 2010.

FORESTI, E. **FUNDAMENTOS DO PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBIA.** In: TALLER Y SEMINARIO LATINOAMERICANO DE TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES, 3, 1994, Montevideo. Proceedings. Montevideo: Graphis Ltda. Juan C. Gomes, 1994, p. 97-110.

FRANCI, R. **GERENCIAMENTO DE LODO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NÃO MECANIZADAS.** PROSAB, 1999.

GNU. **DEFECAÇÃO E MICÇÃO.** Free Documentation License On line. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_mic%C3%A7%C3%A3o Acesso em: 23 de outubro de 2007.

GOMES, C. C. M. **RELAÇÃO SER HUMANO-ANIMAL FRENTE A INTERAÇÕES POTENCIALMENTE AVERSIVAS NA ROTINA DE CRIAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS.** Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Florianópolis, 2008.

GOTTSCHALL, N., BOUTIN, C., CROLLA, A., KINSLEY, C., CHAMPAGNE, P., 2007. **THE ROLE OF PLANTS IN THE REMOVAL OF NUTRIENTS AT A CONSTRUCTED WETLAND TREATING AGRICULTURAL (DAIRY) WASTEWATER, ONTARIO, CANADA.** Ecol. Eng. 29, 154–163.

GRÜNEBERG, B.; KERN, J. **PHOSPHORUS RETENTION CAPACITY OF IRON-ORE AND BLAST FURNACE SLAG IN SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS**. Water Science and Technology. V. 44, n. 11–12 pp 69–75, 2001.

GURTLE, H. **FISIOLOGIA DE LA DIGESTIÓN Y DE LA ABSORCIÓN**. In: KOLB, E. FISIOLOGIA VETERINÁRIA. 1ª. ed. Zaragoza: Acriba, 1971. p. 193-335.

HABERL, R., **CONSTRUCTED WETLANDS: A CHANCE TO SOLVE WASTEWATER PROBLEMS IN DEVELOPING COUNTRIES**. Water Science and Technology, 40, 11-17, Oxford, 1999.

HAFEZ, E. S. E.; BOUISSOU, M. F. **THE BEHAVIOR OF CATTLE**. In: E. S. E. Hafez (Ed.) Behaviour of domestic animals. London: Bailliere, TINDALL & COX, p. 203 – 244, 1969.

HAMMER, D. A.; **CREATING FRESHWATER WETLANDS, BOCA RATON**: Lewis Publishers, 1997. Cap.1: Marshes, bogs, swamps, fens, tules and bayons. P. 1-22. Cap.3: Three important components: Water, soil, and vegetation. Cap.5: Wetlands: Functions and values. P.89 – 124. Appendix B: Common and scientific names. P.335 – 362.

HEADLEY, R.T.; DAVISON, L.; HUETT, O.D.; MULLER, R. **EVAPOTRANSPIRATION FROM SUBSURFACE HORIZONTAL FLOW WETLANDS PLANTED WITH PHRAGMITES AUSTRALIS IN SUB-TROPICAL AUSTRALIA**. Water Research, v. 46, p 345-354, 2012.

HEALY, M. G.; RODGERS, M.; MULQUEEN, J. **TREATMENT OF DAIRY WASTEWATER USING CONSTRUCTED WETLANDS AND INTERMITTENT SAND FILTERS**. Bioresource Technology, v. 98, p.2268–2281, 2007.

HEGEMANN, W. **“NATURAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS IN GERMANY - CONSTRUCTED WETLANDS AND LAGOONS”**. Anais: Seminário Internacional: Tendências no Tratamento Simplificado de Águas Residuárias Domésticas e Industriais, Belo Horizonte/MG, pp. 81-105, Março/1996.

HOCKING, P.J. **RESPONSES OF CYPERUS INVOLUCRATUS ROTTB. TO NITROGEN AND PHOSPHORUS, WITH REFERENCE TO WASTEWATER RECLAMATION**. *WATER RESEARCH* Vol. 19 issue 11 1985. p. 1379 - 1386.

