

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO “STRICTO SENSU” EM ENGENHARIA
QUÍMICA – NÍVEL DE DOUTORADO

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO DOS
RESÍDUOS PROVENIENTES DA BACIA SANITÁRIA EM COMUNIDADES
RURAIS

ELIAS LIRA DOS SANTOS JUNIOR

TOLEDO – PR – BRASIL

Fevereiro de 2019

ELIAS LIRA DOS SANTOS JUNIOR

**TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO DOS
RESÍDUOS PROVENIENTES DA BACIA SANITÁRIA EM COMUNIDADES
RURAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Química em cumprimento parcial
aos requisitos para obtenção do título de Doutor
em Engenharia Química, área de concentração
em **Desenvolvimento de Processos**.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Freddy Mendoza
Morejon

TOLEDO – PR – BRASIL

Fevereiro de 2019

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Santos Junior, Elias Lira dos

Tecnologia alternativa para tratamento seletivo dos resíduos provenientes da bacia sanitária em comunidades rurais / Elias Lira dos Santos Junior; orientador(a), Camilo Freddy Mendoza Morejon , 2019.

296 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2019 .

1. Inovação. 2. Tratamento Segregado. 3. Bacia Sanitária. 4. Saneamento Ecológico. I. Morejon , Camilo Freddy Mendoza . II. Título.

DEDICATÓRIA

Essa obra é dedicada aos meus pais Elias Lira dos Santos e Maria José Souza dos Santos e a minha avó Helena Lira - – In memoriam.

AGRADECIMENTOS

Ao Divino Pai Eterno pela concessão dos dons da vida.

À minha esposa Margarete, pelo apoio e dedicação dado durante esta jornada de estudos.

À minha filha, Marina Giovanna, pela sabedoria trazida nos momentos complicados, com afagos e carinhos providenciais, reestabelecendo a ordem sentimental.

Aos meus irmãos de sangue, Emerson e Elise, pelo aprendizado que esta relação tem oferecido ao longo dos anos.

Ao meu irmão de alma, Elison, pelas valorosas dicas na longa caminhada da vida.

Ao meu orientador, Camilo Freddy Mendoza Morejon, pela confiança e respeito ao longo dessa jornada.

Aos colegas Cláudio, Gabriela e Eduardo, pela troca das angústias, frustrações e conquistas ao longo desse processo estudantil.

Às secretárias Cleusa e Anna, pelo suporte dado durante o transcorrer do curso.

Aos professores do programa, pela oportunidade de convívio.

Aos membros das bancas de qualificação.

Aos ex-alunos da UTFPR e hoje colegas de profissão Vanio Faquin, Fábio Fronza, e Iuri pela generosidade e valorosa colaboração no desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos professores Paulo Bittencourt, Laércio Frare, Marcela Boroski, Rodrigo Basso, pelo suporte físico e analítico.

À técnica do PTI Natalie Toyama, pelo apoio nas análises cromatográficas.

À UTFPR, campus Medianeira, pela concessão da licença para doutoramento e apoio logístico.

As Professoras e amigas Juliana B. Mees e Fabiana Costa Shutz pelo incentivo, apoio (de toda natureza), paciência e compreensão no decorrer desse processo.

Ao escritório modelo da UNIPAR campus Cascavel pela confecção de bacias sanitárias inovadoras;

A MS metalúrgica pela construção do reator;

Aos colaboradores tecnológicos Alffainox, Digitalplus, Metal Laran, Metal Pico e a Metalúrgica Oli pelo fomento financeiro e suporte logístico no desenvolvimento do trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	JUSTIFICATIVA.....	3
3	OBJETIVOS.....	4
3.1	Geral.....	4
3.2	Específicos	4
4	DELIMITAÇÃO E ESCOPO DA PESQUISA	5
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
5.1	Saneamento	6
5.1.1	Conceito e Definições	6
5.1.2	Saneamento Brasileiro.....	6
5.1.2.1	Água.....	6
5.1.2.2	Resíduos Sólidos.....	7
5.1.2.3	Esgoto	8
5.1.3	Saneamento Rural	9
5.1.3.1	Água.....	10
5.1.3.2	Esgoto	10
5.1.4	Saneamento Ecológico – “ECOSAN”	13
5.1.4.1	Classificação das Águas segundo o ECOSAN	14
5.2	Sistema de Esgotamento Sanitário	19
5.2.1	Definição e Constituintes	19
5.2.2	Métodos e Técnicas de Tratamento.....	20
5.2.2.1	Tratamento Biológico	21
5.3	Digestão Anaeróbia	23
5.3.1	Definição	23
5.3.2	Etapas da Digestão Anaeróbia.....	24
5.3.3	Geração de biogás	27
5.3.4	Fatores que Interferem na Digestão Anaeróbia.....	31
5.4	Principais Tecnologias Utilizadas no Tratamento de Esgotos Domésticos e Águas Negras no Meio Rural	40
5.4.1	Tanque de Bananeiras ou de Evapotranspiração (TEVAP)	41
5.4.2	Fossa Séptica Biodigestora.....	43
5.4.3	Zona de Raízes	44
5.4.4	Reatores Biológicos ou Biorreatores.....	46
5.4.4.1	Partida de Reatores Anaeróbios	48
5.5	Dejetos Humanos	49
5.5.1	Fezes Humanas.....	50
5.5.1.1	Produção e Geração	50
5.5.1.2	Classificação	51
5.5.1.3	Composição e Características	52
5.5.2	Urina.....	53
5.5.2.1	Produção e Geração	53
5.5.2.2	Classificação	54
5.5.2.3	Composição e Características	54
5.6	Propriedade Intelectual.....	55

6	MATERIAIS E MÉTODOS.....	60
6.1	Caracterização da Fonte de Geração de Efluentes Domésticos e dos Efluentes Provenientes da Bacia Sanitária no Meio Rural Brasileiro e Paranaense	60
6.2	Identificação do Perfil de Utilização de Bacias Sanitárias.....	61
6.3	Caracterização das Fezes Humanas.....	62
6.3.1	Obtenção do Material Fecal	62
6.3.2	Aparato Experimental	62
6.3.3	Testes e Ensaios	64
6.3.3.1	Gravimetria	65
6.3.3.2	Análise Termogravimétrica (TGA).....	66
6.3.3.2.1	Teor de Carbono Orgânico Total (COT).....	67
6.3.3.2.2	Caracterização da Decomposição Térmica	67
6.3.3.3	Fluorescência de Raios X (FRX)	68
6.3.3.4	Espectroscopia de Transmissão Vibracional no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	70
6.3.3.5	Microscopia Eletrônica de Varredura com Detecção de Energia Dispersiva de Raios X (MEV-EDS).....	71
6.3.3.6	Microbiologia e Parasitologia	72
6.3.4	Digestão Natural de Fezes Humanas.....	72
6.3.4.1	Compostos Orgânicos Voláteis (COV's).....	73
6.3.4.2	Biogás	73
6.4	Caracterização da Urina Humana.....	76
6.4.1	Caracterização Físico-química	76
6.4.2	Caracterização do Armazenamento/Estocagem	77
6.5	Caracterização dos Resíduos Combinados (Urina e Fezes).....	78
6.6	Caracterização do Efluente Gerado na Bacia Sanitária – Águas Negras	78
6.6.1	Caracterização Qualitativa	78
6.6.1.1	Amostragem.....	78
6.6.1.2	Variáveis Analisadas e Métodos Analíticos Empregados	79
6.6.1.3	Tratamento dos Dados	80
6.6.2	Atenuação Natural.....	80
6.6.2.1	Confecção e Acondicionamento de Águas Negras.....	81
6.6.2.2	Plano de Monitoramento.....	82
6.7	Prospecção Tecnológica de Métodos, Processos e Tecnologias e sua Sistematização das Vantagens, Desvantagens e a Especificação do Estado da Arte	84
6.7.1	Prospecção em Bancos de Patentes	84
6.7.2	Estado da Arte - Bibliometria.....	85
6.8	Desenvolvimento da Tecnologia Alternativa para o Tratamento dos Efluentes Gerados na Bacia Sanitária por Meio do Planejamento, Projeto e Construção de um Protótipo	86
6.8.1	Planejamento	86
6.8.2	Projeto	86
6.8.2.1	Memorial de Cálculo.....	86
6.8.2.2	Memorial Descritivo	88
6.8.3	Construção e Instalação.....	88
6.9	Avaliação e Testagem do Comportamento da Tecnologia Alternativa sob Diferentes Condições Operacionais.....	90
6.9.1	Bacia Sanitária (BS).....	90
6.9.2	Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF)	91