HUETT, D. O.; MORRIS, S. G.; SMITH, G. T.; HUNT, N. **NITROGEN AND PHOSPHOROUS REMOVAL FROM PLANT NURSERY RUNOFF IN VEGETATED AND UNVEGETATED SUBSURFACE FLOW WETLAND**. *Water Research* 39. P 329 – 3277. 2009.

HUSSAR, G.J. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LEITOS CULTIVADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE SUINOCULTURA**. Campinas São Paulo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia agrícola. 2001. p. 118.

ILHENFELD R.G.K. **USO E MANEJO DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA**. Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Curitiba, 1999.

ITRC – Interstate Technology e Regulatory Council. **TECHNICAL AND REGULATORY GUIDANCE DOCUMENT FOR CONSTRUCTED TREATMENT WETLANDS**. New Jersey: ITRC, 2003. 199 p.

IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in WaterPollution. **CONSTRUCTED WETLANDS FOR POLLUTION CONTROL: PROCESS, PERFORMANCE, DESIGN AND OPERATION**. Scientific and Technical Report. N.8. London, England: IWA Publishing. 156 p.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS**. 4º ed. Rio de Janeiro, SEGRAC, 2005.

KADLEC, R.H.; KNIGHT, R.L. 1996. **TREATMENTS WETLANDS**. In: *Wetland Design: Subsurface-flow Wetlands*. Boca Raton, Lewis Publishers, p. 642-643. 1996.

KADLEC, R.H.; WALACE, S.D. **TREATMENT WETLANDS**. 2. Ed., New York, Taylor & Francis Group, 2009. 1016 p.

KEFFALA C.; GHRABI A. **NITROGEN AND BACTERIAL REMOVAL IN CONSTRUCTED WETLANDS TREATING DOMESTIC WASTE WATER**. Desalination, v. 185, p. 383–389, 2005.

KIVAISI, A. K. **THE POTENTIAL FOR CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT AND REUSE IN DEVELOPING COUNTRIES: a review**. Ecological Engineering, v. 16, p. 545–560, 2001.

KONNERUP, D.; KOOTTATEP, T.; BRIX, H. **TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER IN TROPICAL, SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS PLANTED WITH CANNA AND HELICONIA**. Ecological Engineering, Amsterdam, v.35, n.2, p.248–257, 2009.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de. **REDUÇÃO DA CARGA POLUENTE: A QUESTÃO DOS NUTRIENTES**. Embrapa Informação Tecnológica. Gestão Ambiental na Suinocultura. Brasília, DF. 2007. p. 105.

LANGERGRABER, G.; HARBERL, R.; LABER, J.; PRESSL, A. **EVALUATION OF SUBSTRATE CLOGGING PROCESSES IN VERTICAL FLOW CONSTRUCTED WETLANDS**. Water Sci. Technol. v. 48, n. 5, p. 25 - 34, 2003.

LATORRE, J., GALVIS, G. e VISSHER, J.T. (1996). **“PERFORMANCE EVALUATION OF DYNAMIC ROUGHING FILTRATION.”** In: Graham, N. e Collins, R. (eds.), *Advances in Slow and and Alternative Biological Filtration*. John Wiley & Sons Ltd, Inglaterra.

LEE, C.Y.; LEE, C.C.; LEE, F.Y.; TSENG, S.K.; LIAO, C.J. **PERFORMANCE OF SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS TAKING PRETREATED SWINE EFFLUENT UNDER HEAVY LOADS.** *Bioresource Technology*. v. 92, p.173-179, 2004.

LEWIS, N. J.; HURNIK, J. F. **THE EFFECT OF SOME COMMON MANAGEMENT PRACTICES ON THE EASE OF HANDLING OF DAIRY COWS.** *Appl. Anim. Behav. Sci.*, v. 58, p.213-220, 1998.

MANTOVI, P.; MARMIROLI, M.; MAESTRE, E; TAGLIAVINI, S.; PICCININI, S.; MARMIROLI, N. **APPLICATION OF A HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS ON TREATMENT OF DAIRY PALOR WASTEWATER.** *Bio resource Technology*, v.88, p.85-94, 2003.