6.9.3	Biorreator Anaeróbio Helicoidal de Fluxo Pistão (BAH).....	93
6.9.4	Sistema de Tratamento de Águas Negras (STAN).....	93
6.10	Identificação dos Elementos de Melhoria e Incorporação das Inovações Incrementais na Tecnologia em Fase de Desenvolvimento	94
6.11	Avaliação dos Requisitos de Proteção Intelectual da Tecnologia Desenvolvida.....	95
6.12	Sistematização dos Resultados.....	96
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
7.1	Caracterização da Fonte de Geração de Efluentes Domésticos e os Efluentes Provenientes da Bacia Sanitária no Meio Rural Brasileiro e Paranaense	97
7.1.1	População Rural Brasileira.....	97
7.1.2	População Rural Paranaense	98
7.1.3	Geração de Esgoto Doméstico sem Tratamento no meio Rural Brasileiro.....	99
7.1.4	Geração de Esgoto Doméstico sem Tratamento no meio Rural Paranaense....	100
7.1.5	Geração de Efluente da Bacia Sanitária ou Águas Negras no Meio Rural Brasileiro	101
7.1.6	Geração de Efluente da Bacia Sanitária ou Águas Negras no Meio Rural Paranaense	102
7.2	Identificação do Perfil de Utilização de Bacias Sanitárias.....	103
7.3	Caracterização das Fezes Humanas.....	106
7.3.1	Aspectos Microbiológicos e Parasitológicos.....	106
7.3.2	Teor de Umidade, Massa Específica e Sólidos Totais	106
7.3.3	Análise Termogravimétrica (TGA).....	108
7.3.3.1	Carbono Orgânico Total (COT).....	108
7.3.3.2	Características da Decomposição Térmica	110
7.3.4	Fluorescência de Raios X (FRX)	111
7.3.5	Espectroscopia de Transmissão Vibracional no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	114
7.3.6	Microscopia Eletrônica de Varredura com Detecção de Energia Dispersiva de Raios X (MEV-EDS)	115
7.3.7	Digestão Natural de Fezes Humanas.....	117
7.3.7.1	Compostos Orgânicos Voláteis (COV's).....	117
7.3.7.2	Biogás	119
7.4	Caracterização da Urina Humana.....	123
7.4.1	Caracterização Físico Química.....	123
7.4.2	Caracterização do Armazenamento/Estocagem	124
7.5	Caracterização dos Resíduos Combinados (Urina e Fezes)	128
7.6	Caracterização do Efluente Gerado da Bacia Sanitária – Águas Negras	130
7.6.1	Caracterização Qualitativa	130
7.6.2	Atenuação Natural.....	131
7.7	Prospecção Tecnológica de Métodos, Processos e Tecnologias e sua Sistematização das Vantagens, Desvantagens e a Especificação do Estado da Arte	133
7.7.1	Prospecção Tecnológica em Bancos de Patentes	133
7.7.1.1	Depósitos de Patentes em Âmbito Nacional	133
7.7.1.2	Depósitos de Patentes em Âmbito Internacional	136
7.7.2	Estado da Arte - Bibliometria.....	139
7.8	Desenvolvimento da Tecnologia Alternativa para o Tratamento dos Efluentes Gerados na Bacia Sanitária por Meio do Planejamento, Projeto e Construção de um Protótipo.....	142
7.8.1	Planejamento	142
7.8.2	Projeto, Construção e Instalação	143

7.8.2.1	Memorial de Cálculo.....	143
7.8.2.2	Memorial Descritivo	145
7.9	Avaliação e Testagem do Comportamento da Tecnologia Alternativa sob Diferentes Condições Operacionais	165
7.9.1	Bacia Sanitária (BS).....	165
7.9.2	Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF)	166
7.9.3	Biorreator Anaeróbio Helicoidal (BAH).....	170
7.9.4	Sistema de Tratamento de Águas Negras (STAN).....	170
7.10	Identificação dos Elementos de Melhoria e Incorporação das Inovações Incrementais na Tecnologia em Fase de Desenvolvimento	176
7.11	Avaliação dos Requisitos de Proteção Intelectual da Tecnologia Desenvolvida... ..	178
7.12	Sistematização dos Resultados.....	179
8	CONCLUSÃO	187
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	189
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	191
11	APÊNDICES.....	213

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação Pictórica do Sistema sob Prova de Conceito.	5
Figura 2: Abordagem Tradicional do Tratamento de Esgotos.	12
Figura 3: Classificação das Águas Residuárias Residenciais.....	16
Figura4: Etapas da Digestão Anaeróbia	24
Figura 5: Bioquímica da Geração do Gás Metano.	29
Figura 6: Representação Pictórica de Tecnologias usuais para o Tratamento de Águas Negras.	41
Figura 7: (a) Corte Transversal; (b) Corte Longitudinal de TEVAP.	42
Figura 8: Representação da Fossa biodigestora.	44
Figura 9: Representação do Tratamento por Zona de Raízes.....	45
Figura 10: Reator Tubular de Fluxo Pistão (PFR).	47
Figura 11: Escala de Bristol de Consistência de Fezes.	52
Figura 12: Classificação da Urina através das Cores.	54
Figura 13: (a)Coleta de Material Fecal, (b) Pesagem do Material coletado, (c) Preparo de Aliquotas Fecais e, (d) Acondicionamento nos Biodigestores.....	62
Figura 14: (a) Dimensões e Geometria do Mini Reator e, (b) Imagem Ilustrativa do Mini Reator.	63
Figura 15: (a) Amostras Fecais em Processo de secagem após digestão; (b) Amostras de Fezes Humanas Secas.....	64
Figura 16: Método Gravimétrico para Obtenção da Massa Específica das Fezes Humanas. ..	65
Figura 17: (a) Resíduo Umido e, (b) Resíduo Seco Submetido a Pesagem - Método Gravimétrico para Obtenção do Teor de Umidade do Resíduo Fecal.....	66
Figura 18: Equipamento de Análise Termogravimétrica – TG.....	66
Figura 19: Pontos Característicos de uma Curva Termo Gravimétrica (TG).	68
Figura 20: (a) Espectrômetro de Fluorescência de Raios X; (b) Amostras Diluídas e Preparadas para Leitura.	68
Figura 21: Espectrômetro de Infravermelho com transformada de Fourier FTIR.	71
Figura 22: (a) Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) marca Tescan, modelo VEGA 3; (b) Sputter coater para Preparação de Amostras Não Condutoras; (c) Fragmentos de Superfícies Dispostas no Porta Amostras para Análise de Microscopia Eletrônica.	71
Figura 23: Cromatógrafo Gasoso Acoplado à Espectrômetro de Massas ou Gás (GC/MS)....	73
Figura 24: Analisador Portátil de Biogás ENGEZER – Aparato Experimental.	74
Figura 25: Biogás Padrão Utilizado para Calibração de Equipamentos.	75
Figura 26: Cromatógrafo Gasoso com Detector de Condutividade Térmica Utilizado na Caracterização Gasosa.....	76
Figura 27: Representação Pictórica da urinálise – Método das Fitas (EAS).....	77
Figura 28: Banheiro Móvel para o Monitoramento de Águas Negras.	79
Figura 29: (a) Confeção de Águas Negras e (b) Acondicionamento de Águas Negras para o Processo de Atenuação Natural.....	81
Figura 30: Representação Esquemática do Balanço Material da Bacia Sanitária (BS)	87
Figura 31: Representação Pictórica dos Pontos de Monitoramento do SAUF.	90
Figura 32: Representação do Ensaio do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF).....	91
Figura 33: Síntese da Sistematização dos Resultados.....	96
Figura 34: População Rural Brasileira – 2018.	97
Figura 35: População Rural Paranaense – 2018.....	98
Figura 36: Estimativa do Volume Gerado de Esgoto Doméstico sem Tratamento no Meio Rural Brasileiro – 2018.	99
Figura 37: Estimativa do Volume de Esgoto Doméstico sem Tratamento Gerado no Meio Rural Paranaense – 2018.....	100