MARTINS, P. C. **POLÍTICAS PÚBLICAS E MERCADOS DEPRIMEM O RESULTADO DO SISTEMA AGROINDUSTRIAL DO LEITE** - Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 160 p.

MARRARA D. A. E, PATERNIANI J. E. S. **USO DA FILTRAÇÃO LENTA PARA ADEQUAÇÃO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS AOS PADRÕES DE LANÇAMENTO EM CORPOS D'ÁGUA E REUSO.** II SAPASA 23. FEC – UNICAMP. 2003.

MASSA, G .A. D. ASPECTOS DO COMPORTAMENTO ELIMINATÓRIO (DEFECAÇÃO E MICÇÃO) EM VACAS HOLANDESA EM PASTAGENS TROPICAIS. 1989. 50f. Monografia (Trabalho de Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1989.

MATOS, A. T. TRATAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental/UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa / MG. 2005.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CAPIM TIFTON 85 (*CYNODON SPP*) CULTIVADO EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE LATICÍNIOS. Ambi-Água, Taubaté, v.3, n.1, p.3-53, 2008.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; FIA, R.; MATOS, M.P. QUALIDADE DO EFLUENTE DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA VISANDO SEU REUSO. Engenharia na Agricultura, v.17, p.383-391, 2009.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; LO MONACO, P.A.V. EFICIÊNCIA DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS NA REMOÇÃO DE POLUENTES DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA. Ambi-Água, Taubaté, v.5, n.2, p.31- 45, 2010.

MATOS, A. T.; Lo MONACO, P. A. TRATAMENTO E APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS DA LAVAGEM E DESPOLPA DE FRUTOS DO CAFEEIRO. Viçosa: UFV, 2003. p. 68

McCARTY, P. L. ONE HUNDRED YEARS OF ANAEROBIC TREATMENT SYSTEMS. IN: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANAEROBIC DIGESTION, 2, 1981, Travemunde. Proceedings. Amsterdam: Elsevier Biomedical Press B.V., 1982, p.3-22.

MELO, A. S. CONTRIBUIÇÃO PARA O DIMENSIONAMENTO DE LEITOS DE SECAGEM DE LODO. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia. Amilton Sales de Melo. Campina Grande, 2006.

METCALF & EDDY. INC. WASTERWATER ENGIEERING TREATMENT DISPOSAL AND REUSE. McGraw-Hill, Inc. 1991.

MIRANDA, E.E. de.; MANTOVANI, L.E.; PIEROZZI Jr., I.; TAKEDA, A.M.; MATTOS, C. de O.; MANGABEIRA, J.A. de C.; FILARDI, A.L. O IMPACTO AMBIENTAL DAS QUEIMADAS DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR: PARECER TÉCNICO-CIENTÍFICO. Campinas: MARA, Embrapa Monitoramento por Satélite, 16p. 2006.

MORO, M.J., DOMINGO, F., LOPEZ, G. SEASONAL TRANSPIRATION PATTERN OF PHRAGMITESAUSTRALIS IN A WETLAND OF SEMI-ARID SPAIN. Hydrological Processes. V. 18, p.213-227, 2004.

MUMÑOZ, P.; DRIZO, A.; HESSION, W.C. FLOW PATTERNS OF DAIRY WASTEWATER CONSTRUCTED WETLANDS IN A COLD CLIMATE. Water Research, v.40, p.3209-3218, 2006.

NERALLA S., WEAVER R. W., LESIKAR B. J., PERSYN R. A. IMPROVEMENT OF DOMESTIC WASTEWATER QUALITY BY SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS. Bioresource Technology, Volume 75, Issue 1, October 2000, Pages 19 - 25.

NEWMAN, J.M.; CLAUSEN, J.C.; NEAFSEY, J.A. **SEASONAL PERFORMANCE OF A WETLAND CONSTRUCTED TO PROCESS DAIRY MILKHOUSE WASTEWATER IN CONNECTICUT**. Ecological Engineering, vol. 14, p. 181-198, 2000.

NUNES, J.A. **TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS**. 5. ed. Sergipe: Editora Info Graphics gráfica & Editora Ltda, 2008.

OLIVEIRA, P. A. V. de. **MANUAL DE MANEJO E UTILIZAÇÃO DOS DEJETOS DE SUÍNOS**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p.

PATERNIANI, J. E. S.; ROSTON. D. M. **TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO E REUSO DA ÁGUA NO MEIO RURAL**. In: HAMADA, E. (Ed.) Água, agricultura e meio ambiente no Estado de São Paulo: avanços e desafios. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

PELISSARI, C. **TRATAMENTO DE EFLUENTE PROVINIENTE DA BOVINOCULTURA DE LEITE EMPREGANDO WETLANDS CONSTRUIDOS DE ESCOAMENTO SUBSUPERFICIAL** / Catiane Pelissari. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Recursos Hídricos e Saneamento, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), - 2013. 147 p.

PELISSARI C., DECEZARO S. T., SEZERINO P. H., CARVALHO JUNIOR O. DE, WOLFF D. B., PHILIPPI L. S. **WETLANDS CONSTRUÍDOS DE FLUXO VERTICAL EMPREGADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE BOVINOCULTURA LEITEIRA**. 1º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE APLICAÇÃO DE WETLANDS CONSTRUÍDOS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS. Florianópolis – SC. 2013.

PEREIRA, N. S., **TERRA PLANETA POLUÍDO**, 1ª edição, Rio Grande do Sul: Editora Sagra, 1976, 170 p.

PEREIRA, R. S. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES DE POLUIÇÃO EM SISTEMAS HIDRICOS. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. V.1, n.1. p. 20-36. 2004.

PESSÔA, C. A.; JORDÃO, E. P. TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS: CONCEPÇÕES CLÁSSICAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS. 2. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental: BNH, 1982.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H. APLICAÇÃO DE SISTEMAS TIPO WETLANDS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: UTILIZAÇÃO DE FILTROS PLANTADOS COM MACRÓFITAS. Ed. do autor, 2004. 144 p.

PRADO, G. S. CONCEPÇÃO E ESTUDO DE UMA UNIDADE COMPACTA PARA TRATAMENTO PRELIMINAR DE ESGOTO SANITÁRIO COMPOSTA POR SEPARADOR HIDRODINÂMICO POR VÉRTICE E GRADE FINA DE FLUXO TANGENCIAL. 2006. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. NATURAL SYSTEMS FOR WASTE MANAGEMENT AND TREATMENT. 2.º edição, McGraw-Hill, 1995. 434 p.

RODRIGUES, S. R.; SILVA, I. J.; RECURSOS HÍDRICOS NA AGROPECUÁRIA. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia. Pag: 27 – 51. Agosto de 2012.

RODRIGUES FILHO, J. A.; AZEVEDO, G. P. C. INSTALAÇÕES ZOOTÉCNICAS. Criação de Gado Leiteiro na Zona Bragantina, Embrapa Amazônia Oriental, Sistemas de Produção, 02, ISSN 1809-4325 Versão Eletrônica, Dez./2005.

ROSTON, D. M. USO DE VÁRZEAS ARTIFICIAIS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE DE TANQUE SÉPTICO. Anais: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campinas/SP, no 94-7- 210, Julho/1994.

RUSHEN, J.; MUNKSGAARD, L.; MARNET, P.G. et al. **HUMAN CONTACT AND THE EFFECTS OF ACUTE STRESS ON COWS AT MILKING.** Applied Animal Behaviour Science, v.73, p.1-14, 2001.

SAINTY, G.R. AND JACOBS, S.W.L. 1981. **WATER PLANTS OF NEW SOUTH WALES.** Water Resources Commission New South Wales, Sydney.