Figura 38: Estimativa do Volume Gerado de Águas Negras no Meio Rural Brasileiro – 2018.	101
Figura 39: Estimativa do Volume Gerado de Águas Negras no Meio Rural Paranaense – 2018.	102
Figura 40: Distribuição Temporal da Utilização da Bacia Sanitária (BS).	103
Figura 41: Modelagem Matemática do Teor de Umidade e da Massa Específica versus o Tempo de Digestão de Fezes Humanas.	107
Figura 42: Curvas Termogravimétricas da Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.	108
Figura 43: Concentração de Carbono Orgânico Total na Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.	109
Figura 44: Curva TG de Fezes Humanas na Razão $20^{\circ} \text{C} \cdot \text{min}^{-1}$.	110
Figura 45: Espectros Normalizados Obtidos de Fezes Humanas.	114
Figura 46: Fotos da Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura nas Fezes Digeridas em períodos distintas (base seca).	115
Figura 47: Geração de Biogás no Processo de Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.	120
Figura 48: Comportamento Térmico Ambiental do Processo de Digestão de Fezes Humanas.	120
Figura 49: Caracterização da Urina – Variáveis Auxiliares.	123
Figura 50: Efeito da Estocagem nas Características Qualitativas de Urina Humana.	125
Figura 51: Efeito da Estocagem no Decaimento de DQO em Urina Humana.	126
Figura 52: Comportamento de Parâmetros Auxiliares na Digestão Natural de Resíduos Combinados.	129
Figura 53: Caracterização do Processo de Atenuação Natural de Águas Negras.	131
Figura 54: Evolução Temporal das Publicações sobre blackwater (1866 – 2019).	139
Figura 55: Evolução Temporal das Publicações sobre blackwater treatment (1905 – 2019).	140
Figura 56: Aspectos Construtivos do Banheiro Móvel.	145
Figura 57: Versão Construtiva 1.0 do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF).	146
Figura 58: (a) Perspectiva Isométrica; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas; (c) Vista Lateral Sólida e (d) Vista Lateral com Linhas Ocultas do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) Versão 1.1.	147
Figura 59: (a) Dispositivo de Saída de Águas Amarelas ($\phi=50 \text{ mm}$); (b) Registro de de Gaveta para Coleta de Amostras e (c) Orifícios da Peneira Estática ($\phi=5 \text{ mm}$) da Versão Construtiva 1.1 do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF).	148
Figura 60: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) Versão 2.0.	148
Figura 61: (a) Peneira de Separação líquido-sólido; (b) Inclinação do Dispositivo de Saída de Águas Marrons e (c) Foto Lateral do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) da Versão Construtiva 2.0.	149
Figura 62: (a) Separador Tipo Grelha; (b) Câmara de Separação; (c) Seção Transversal Reta de Saída do SAUF e (d) Versão Construtiva 3.0 do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) - Separador Tipo Grelha.	150
Figura 63: Projeto do Protótipo do Biorreator Anaeróbio Helicoidal – BAH Versão 1.0	151
Figura 64: (a) Helicoide de Colheitadeira; (b) Helicoide Extraído da Colheitadeira para Confecção do Biorreator.	152
Figura 65: Detalhes Construtivos das Curvas entre os Módulos do BAH - Versão 1.0.	153
Figura 66: Detalhes Construtivos do Sistema de Transporte de Material do BAH - Versão 1.0.	154
Figura 67: Detalhes Construtivos do Sistema de Captação e Coleta de Gases do BAH – Versão 1.0.	154
Figura 68: Detalhes Construtivos do Protótipo do BAH – Versão 1.0.	155

Figura 69: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas do BAH – Versão 2.0.	156
Figura 70: Detalhes Construtivos e Instalação do Protótipo do BAH – Versão 2.0.	156
Figura 71: (a) Perspectiva Isométrica Sólida; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas do BAH – Versão 3.0.....	157
Figura 72: Detalhes Construtivos e Instalação do Protótipo do BAH – Versão 3.0.	158
Figura 73: Instalação do Sistema de Tratamento de Águas Negras.	159
Figura 74: (a) Perspectiva Isométrica Sólida; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas; (c) Vista Frontal com Linhas Ocultas e (d) Vista Posterior Sólida do STAN – Versão 1.0. .	160
Figura 75: (a) Peneira Interna Inferior; (b) Instalação Inicial do BAH a Bacia Sanitária com Desnível de 500 mm; (c) Instalação Otimizada com Redução de Desnível (200 mm); (d) Ineficiência da Peneira Interna Inferior pela Falta de Acumulo de Material.	161
Figura 76: (a) Perspectiva Isométrica Sólida; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas; (c) Vista Frontal Sólida e (d) Vista Posterior Sólida do STAN – Versão 2.0.....	162
Figura 77: Aspectos Construtivos e Operacionais do STAN - Versão 2.0.	162
Figura 78: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas do STAN – Versão 3.0.	163
Figura 79: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Vista Lateral Sólida do STAN 4.0.	164
Figura 80: Representação do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) – Versão 1.1.	166
Figura 81: (a)SAUF 1.3; (b) Característica de Águas Amarelas (Ponto 2(F)) e Marons (Ponto 3(G)) do SAUF 1.3; (c) Retenção de Material Fecal no SAUF 1.3; (d) SAUF 1.4; (e) Característica de Águas Amarelas (Ponto 2(F)) do SAUF 1.4 e (f) Retenção de Material Fecal no SAUF 1.4.....	168
Figura 82: Representação do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) – Versão 2.0.	169
Figura 83: Avaliação da Eficiência do SAUF – Versão 3.0.....	170
Figura 84: Estrutura Exógena Aparecida no Sistema de Tratamento de Águas Negras- Versão2.0.....	171
Figura 85: (a) BAH com Peneiramento Interno na Face Frontal; (b) Material Sólido Retido no BAH; (c) Amostras do Efluente Oriundos do Processo de Separação; (d) Amostras do Efluente Final do STAN 3.0.....	174
Figura 86: Sistema de Tratamento de Águas Negras e seus Constituintes Proposta Final – STAN5.0.	185

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese do Esgotamento Sanitário Brasileiro no Meio Rural.	9
Tabela 2: Características das Águas Negras.	18
Tabela 3: Comparativo entre Tratamento Aeróbio e Anaeróbio.	22
Tabela 4: Composição Média da Mistura Gasosa do Biogás.	27
Tabela 5: Reações Bioquímicas Desenvolvidas na Digestão Anaeróbia.	30
Tabela 6: Níveis de Compostos Inibidores.	38
Tabela 7: Taxa de Geração de Fezes Humana (peso úmido) [g/pessoa.dia].	50
Tabela 8: Características das Fezes Humanas.	53
Tabela 9: Características da Urina Humana.	55
Tabela 10: Massa de Fezes Inseridas nos Biodigestores com os Respectivos Tempos de Digestão.	64
Tabela 11: Síntese Metodológica Aplicadas a Caracterização das Fezes Humanas.	65
Tabela 12: Método do Exame Parasitológico.	72
Tabela 13: Tempo Médio de Bombeamento Aplicado nos Reatores.	74
Tabela 14: Parâmetros e Métodos empregados na Caracterização da Urina Humana.	76
Tabela 15: Variáveis e Métodos da Caracterização das Águas Negras e Métodos Associados.	80
Tabela 16: Identificação e Constituição das Amostras de Águas Negras	82
Tabela 17: Plano de Monitoramento para a prova de Atenuação Natural de Águas Negras. ..	82
Tabela 18: Aspectos Metodológicos da Prospecção Patentária.	85
Tabela 19: Critérios de Busca na Base de Dados Scopus.	85
Tabela 20: Desafios da Tecnologia Inovadora.	94
Tabela 21: Estimativa do Consumo Médio Diário de Água Potável em uma Bacia Sanitária Dual Flush.	104
Tabela 22: Estimativa do Consumo Médio Diário para um Casal em uma Residência do Tipo Rural.	104
Tabela 23: Teor de Umidade (%), Massa Específica e Concentração de Sólidos em Fezes Humanas in natura e digeridas.	106
Tabela 24: Resultados Obtidos pela Fluorescência de Raios X em Fezes Humanas e Valores Legais.	111
Tabela 25: Concentrações de Metais Pesados em mg.kg ⁻¹ Presentes em Fezes Humanas Obtidos em Diferentes Períodos de Digestão Anaeróbia Confrontada a Outras Obras.	112
Tabela 26: Concentrações de Metais Pesados Presentes em Fezes Humanas Obtidos em Diferentes Períodos de Digestão Anaeróbia.	113
Tabela 27: Composição Elementar de Fezes Humanas Obtidas por EDS.	116
Tabela 28: Compostos Orgânicos Voláteis Gerados na Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.	117
Tabela 29: Composição do Biogás (%) do Processo de Biodigestão Anaeróbia de Fezes Humanas sob Condições Ambientais.	121
Tabela 30: Característica Qualitativa do Biogás.	122
Tabela 31: Análise Clínica da Urina Humana.	124
Tabela 32: Série de Sólidos e Variáveis Auxiliares em Amostras de Urina sob Estocagem.	127
Tabela 33: Concentração de DBO e DQO em Mistura de Fezes e Urina Humana.	128
Tabela 34: Concentração de Sólidos em Mistura de Fezes e Urina Humana.	128
Tabela 35: Caracterização das Águas Negras – Parâmetros Auxiliares.	130
Tabela 36: Caracterização das Águas Negras – Parâmetros físico-químico.	130
Tabela 37: Pedidos de Patentes junto ao INPI Correlatos ao Tratamento de Efluentes oriundos da Bacia Sanitária (BS).	134

Tabela 37: Pedidos de Patentes junto ao INPI Correlatos ao Tratamento de Efluentes oriundos da Bacia Sanitária (BS) – Continuação.	135
Tabela 38: Pedidos de Patentes Junto ao USPTO.	136
Tabela 39: Pedidos de Patentes Junto ao EPO.	137
Tabela 40: Estimativa de Geração de Resíduos da Bacia Sanitária (BS).	143
Tabela 41: Parâmetros de Projeto e Marcha de Cálculo Impressos no Dimensionamento das Unidades do Sistema de Tratamento de Águas Negras.	144
Tabela 42: Eficiência de Retenção de Material do SAUF - Versão 1.1.	166
Tabela 43: Gases Gerados no STAN 2.0.	172
Tabela 44: Gases Gerados no STAN 3.0.	175
Tabela 45: Identificação dos Elementos de Melhoria da Bacia Sanitária e dos Separadores de Sólido – Líquido.	176
Tabela 46: Identificação dos Elementos de Melhoria e Inovações do Biorreator Anaeróbio Helicoidal.	177
Tabela 47: Sistematização dos Resultados – Dimensão Científica.	179
Tabela 48: Sistematização dos Resultados – Dimensão Tecnológica.	182