SCHAAFSMA, J.A.; BALDWIN, A.H.; STREB, C.A. **AN EVALUATION OF A CONSTRUCTED WETLAND TO TREAT WASTEWATER FROM A DAIRY FARM IN MARYLAND, USA.** Ecological Engineering, v.14, p.199-206, 2000.

SEIFFERT, M. E. B. **GESTÃO AMBIENTAL: INSTRUMENTOS, ESFERAS DE AÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL.** 1. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

SEO, D. C.; HAWANG, S.H.; KIM, H. J. et al. **EVALUATION OF 2 AND 3 STAGE COMBINATIONS OF VERTICAL AND HORIZONTAL FLOW CONSTRUCTED WETLANDS FOR TREATING GREENHOUSE WASTERWATER.** Science Direct. Ecological Engineering 32. P 121 – 132; 2008.

SEZERINO, P.H. **POTENCIALIDADE DOS FILTROS PLANTADOS COM MACRÓFITAS (CONSTRUCTED WETLANDS) NO PÓS - TRATAMENTO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE CLIMA SUBTROPICAL.** 2006. 171f .Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

SILVA, S. A. **TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.** São Paulo: Edição CETESB e ABES, 50 p. 1979.

SILVA, E. M. da. **AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA PILOTO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SALA DE ORDENHA DE BOVINOCULTURA**. Edú Max da Silva. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas – SP: [s.n.] 2007.

SILVA, C. E. - **TRATAMENTO DE RESÍDUOS E IMPACTOS AMBIENTAIS - UFSM/CT/HDS**. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A2.pdf>> - Acesso em 08/09/2011.

SORRELL, B.K., BRIX, H. AND ORR, P.T. (1993). **OXYGEN EXCHANGE BY ENTIRE ROOT SYSTEMS OF CYPERUS INVOLUCRATUS AND ELEOCHARIS SPHACELATA**. Journal of Aquatic Plant Management 31 24-28.

SOUZA, C. F. **INSTALAÇÕES PARA GADO DE LEITE**. 2004. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/gadoleiteoutubro-2004>>. Acesso em: 20/ago/2010.

SOUZA, L. E. L. E BERNARDES, R. S. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM RAFA NO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS, COM PÓS-TRATAMENTO ATRAVÉS DE LEITOS CULTIVADOS**. Anais: Simpósio Italo-Brasiliiano de Ingeniería Sanitaria-Ambientale, Gramado/RS, vol. I, nº 9, junho/1996.

STEFANAKIS, I.A.; TSIHRINTZIS. **EFFECTS OF LOADING, RESTING PERIOD, TEMPERATURE, POROUS MEDIA, VEGETATION AND AERATION ON PERFORMANCE OF PILOT-SCALE VERTICAL FLOW CONSTRUCTED WETLANDS**. Chemical Engineering Journal, vol. 181 - 182,p.416 a 430. 2012.

STEINFELD, H.; HAAN, C. de; BLACBURN, H. **LIVESTOCK-ENVIRONMENT INTERACTIONS: issues and options**. [Brussels?]: European Commission: Development Policy Sustainable Development and Natural Resources, 1997. 56 p. il. Maps.

SUN, G.; ZHAO, Y.; ALLEN, S. **ENHANCED REMOVAL OF ORGANIC MATTER AND AMMONIACAL-NITROGEN IN A COLUMN EXPERIMENT OF TIDAL FLOW CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM.** Journal of Biotechnology, 115, n.2, p.189-197. 2005.

TANNER, C. C.; SUKIAS, J. P. **ACCUMULATION OF ORGANICS SOLIDS IN GRAVEL-BED CONSTRUCTED WETLANDS.** 4th International Conference on Wetlands system for water Pollution Control, Guangzhou, China. 1994, 617 – 627 pp.

TANNER, C.C. 1996. **PLANTS FOR CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS – ACOMPARISON OF THE GROWTH AND NUTRIENT UPTAKE OF EIGHT EMERGENTSPECIES.** Ecological Engineering 7: 59-83.