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA - Águas Amarelas
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AM - Águas Marrons
AN - Águas Negras
ANA – Agência Nacional de Águas
ANVISA - Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
APHA – American Public Health Association
BAH – Biorreator Anaerobia Helicoidal
BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building
CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
C - Concentração
CE - Condutividade elétrica
CF - Coliformes Fecais
CH₄ – Metano
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CO₂ – Dióxido de Carbono
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV's – Compostos Orgânicos Voláteis
CREPA - Centro Regional de Água Potável e Saneamento Francês
CT - Coliformes Totais
CV - Coeficiente de variação
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio para Consumo de 5 dias a 20°C
DERAL – Departamento de Economia Rural
DP - Desvio Padrão
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DRX – Difratometria de Raios X
DTA – Análise Térmica Diferencial
DTG – Termogravimetria derivada
ECOSAN – Saneamento Ecológico
EDS – Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X

EE - Environmental Efficiency

EHEC - Escherichia Coli Enterohemorrágica

EPA – Environmental Protection Agency

EPO - European Patent Office

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

EUA - Estados Unidos da América

FRX – Fluorescência de Raios X

FTIR-ATR – Espectroscopia de Transmissão Vibracional no Infravermelho com Transformada de Fourier com Reflectância Total Atenuada

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GBCBrasil – Green Building Council Brasil

GC-MS – Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massa

GC-TCD – Cromatografia Gasosa com Detector de Condutividade Térmica

GTZ – Sede Social da Cooperação Técnica Alemã

H₂ – Hidrogênio Gasoso

H₂O – Água

H₂O₂ – Peróxido de Hidrogênio

H₂S – Sulfeto de Hidrogênio (forma não ionizada), Gás Sulfídrico

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

K – Constante de Velocidade

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MMS - Massa da Matéria Seca

MMU - Massa da Matéria Úmida

MS – Material e/ou Sólidos Sedimentáveis

MU – Modelo de Utilidade

N₂ – Nitrogênio

N₂O – Óxido Nitroso

NBR – Norma Brasileira Registrada

NH₃ – Amônia
NIT – Núcleo de Inovações Tecnológicas
NMP – Número Mais Provável
NO₂ – Dióxido de Nitrogênio
O₂ – Oxigênio
O₃ – Ozônio
ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OH – Hidroxila
OMS – Organização Mundial de Saúde
ONU – Organização das Nações Unidas
PEQ – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
PETROBRAS – Empresa Brasileira de Petróleo.
PFR – Reator de Fluxo Pistão
pH – Potencial Hidrogeniônico
PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento
PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
Q – Vazão
RLDCR - Resíduos Líquidos Domésticos em Comunidades Rurais
rpm - Rotações por Minuto
SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SAUF – Separador de Água, Urina e Fezes
SEDU/PR – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbana da Presidência da República
SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
BRASIL – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SO₂ – Dióxido de Enxofre
SO₄²⁻ – Sulfato
SUS - Sistema Único de Saúde
T – Temperatura
t - Tempo
TD - Tecnologia em Desenvolvimento
TDH – Tempo de Detenção Hidráulica
TG - Termogravimetria

TR – Tempo de Residência
TU – Temperatura da Urina
UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket
uC – Unidade de Cor
UE – União Europeia
UFC – Unidades Formadoras de Colônias
UH - Urina Humana
UNICEF – Fundo das Nações Unidas para Crianças
UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
UNT – Unidades Nefelométricas de Turbidez
USEPA – United States Environmental Protection Agency
USPTO – United States Patent and Trademark Office's
UV – Ultravioleta
VR – Volume Remanescente
WCED – Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA TRATAMENTO SELETIVO DOS RESÍDUOS PROVENIENTES DA BACIA SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS

AUTOR: ELIAS LIRA DOS SANTOS JUNIOR

ORIENTADOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON

Tese de Doutorado; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 - Toledo - PR, Brasil, defendida em 26 de fevereiro de 2019. 210 p.

RESUMO

O objetivo principal do trabalho foi o desenvolvimento de uma tecnologia para o tratamento seletivo do efluente gerado na bacia sanitária em comunidades rurais. Esse tratamento se justifica a medida que o potencial de aproveitamento dos dejetos humanos – urina e fezes, são desperdiçados e, ainda, tornam-se um elemento de degradação ambiental quando lançados no meio ambiente sem nenhum tipo de critério, tratamento, ou mesmo, sob a forma de esgoto doméstico. Dessa maneira foram seguidas as etapas metodológicas de caracterização da fonte geradora de efluentes domésticos e de efluentes provenientes da bacia sanitária no meio rural brasileiro e paranaense; Identificação do perfil de utilização de bacias sanitárias; Caracterização das fezes humanas; Caracterização da urina humana; Caracterização dos resíduos combinados (urina e fezes); Caracterização do efluente gerado na bacia sanitária – Águas Negras, nesse sentido foi realizada uma avaliação do processo de digestão natural de águas negras; Execução de prospecção tecnológica de métodos, processos e tecnologias e a sistematização das vantagens e desvantagens com especificação do estado da arte; Desenvolvimento da tecnologia alternativa para o tratamento dos efluentes gerados na bacia sanitária por meio do planejamento, projeto e construção de um protótipo; Avaliação e testagem do comportamento da tecnologia alternativa sob diferentes condições operacionais; Identificação dos elementos de melhoria e, subsequente, incorporação das inovações

incrementais na tecnologia alternativa; Avaliação dos requisitos de proteção intelectual da tecnologia desenvolvida; Sistematização dos resultados e a consolidação dos mesmos por meio da proteção intelectual, junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). A partir dos ensaios laboratoriais foi possível identificar que a degradação de fezes humanas ocorre de forma lenta (>70 dias) apontando para a necessidade de uma etapa de separação sólido-líquido que tenha uma eficiência entre 70 a 80%, diminuindo o tempo de detenção hidráulico do biorreator e, por conseguinte, o seu volume útil. Ainda na digestão natural de fezes humanas um importante parâmetro considerado no desenvolvimento tecnológico foi a temperatura. A estocagem de urina se apresenta com uma alternativa viável ao seu aproveitamento agrônômico, contudo, alguns critérios específicos devem ser levados em consideração, sobretudo, a estocagem em recipientes opacos visto que a mesma é fotossensível. Dessa forma os resultados convergiram para o desenvolvimento de uma tecnologia constituída de um separador de água, urina e fezes (SAUF) instalada, imediatamente, após a bacia sanitária seguida de um biorreator anaeróbio de fluxo pistão do tipo helicoidal. A tecnologia alternativa então desenvolvida se apresenta de forma eficaz para o gerenciamento dos dejetos humanos em propriedades rurais com promissoras possibilidades de aplicações em condomínios residenciais horizontais e/ou verticais, em localidades afastadas ou periurbanas e em pequenos adensamentos populacionais.

ALTERNATIVE TECHNOLOGY FOR TREATMENT OF RESIDUES FROM THE SANITARY BODY IN RURAL COMMUNITIES

AUTHOR: ELIAS LIRA DOS SANTOS JUNIOR

SUPERVISOR: PROF. DR. CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON

Doctor Thesis; Chemical Engineering Graduate Program; Western Paraná State University; Rua da Faculdade, 645; CEP: 85903-000 - Toledo - PR, Brazil, presented on February, 26th 2018. 210 p.

ABSTRACT

The main objective of the work was the development of a technology for the selective treatment of effluent generated in the sanitary basin in rural communities. This treatment is justified as the potential for the use of human waste - urine and faeces - is wasted and, furthermore, become an element of environmental degradation when released into the environment without any kind of criteria, treatment or even under the form of domestic sewage. In this way, the methodological steps of the characterization of the source of domestic effluents and effluents from the sanitary basin in the Brazilian and Paranaan rural areas were followed; Identification of the use profile of sanitary basins; Characterization of human faeces; Characterization of human urine; Characterization of the combined residues (urine and faeces); Characterization of the effluent generated in the sanitary basin - Águas Negras, in this sense an evaluation of the process of natural digestion of black waters was carried out; Execution of technological prospection of methods, processes and technologies and the systematization of advantages and disadvantages with specification of the state of the art; Development of alternative technology for the treatment of effluents generated in the sanitary basin through the planning, design and construction of a prototype; Evaluation and testing of alternative technology behavior under different operating conditions; Identification of the elements of improvement and, subsequently, incorporation of the incremental innovations in the alternative technology; Evaluation of the intellectual protection

requirements of the developed technology; Systematization of results and their consolidation through intellectual protection, with the National Institute of Industrial Property (INPI). From the laboratory tests it was possible to identify that the degradation of human faeces occurs slowly (> 70 days) pointing to the need for a solid-liquid separation step that has an efficiency between 70 to 80%, reducing the holding time of the bioreactor and, therefore, its useful volume. Still in the natural digestion of human faeces an important parameter considered in the technological development was the temperature. Urine storage presents a viable alternative to its agronomic use, however, some specific criteria must be taken into account, especially, the storage in opaque containers since it is photosensitive. In this way the results converged to the development of a technology consisting of a water, urine and faecal separator (SAUF) installed immediately after the sanitary basin followed by an anaerobic flow pump of the helicoidal type. The alternative technology developed in this way presents itself effectively for the management of human waste on rural properties with promising possibilities of applications in horizontal and / or vertical residential condominiums, in remote or peri-urban locations and in small population densities

1 INTRODUÇÃO

A grande deficiência de saneamento básico em várias regiões brasileiras, em especial de esgotamento sanitário, impõe grande número de pessoas a riscos inaceitáveis de exposição direta ou indireta a esgotos sanitários. O volume de esgoto sanitário lançado no solo ou em corpos d'água, em estado bruto ou insuficientemente tratado, constitui expressiva carga de organismos patogênicos excretados por indivíduos infectados no meio ambiente. Esse quadro de deficiência da barreira sanitária tem forte influência nos indicadores de saúde, muito abaixo dos padrões mínimos da dignidade humana em várias regiões brasileiras (GONÇALVES, 2006).

Os sistemas convencionais de tratamento de efluentes domésticos são projetados para funcionarem de forma centralizada, agregada e coletiva fomentando grandes volumes de resíduos, bem como, a necessidade de significativas montas financeiras, tanto para construção como para a operação.

Esses sistemas exigem grandes áreas de instalação, elevados custos de construção, manutenção e operação, complexidade construtiva e operacional, tornando inviáveis a sua instalação e operação no meio rural do ponto de vista econômico, social e ambiental.

A cobertura de esgotamento sanitário no meio rural é incipiente; e nas tecnologias convencionais utilizadas atualmente, ainda prevalecem inúmeros gargalos tecnológicos e, na maioria dos casos, não visam o reuso da água e muito menos o aproveitamento e valorização dos resíduos dos esgotos domésticos; o que contribui para um ambiente insalubre (FUNASA, 2015).

Nas comunidades rurais, devido à distância e alto custo para implantação e manutenção de redes coletoras de esgoto, a busca por alternativas viáveis intensificou-se e uma solução encontrada foi o tratamento por meio de fossas sépticas. No entanto, como o tratamento de esgoto nas zonas rurais pelo método da fossa séptica não é completo, faz-se necessário buscar opções para o tratamento dos efluentes que priorizem a facilidade de construção e manutenção, a qualidade ambiental e de vida do ser humano e o uso racional dos recursos naturais, fundamentados nos princípios e conceitos da sustentabilidade (MARTINETTI et al., 2007).

O meio rural carece de uma infraestrutura mais planejada e ordenada promovendo uma melhor qualidade de vida para sua população e, por conseguinte, uma fixação do homem no campo (FUNASA, 2007).

Os sistemas convencionais adotados atualmente para esgotamento sanitário usam grandes volumes de água potável como veículo de transporte dos efluentes, acarretando na mistura de pequenas quantidades de resíduos com grandes quantidades de água, o que multiplica a magnitude do problema. A segregação das diferentes contribuições de efluentes na residência é um caminho alternativo para evitar estas desvantagens, pois permite que cada efluente seja encaminhado para tratamento conforme as suas características, facilitando seu tratamento (LANGERGRABER; MUELLEGGGER, 2005).

O gerenciamento racional das águas residuárias pode resultar em significativa economia de água potável nas residências, redução da eutrofização de corpos de água, além de propiciar a reciclagem de importantes quantidades de nutrientes como nitrogênio, fósforo, entre outros. Assim, para se obter sucesso na agricultura por meio da substituição dos fertilizantes químicos e minimização da poluição, os padrões tecnológicos e as práticas vigentes de saneamento básico nas cidades brasileiras deverão ser revistos (REBOUÇAS et al., 2007).

De maneira geral, o consumo de água nas bacias sanitárias representa uma grande porcentagem do total de água consumida em uma residência, sendo esta fornecida em qualidade de consumo humano para um uso meramente de transporte de resíduos (água, fezes e/ou urina). As bacias sanitárias levam em consideração, para o seu funcionamento, o arraste e desagregação dos resíduos, por meio do qual, promove-se a mistura (água, urina e fezes).

Em relação à tecnologia de tratamento de efluentes da bacia sanitária – águas negras - os sistemas de tratamento, quando existentes, são inadequados, deficientes e incipientes. A ausência de gestão leva a contaminação dos recursos hídricos e do solo, tornando-se fonte de propagação de doenças de origem hídrica, bem como, inviabilizando o uso de mananciais para abastecimento e/ou lazer, restringindo assim os usos múltiplos da água por conta de barreiras sanitárias (USEPA, 2002).

2 JUSTIFICATIVA

A premissa norteadora desse projeto foi a necessidade do poder público e da sociedade civil organizada apresentar alternativas viáveis ao saneamento rural, considerando as especificidades de cada região, as diversidades culturais existentes no país, bem como, as vocações de cada comunidade, não tendo fórmula mágica ou pronta para a preposição de métodos e técnicas que venham a viabilizar sistemas de tratamento de esgotamento sanitário.

Considerando tais aspectos, as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico apontam para a necessidade de implementação de métodos, técnicas e processos que levem em consideração as particularidades de cada local e região, contando com a participação da comunidade em um processo que se inicia com a escolha do sistema alternativo até sua instalação e posterior operação, integrando-o no cenário da paisagem (BRASIL, 2007).

Associando os princípios do desenvolvimento sustentável ao saneamento ecológico a partir do aproveitamento dos dejetos humanos gerados na bacia sanitária, a presente proposta agrega dimensões científicas, tecnológicas, sociais, ambientais, e econômicas sob um prisma da inovação.

Os principais frutos gerados nessas dimensões são: na dimensão científica o conhecimento das potencialidades do aproveitamento e/ou do gerenciamento do rejeitos humanos gerados na bacia sanitária, neste caso, fezes e urina, na tecnológica o desenvolvimento de um sistema que venha a tratar segregadamente o efluente do vaso sanitário, na social um aumento na saúde ambiental do local e o aumento da qualidade de vida da comunidade, na ambiental a minimização dos impactos ambientais gerados pelo lançamento indiscriminado desse tipo de efluente, na dimensão econômica a redução dos custos com aquisição de insumos agrícolas a partir do reaproveitamento dos subprodutos gerados do tratamento (lodo, efluente tratado, águas amarelas).

As ideias inseridas em cada uma dessas dimensões configuram a ótica inovadora do projeto que permitirá avanços significativos diante da temática sob estudo.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Desenvolver uma tecnologia diferenciada e inovadora para o tratamento de efluentes líquidos domésticos, especificamente os gerados na bacia sanitária, aplicada a comunidades rurais de forma individual e descentralizada, de modo a viabilizar técnica e economicamente a instalação e funcionamento do sistema em escala real, sob a proteção de um registro de patente com vistas a transferência de tecnologia.

3.2 Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho foram: - Caracterizar a fonte de geração de efluentes domésticos e os efluentes provenientes da bacia sanitária no meio rural brasileiro e paranaense; - Identificar o perfil de utilização de bacias sanitárias; - Caracterizar as fezes humanas; - Caracterizar a urina humana; - Caracterizar os resíduos combinados (urina e fezes); - Caracterizar o efluente gerado na bacia sanitária – Águas Negras; - Avaliar o processo de digestão natural dos efluentes gerados na bacia sanitária - Águas Negras; - Realizar a prospecção tecnológica de métodos, processos e tecnologias e sua sistematização das vantagens, desvantagens e a especificação do estado da arte; - Desenvolver uma tecnologia alternativa para o tratamento dos efluentes gerados na bacia sanitária por meio do planejamento, projeto e construção de um protótipo; - Avaliar e testar o comportamento da tecnologia alternativa sob diferentes condições operacionais; - Identificar os elementos de melhoria e incorporar inovações incrementais na tecnologia em fase de desenvolvimento; - Avaliar os requisitos de proteção intelectual da tecnologia desenvolvida;- Sistematizar os resultados.

4 DELIMITAÇÃO E ESCOPO DA PESQUISA

A pesquisa limita-se ao estudo do tratamento e aproveitamento dos resíduos gerados/produzidos nas bacias sanitárias em residências rurais, assim sendo, o estudo se ateve à eficiência de separação de sólido/líquido após a utilização da bacia sanitária e na eficiência da decomposição de matéria orgânica via mecanismos anaeróbios por meio de um biorreator helicoidal, como apresenta a Figura 1.

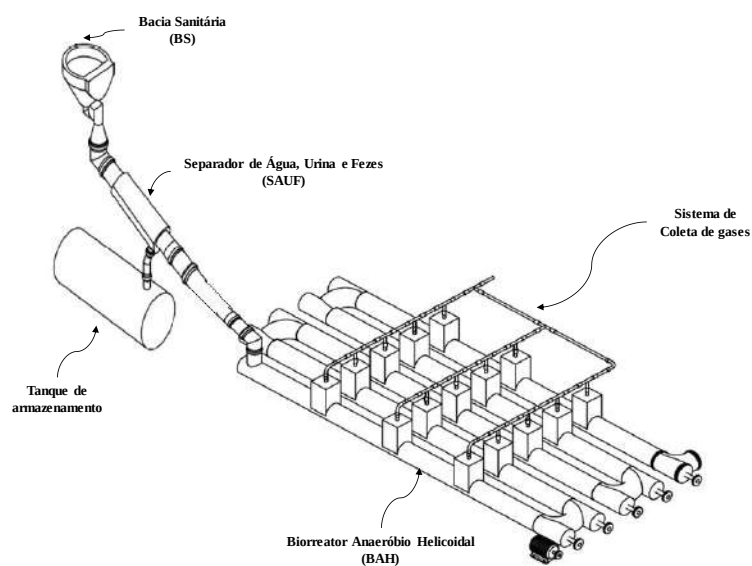


Figura 1: Representação Pictórica do Sistema sob Prova de Conceito.