TANNER, C.C; NGUYEN, L.M; SUKIAS, S.P.J. **NUTRIENT REMOVAL BY A CONSTRUCTED WETLANDS TREATING SUBSURFACE DRAINAGE FROM GRAZED DAIRY PASTURE.** AGRICULTURE ECOSYSTEMS E ENVIRONMENT, V. 105,P.145-146, 2005.

TUCKER, G.C. 1983. **THE TAXONOMY OF CYPERUS (CYPERACEAE) IN COSTA RICA AND PANAMA.** Syst. Bot. Monogr. 2:1-85.

TUCKER, G. C. 1994. **REVISION OF THE MEXICAN SPECIES OF *CYPERUS* (CYPERACEAE).** Systematic Botany Monographs 43: 1–213.

USDA, NRCS. - **CYPERUS INVOLUCRATUS ROTTB.** – Plants Profile. United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. 2002.

USEPA (1993). **SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT: A TECHNOLOGY ASSESMENT.** United States Environmental Protection Agency. 87p.

USEPA (2000). **CONSTRUCTED WETLANDS TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATERS**. United States Environmental Protection Agency. 154 p.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; ROCHA Jr, V.R. et al. **TABELAS BRASILEIRAS DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS PARA BOVINOS**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VAN HORN, H. H.; WILKIE, A. C.; POWERS, W. J.; NORDSTEDT, R. A. **COMPONENTS OF DAIRY MANURE MANAGEMENT SYSTEMS**. Journal of Dairy Science, Champaign, v.77, n.7, p.2008-2030, 1994.

VON SPERLING, M. **PRINCIPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG. Belo Horizonte – MG. 1995.

VON SPERLING, M. (a) **PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS**. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, Depto. Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2a ed., vol. 1, 1996. 243 p.

VON SPERLING, M. **TRATAMENTO E DESTINAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DA AGROINDÚSTRIA**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 88 p.

VYMAZAL, J., 2001. **TYPES OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT: THEIR POTENTIAL FOR NUTRIENT REMOVAL**. In: Vymazal, J. (Ed.), Transformations of Nutrients in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 1–93.

VYMAZAL, J., 2007 **REMOVAL OF NUTRIENTS IN VARIOUS TYPES OF CONSTRUCTED WETLANDS**. Science Directed. Science of the Total Environment. P 48 – 65.

VYMAZAL, J., 2009. **THE USE CONSTRUCTED WETLANDS WITH HORIZONTAL SUB-SURFACE FLOW FOR VARIOUS TYPES OF WASTEWATER, CZECH REPUBLIC**. ecological engineering 3 5 pag. 1–17.

VYMAZAL, J., KROPFLOVA, L., 2008. **TYPES OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT. IN: SPRINGER NETHERLANDS (ED.), WASTEWATER TREATMENT IN CONSTRUCTED WETLANDS WITH HORIZONTAL SUB-SURFACE FLOW**, vol. 14. Springer, New York, p. 121.

WANG, R.; KORBOULEWSKY, N.; PRUDENT, P.; BALDY, V.; BONIN, G. **CAN VERTICAL-FLOW WETLAND SUSTEMS TREAT HIGH CONCENTRATED SLUDGE FROM A FOOD INDUSTRY? A MESOCOSM EXPERIMENT TESTING THREE PLANT SPECIES**. Ecological Engineering, Amsterdam, v.35, n.2, p.230-237, 2009.

WHITE, J.S., BAYLEY, S.E., CURTIS, P.J. **SEDIMENT STORAGE OF PHOSPHORUS IN A NORTHERN PRAIRIE WETLAND RECEIVING MUNICIPAL AND AGRO-INDUSTRIAL WASTEWATER**. Ecological Engineering. 14, p.127–138, 2000.

WHITE D., BRIAN M, GEORGE G. **THE INFLUENCE OF WATER LEVEL FLUCTUATIONS ON THE POTENTIAL FOR CONVECTIVEFLOW IN THE EMERGENT MACROPHYTES TYPHA DOMINGENSIS ANDPHRAGMITES AUSTRALIS**. Aquatic Botany. v. 86, p. 369–376, 2007.