Fonte: Silva (2014).

Os estudos têm como base um sistema de aproveitamento/tratamento constituído, basicamente, por duas etapas de tratamento, sendo a primeira uma separação de água, urina e fezes (sólido/líquido - processo físico) do efluente da bacia sanitária - SAUF, e uma segunda etapa de um biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão para a digestão e estabilização da matéria orgânica (processo biológico - anaeróbio). Os elementos que foram submetidos a prova de conceito são: - O sistema denominado “EQUIPAMENTO MODULAR COMPACTO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS” está protegido junto ao INPI sob o código BR 202014013398-0 U2 publicada em 12/01/2016; - O equipamento intitulado “SEPARADOR CONTÍNUO DE DEJETOS DO VASO SANITÁRIO” publicado na mesma data está protegido sob o código BR 202014013394-7 U2; - E a invenção chamada de “BIODIGESTOR HELICOIDAL PARA TRATAMENTO DE DEJETOS DO VASO SANITÁRIO” datada de 27/02/2018 sob o código BR 202014013397-1 U2.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Saneamento

5.1.1 Conceito e Definições

Existe uma distinção entre “saneamento básico”, que seria uma restrição do conceito para designar as ações direcionadas ao controle dos patogênicos e seus vetores, e “saneamento ambiental” que teria um sentido mais amplo, para alcançar a administração do equilíbrio ecológico, relacionando-se, também, com os aspectos culturais, econômicos e administrativos e medidas de uso e ocupação do solo (FUNASA, 2015)

A Política Federal de Saneamento, estabelecida pela Lei Nº 11.445/07, considera saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Esta mesma Lei define saneamento básico como o conjunto de medidas que visam modificar as condições do meio ambiente, com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde.

5.1.2 Saneamento Brasileiro

A situação do saneamento brasileiro é descrita a seguir segundo os eixos: água, resíduos sólidos, esgoto e o saneamento rural.

5.1.2.1 Água

De acordo com o Sistema Nacional de Informações de Saneamento foram apuradas informações sobre abastecimento de água em 5.172 municípios brasileiros (92,9%), abrangendo uma população urbana de 170,9 milhões de habitantes (98,1%). O consumo médio de água no país é de 154,1 litros por habitante ao dia, uma pequena queda de 4,1% em relação à média dos últimos três anos (BRASIL, 2016).

Em 2016, os consumos apresentam variações regionais de 112,5 l.hab⁻¹.dia⁻¹ no Nordeste a 179,7 l.hab⁻¹.dia⁻¹ no Sudeste. Por sua vez, ao distribuir água para garantir tal

consumo, os sistemas sofrem perdas na distribuição, alcançando na média nacional 38,1%, número 3,7% superior ao de 2015 (BRASIL, 2016).

Os municípios brasileiros possuem 626,3 mil quilômetros de redes de água, onde estão conectados 55,1 milhões de domicílios e uma população de 158,8 milhões de habitantes, o que representa um aumento de 1,0% em comparação a 2015. A média nacional do índice de atendimento é de 93,0%, destacando-se as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com índices de 98,4%; 96,1% e 97,7%%, respectivamente (BRASIL, 2016).

Um total de 20% de municípios possuem 100% de atendimento total de água, ou seja, possuem serviços universalizados em atendimento de água. Existem ainda 21% de municípios com valores de atendimento superiores a 99%, estando na prática, muito próximos da universalização. O mínimo que um município possui de atendimento de água é 29,98%, que é o caso de Ananindeua (PA) (TRATA BRASIL, 2018).

5.1.2.2 Resíduos Sólidos

Para resíduos sólidos urbanos os dados permitem identificar, com elevado grau de objetividade, os aspectos da gestão dos respectivos serviços nos municípios brasileiros. Em 2016 foram 3.670 municípios participantes do diagnóstico, ou seja, 65,9% do total do País. Em termos de população urbana este percentual sobe para 84,0%, respondendo por 146,3 milhões de habitantes urbanos (BRASIL, 2016).

O diagnóstico apontou, mais uma vez, elevada cobertura do serviço regular de coleta domiciliar, de 98,6% da população urbana, idêntica aos dois últimos anos, acusando déficit de atendimento a aproximadamente 2,7 milhões de habitantes das cidades brasileiras, sendo 44,7% destes moradores da região Nordeste, 21,8% da região Sudeste, 21,1% da região Norte e outros 12% divididos entre a região Sul e Centro-Oeste (BRASIL, 2016).

De acordo com o mesmo autor, 59,0% da coleta domiciliar são dispostas em aterros sanitários, 9,6% em aterros controlados, 10,3% em lixões e 3,4% encaminhados para unidades de triagem e de compostagem, restando então, a parcela de 18,3% sem informação, a qual se refere sobretudo aos pequenos municípios, àqueles de até 30 mil habitantes. Admite-se que dois terços desta “massa sem informação” seja encaminhada para lixões. Nesta hipótese pode-se dizer que 58,5% da massa total coletada no País é disposta de forma adequada, sendo o restante distribuído por lixões, aterros controlados e,

em menor escala, às unidades de triagem e unidades de compostagem. Nesse sentido o autor infere que 66,8% da massa total coletada no País é disposta adequadamente.

5.1.2.3 Esgoto

Para esgotamento sanitário foram 4.084 municípios (73,3%) e a população urbana de 162,1 milhões de habitantes (92,5%). Em relação à rede de esgoto, tem-se 303,1 mil quilômetros de redes para 30,7 milhões de domicílios, indicando um crescimento de 1,7 milhão de ligações na rede de esgotos, comparado com o ano de 2015, equivalendo a um percentual de crescimento de 5,9 pontos (BRASIL, 2016).

E ainda, 2% dos municípios possuem 100% de coleta de esgoto (Cascavel-PR e Piracicaba - SP). Outros dez municípios possuem índice de coleta superior ou igual a 98, e podem também ser considerados universalizados. O mínimo da população atendida com serviço de coleta de esgoto é 0,75%, que é o caso do município de Ananindeua – PA. 7% dos municípios se encontram na faixa de 0 a 20% de coleta, contudo, a maior parte deles (44%) se concentra entre 81 e 100% de coleta. Apesar disso, existe uma concentração expressiva de municípios nas demais faixas de atendimento, ou seja, os serviços de coleta de esgoto não estão tão perto de serem universalizados quanto os serviços de atendimento de água (TRATA BRASIL, 2018).

Quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice médio do país chega a 44,9% para a estimativa dos esgotos gerados e 74,9% para os esgotos que são coletados, em ambos os casos com destaque para região Centro-Oeste, com 46,4% e 91,1%, respectivamente. Cabe ressaltar, que o volume de esgotos tratados saltou de 3,81 bilhões de m³ em 2015 para 4,06 bilhões de m³ em 2015, correspondendo a um incremento de 6,6% (BRASIL, 2016).

Segundo o Instituto Trata Brasil (2018), 6% dos municípios apresentaram valor máximo de tratamento de esgoto, 16% exibiram valores superiores a 80%, sendo considerados universalizados. O mínimo que os municípios possuem de tratamento de esgoto é 0%, que é o caso de três municípios (Governador Valadares - MG, Nova Iguaçu – RJ e São João de Meriti – RJ; Ananindeua – PA possui índice de tratamento de 0,91%). Existe uma elevada concentração de municípios na faixa de 0 a 20% de tratamento. São 21% que tratam 20% ou menos de seu esgoto. Além disso, apenas 22% dos municípios tratam ao menos 80% do esgoto que produzem. Assim, dentre os indicadores do nível de

cobertura, o tratamento de esgoto é o que se encontra mais longe da universalização nos municípios da amostra, se mostrando o principal gargalo a ser superado.

Uma síntese dos anos de 2013, 2014 e 2015 frente a temática de esgotamento doméstico no meio rural brasileiro é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Síntese do Esgotamento Sanitário Brasileiro no Meio Rural.

Esgotamento Sanitário	2013	2014	2015
Rede Coletora (%)	5,2	5,1	5,45
Fossa Séptica c/rede (%)	2,7	2,7	4,47
Fossa Séptica s/rede (%)	25,6	23,5	28,78
Fossa Rudimentar (%)	45,3	49,9	43,73
Outro (%)	7,7	7,4	7,34
Sem Solução (%)	13,6	11,4	10,2
População (dom) x1000	8.828	9.398	9.739
População (hab)	33.887.388	33.902.240	33.942.544
Sem Tratamento (%)	58,9	61,3	53,93
Consumo Médio Per Capita (L/hab.dia)	166,3	162,0	53,9

Fonte: Adaptado PNAD (2013, 2014 e 2015).

5.1.3 Saneamento Rural

O programa de Saneamento Rural, coordenado pelo Ministério da Saúde, através da Funasa é previsto no Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, por determinação da Lei n. 11.445/2007. Mais dois programas são previstos, de Saneamento Básico Integrado e do Saneamento Estruturante, coordenados pelo Ministério das Cidades. O programa de Saneamento Rural possui a seguinte concepção: o Programa visa atender, por ações de saneamento básico, a população rural e as comunidades tradicionais, como as indígenas e quilombolas e as reservas extrativistas. Suas justificativas são o significativo passivo que o País acumula no saneamento para as áreas objeto do Programa e as especificidades desses territórios, que requerem abordagem própria e distinta da convencionalmente adotada nas áreas urbanas, tanto na dimensão tecnológica, quanto na da gestão e da relação com as comunidades (PNRS, 2018).

No Programa, intervenções no sentido de cobrir o “déficit” de infraestrutura física necessariamente deverão vir acompanhadas de medidas estruturantes, no campo da participação da comunidade, da educação ambiental para o saneamento, dos mecanismos de gestão e da capacitação, entre outras (PNRS, 2018).

As metas do Programa Nacional de Saneamento Rural são “voltadas para a universalização de forma gradual e progressiva e terão como base referencial o déficit das condições de saneamento na área rural” (FUNASA, 2015). Segundo a Fundação as metas do PLANSAB são de curto, médio e longos prazos, ou seja, 2018, 2023 e 2033.

Historicamente no Brasil, os investimentos em saneamento básico foram centralizados nos grandes centros urbanos, privando as periferias urbanas, populações rurais de todo país e das sedes urbanas dos pequenos municípios, prejudicados pela baixa oferta dos serviços públicos de saneamento básico, conforme justificativas do poder público federal para elaboração e execução do Programa (PNRS, 2018).

5.1.3.1 Água

Quanto ao cenário atual do saneamento no meio rural, os dados da PNAD (2015) demonstram que ainda são intensas as desigualdades no acesso aos serviços de abastecimento de água entre os habitantes das áreas urbanas e rurais. Conforme a mesma fonte, apenas 34,51% dos domicílios rurais estão ligados à rede de distribuição de água, e 66,6% dos domicílios rurais usam outras formas de abastecimento, ou seja, soluções alternativas, coletivas e/ou individuais, de abastecimento. Enquanto 93,87% dos domicílios urbanos estão ligados à rede de distribuição de água. Desta forma a qualidade da água fornecida depende da proteção das fontes.

De acordo com a PNAD (2015) a região Norte tem o menor percentual de cobertura de domicílios ligados à rede de distribuição de água e, consequentemente, o maior percentual de domicílios que utilizam soluções alternativas de abastecimento. O fato de a região Nordeste apresentar maior percentual de domicílios rurais ligados à rede pode ser atribuído às suas características demográficas, pois 47% dos domicílios rurais brasileiros estão localizados nesta região. Além disso, a distribuição de seus domicílios é menos dispersa do que nas regiões Norte e Centro-Oeste.

5.1.3.2 Esgoto

Segundo Silva & Nour (2005), pouca atenção se dá ao tratamento de efluentes líquidos gerados nas propriedades rurais que, individualmente, não produzem quantidade

elevada de compostos poluidores, mas, ao se considerar a sua totalidade, apresentam um montante representativo, sendo lançados de forma dispersa e sem o devido tratamento.

Apesar de tantos avanços na Engenharia Sanitária, ainda são apresentados baixos índices de atendimento à população com serviços de saneamento, mais especificamente, em relação à coleta e tratamento de esgoto, como mostrou o panorama descrito pelo SNIS (JORDÃO, 2015)

O tratamento do esgoto rural ainda não tratado originaria, considerando apenas o percentual de crianças tratadas, uma economia de recursos na área de saúde de R\$ 130 milhões (que corresponde a 20% do custo anual de instalação das fossas), que podem ser canalizados para tratamento de outras doenças, uma vez que as doenças diarreicas atingem principalmente as crianças, estas levam a perdas escolares ou de trabalho, no caso dos pais que precisam cuidar de seus filhos (COSTA; GUILHOTO, 2014).

Considerando ainda, a economia com o uso de lodo na agricultura pela aplicação do efluente de fossas levaria a uma redução de 276 mil toneladas de ureia; 38 mil toneladas de superfosfato e 48 mil toneladas de cloreto de potássio. Observados as tarifas de importação, isto corresponde a uma redução de 173 milhões de dólares, que equivale a 4% dos insumos agrícolas importados no país em 2009 (COSTA; GUILHOTO, 2014).

Em determinados setores da sociedade ainda paira uma visão romântica sobre o mundo rural e, às vezes, sobre as ações de saúde e saneamento básico. No entanto, no Brasil, desde os anos 1970, as áreas rurais e sua gente têm sofrido mudanças profundas, devido ao fortalecimento da concentração da terra, à manutenção e expansão da economia de mercado da monocultura, corroborada por tecnologias agrícolas modernas e sob a liderança do agronegócio, focado na exportação. Essas condições e relações econômicas do meio rural têm sido fonte de desemprego e desigualdades sociais (PASQUETTI, 2007).

Quanto à cobertura de serviços de esgotamento sanitário, o cenário atual demonstra a existência de um déficit muito superior ao apresentado para o abastecimento de água. Segundo a PNAD (2015), apenas 59,1% dos domicílios brasileiros estão ligados diretamente à rede coletora de esgoto e 6,25% possuem fossas sépticas ligadas à rede, sendo que outros 15,29% são atendidos por fossas sépticas não ligadas à rede coletora. No entanto, 19,4% dos domicílios dispõem de soluções inadequadas: 14,7% atendidos por fossas rudimentares, 2,8% por outras soluções e 1,9% não possuem alternativas para o esgotamento sanitário.

Quando a análise é focada em domicílios localizados em áreas rurais, esse quadro apresenta maior agravamento. Segundo a PNAD (2015) somente 5,45% dos domicílios rurais possuem coleta de esgoto ligada à rede geral e 33,25% possuem fossa séptica (ligada ou não à rede coletora).

Fossas rudimentares e outras soluções, são adotadas por 43,7 e 7,3% dos domicílios rurais, respectivamente. Destaca-se que na sua maioria, essas soluções são inadequadas para o destino dos dejetos, como as já citadas fossas rudimentares, valas, despejo do esgoto bruto diretamente nos cursos d'água. Além disso, 10,2% dos domicílios não dispõem de nenhuma solução. Por outro lado, 68% dos domicílios urbanos têm acesso à rede de esgotamento sanitário (BRASIL, 2016).

Quanto ao esgotamento sanitário e disposição das excretas, um fator importante é a possibilidade do abastecimento de água para que haja transporte hidráulico até seu destino adequado para tratamento, que poderá ser de várias formas alternativas, como tanque séptico, lagoas de estabilização, biodigestor clarificador pré-fabricado, privada com arraste hidráulico. Muitas são as possibilidades de rede condominial e de microssistemas de pequeno diâmetro. Na ausência de abastecimento de água na moradia, existem soluções, sobretudo para populações dispersas, como a privada seca ventilada e a latrina de compostagem com duas câmaras (JORDÃO, 2015). A abordagem tradicional dada ao tratamento de esgotos é apresentada na Figura 2.

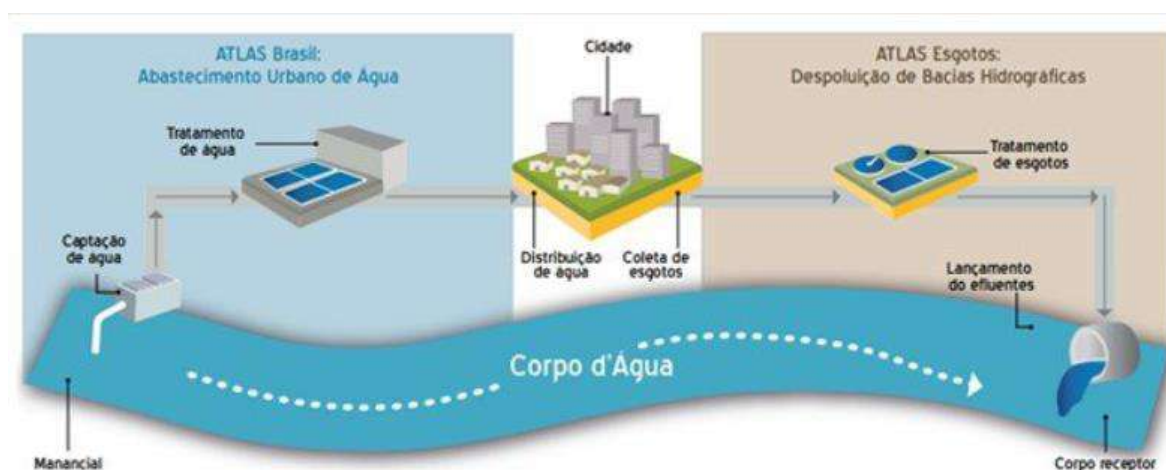


Figura 2: Abordagem Tradicional do Tratamento de Esgotos.