WOOD, J.; FERNANDEZ, G.; BARKER, A.; GREGORY, J.; CUMBEY, T.; **EFFICIENCY OF REED BEDS IN TREATING DAIRY WASTEWATER**. Biosystems Engineering, v.98, p 455-469. 2007.

WOOD, R. B. & McATAMNEY, C. F. **THE USE OF MACROPHYTES IN BIOREMEDIATION**. Biotech. Adv., vol. 12, pp. 653-662, 1994.

WOOD, R. B. & McATAMNEY, C. F. **CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTE WATER TREATMENT: THE USE OF LATERITE IN THE BED MEDIUM IN PHOSPHORUS AND HEAVY METAL REMOVAL**. 1996. Hidrologia, 340 : 323-331.

XAVIER, C.A.N. **CALDO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA COM DEJETOS DE VACAS EM LACTAÇÃO SOB DIFERENTES DIETAS**. Tese de doutorado - Unesp Campus Jaboticabal. 2009.

XU, D.; XU, J.; WU, J.; MUHAMMAD, A. **STUDIES ON THE PHOSPHORUS SORPTION CAPACITY OF SUBSTRATES USED IN CONSTRUCTED WETLAND SYSTEMS**. Chemosphere 63. P 344 – 352. 2006.

ZANANDRÉA, V. **ANÁLISE DO USO DA TECNOLOGIA DE BIODIGESTORES PARA FINS ENERGÉTICOS EM PROPRIEDADES RURAIS**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de Dois Vizinhos, 2010.

ZANELLA, L.; **PARTIDA DE UM REATOR COMPARTIMENTADO HÍBRIDO ANAEROBIO/AEROBIO TRATANDO ESGOTO SANITÁRIO**. Dissertação (Mestrado) – Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 1999. 118 p.

ZANELLA, L., **PLANTAS ORNAMENTAIS NO PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIOS: WETLANDS-CONSTRUÍDOS UTILIZANDO BRITA E BAMBU COMO SUPORTE**. Dissertação (Doutorado) – Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2008. 189 p.

ZANELLA, L.; NOUR, A. E.; ROSTON, D. **CYPERUS PAPYRUS EM SISTEMAS DE WETLAND-CONSTRUÍDO COMO PÓS TRATAMENTO DE ESGOTOS**. in 25 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, 2009.

ZAPAROLI, B.R. **CAPACIDADE DESNITRIFICANTE DE SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS OPERADOS EM BATELADAS SEQUENCIAIS**. 2011. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa. 2011. 81p.

ZHANG, Z.; RENGEL, Z.; MENEY, K. **INTERACTIV EFFECTS NITROGEN AND PHOSPHORUS LOADINGS ON NUTRIENT REMOVAL FROM SIMULATED WASTERWATER USING SCHOENOPLECTUS VALIDUS IN MICROCOSMS**. Science Direct. Chemosphere. 2008.

ZOCCAL, R.; GOMES, A. T.; CARVALHO, L. **O AGRONEGÓCIO DO LEITE: ANÁLISE E PERSPECTIVAS**. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2004, Cuiabá, MT. Anais de 43º Congresso SOBER. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2004. p. 255.

ZURITA, F.; BELMONT, M.A.; ANDA, J.D.; MARTINEZ, J.C. **STRESS DETECTION BY LASER-INDUCED FLUORESCENCE IN ZANTEDESCHIA AETHIOPICA PLANTED IN SUBSURFACE-FLOW TREATMENT WETLANDS**. Ecological Engineering, Amsterdam, v.33, n.2, p.110-118, 2008.

ZURITA, F.; ANDA, J.D.; BELMONT, M.A. **TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER AND PRODUCTION OF COMMERCIAL FLOWERS IN VERTICAL AND HORIZONTAL SUBSURFACE-FLOW CONSTRUCTED WETLANDS**. Ecological Engineering, Amsterdam, v.35, n.5, p.861 - 869, 2009.