Fonte: Brasil et al. (2018).

O fato de nas áreas rurais existir significativo número de domicílios dispersos, assim como a inexistência de rede coletora de esgotos nas áreas mais concentradas, leva as famílias a recorrerem a soluções alternativas para o esgotamento sanitário, muitas vezes inadequadas, como fossa rudimentar (43,7%) e outras formas (7,3%), representando um total de 51% do total de domicílios rurais (PNAD, 2015).

Esse cenário sobre o esgotamento sanitário, tanto na área urbana como na área rural, reflete os potenciais riscos à saúde da população, em especial as crianças, bem como demonstra a exposição dos mananciais de abastecimento de água a fontes de contaminação pontuais e difusas e a provável deterioração do meio ambiente (PEREIRA, 2016).

5.1.4 Saneamento Ecológico – “ECOSAN”

Uma nova tendência para o saneamento é o conceito de saneamento ecológico, que tem como enfoque principal o aumento da disponibilidade hídrica pela economia de água, a proteção dos recursos hídricos pelo não lançamento de esgoto (tratado ou não) nos cursos d'água, evitando todas as consequências causadas pelas tecnologias não sustentáveis, além de reutilizar de forma racional todos os nutrientes presentes nas excretas. Este conceito se baseia no reaproveitamento local dos nutrientes e da água contidos no esgoto doméstico, através da separação na fonte e do tratamento e reuso descentralizados (BERNARDES, 2014).

O saneamento convencional leva em consideração a capacidade “infinita” do meio ambiente em processar os resíduos, ou simplesmente, transferem os problemas para as comunidades que vivam rio abaixo. Por outro lado, o saneamento ecológico, minimiza a necessidade de recursos externos e reduz a liberação de resíduos do sistema para o meio ambiente (STENSTROM; SEIDU; EKANE, 2011).

"Saneamento Ecológico" ou "Ecosan" é um ciclo, ou seja, uma forma sustentável, um sistema fechado. Os sistemas convencionais de tratamento de esgotos provocam impactos ao meio ambiente e à saúde das populações, através do lançamento de esgotos parcialmente tratados em corpos de água (ESREY et al., 2004).

Os conceitos e técnicas apresentados pelo saneamento ecológico representam uma nova abordagem a essa problemática, apresentando soluções ecoeficientes para tratamento e reuso domiciliar dos efluentes, neste contexto, essa filosofia tem como principais

características: a separação na fonte das urinas e fezes, tratamento e reutilização das excretas, e tratamento e reuso das águas cinza (LUCCA, 2015).

Existem duas características básicas nos projetos de saneamento ecológico. Um deles é a separação da urina, evitando-se que ela se misture com as fezes. Outro tipo de projeto combina a urina com as fezes, de modo que possam ser processadas juntas ou separadas. Em ambos os casos, é possível gerenciar o excreta com pouca ou nenhuma água, e também é possível mantê-lo longe do solo e das águas superficiais e subterrâneas (MARTINETTI, 2015).

O saneamento ecológico representa uma mudança no modo como as pessoas pensam e agem com relação às fezes humanas. Trata-se de uma abordagem baseada no ecossistema que reconhece a necessidade e o benefício de se promover o bem-estar e a saúde da população ao mesmo tempo em que recupera e recicla os nutrientes. Concebe uma abordagem que valoriza o fechamento do ciclo dos nutrientes, evitando a abordagem linear de pretender "jogá-los fora". Segundo o mesmo autor, as águas negras necessitam de sistemas de tratamento mais complexos para reduzir sua carga de patógenos (ESREY et al., 2004).

Gonçalves (2006) ressalta a falta de soluções de consenso consolidadas para esta prática, e a persistência de um amplo espaço para o desenvolvimento de tecnologia de separação e tratamento de fezes devido à dificuldade de aceitação crescente em vários países.

O saneamento ecológico vem como alternativa sistêmica para adoção de novas práticas, técnicas sociais e melhorias na qualidade de vida a partir de uma mudança da visão retilínea para a visão cíclica e ordenada, onde paramos de criar poluentes e começamos a criar matéria prima. Segue a ideia de separar as diferentes formas de esgotos nas suas origens, como água cinza (lavação, banho), água amarela (urina) e água negra/marrom (fezes) com o objetivo de valorizá-los (OTTERPOHL, 2001).

5.1.4.1 Classificação das Águas segundo o ECOSAN

Em uma residência, as águas residuárias podem ser segregadas em águas-cinza (lavatório, chuveiro, lavadeira e cozinha) e águas-negras (vaso sanitário). Águas negras são as águas residuárias provenientes dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo

em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico. As águas negras, podem ainda, ser desmembradas em águas-marrons (contendo apenas fezes) e águas amarelas (contendo apenas urina) quando existe segregação de urina na bacia sanitária (TONANI, 2010).

As águas residuárias residenciais podem ser classificadas como águas claras, cinzas e negras. As águas claras são aquelas de origem pluvial. Já as águas cinza são as provenientes de tanques, pias, lavatórios e chuveiros, contendo contaminantes químicos, sólidos em suspensão, óleos e graxas. Por último, as águas negras são aquelas que apresentam elevada contaminação de origem orgânica - fezes e urina (GONÇALVES et al., 2009).

Dessa forma os sistemas de saneamento ecológico permitem recuperação completa dos nutrientes das excretas humanas e águas residuais domésticas e sua aplicação na agricultura, contribuindo diretamente com a fertilidade dos solos, diminuindo as doenças, minimizando a poluição e o consumo de recursos hídricos (LUCCA, 2015).

Gonçalves (2006) e Esrey et al. (1998) classificam as águas geradas em uma residência em: águas negras: águas residuárias provenientes dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico; águas cinzas: águas servidas provenientes dos diversos pontos de consumo na edificação (lavatórios, chuveiros, banheiras, máquina de lavar roupa e tanque), excetuando-se águas residuárias provenientes dos vasos sanitários.

A maioria dos autores não consideram as águas residuárias de cozinhas como água cinza, mas sim como água negra, devido à presença de elevadas concentrações de matéria orgânica e de óleos e gorduras; águas amarelas: águas residuárias proveniente de dispositivos que separam a urina das fezes, podendo ser geradas em mictórios ou em vasos sanitários com compartimentos separados para coleta; águas marrons: oriundas de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico. Águas marrons segregadas das demais resultam em estações de tratamento menores, operando de forma mais estável e produzindo menos subprodutos (GONÇALVES et al., 2008).

Águas negras segregadas das demais resultam em estações de tratamento menores, operando de forma mais estável e produzindo menos subprodutos, são as águas residuárias provenientes dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e em alguns casos papel higiênico ou proveniente de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua

composição grandes quantidades de material fecal e papel higiênico (GONÇALVES et al., 2008).

Em torno de 80% do nitrogênio total da urina, está na forma de ureia e o restante está na forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia. Diariamente a excreção de ureia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e ureia é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHEM; HAHN, 1998).

O sistema convencional de saneamento com sua lógica de fim de tubo, caracterizado pelo fluxo linear dos recursos água e nutrientes não tem condições de atender as demandas do serviço. As consequências têm sido a exaustão e poluição dos mananciais de água e o empobrecimento dos solos (COHIM; KIPERSTOK, 2007).

A Figura 3 apresenta uma classificação do esgoto doméstico de acordo com Tonani (2010).



Figura 3: Classificação das Águas Residuárias Residenciais
Fonte: Tonani (2010).

Águas amarelas é o termo usado para urina, quando coletada em vasos compartimentados ou mictórios, separada das fezes e reutilizada, não como um simples efluente, mas como fonte de nutrientes para a agricultura (RIOS, 2008).

A segregação das águas negras, sobretudo com baixa diluição e, idealmente, o tratamento das fezes secas é parte integrante do ciclo, pois essa prática promove a preservação das águas de melhor qualidade para fins potáveis, fornece o potencial para a

conversão em fertilizante natural seguro ou condicionador de solo, diminui o uso dos produtos sintéticos e reduz a poluição no meio ambiente, prevenindo a disseminação de patógenos e outros poluentes nas águas receptoras (GONÇALVES, 2006)

A caracterização das águas negras de acordo com alguns autores está presente na Tabela 2.

Tabela 2: Características das Águas Negras.

Parâmetro	Unidade	Rebêlo (2011)	Gonçalves et al. (2008)	Galbiati (2009)	Rebouças (2007)	Esgoto Bruto
Cor Aparente	uC	418 ± 167,5				500 – 1.500
Turbidez	UNT	247 ± 82,7		481,04 ± 291,35		70 – 400
OD	mg.L ⁻¹			0		
MS		1,7 ± 1,5				5 – 20
SST			2296 ± 1310	385,69 ± 200,01	2.365	100 -450
SV		356 ±185,3				165 – 350
SF		291 ±113,8				40 – 550
DBO		69 ± 35,1	1757 ± 1179	360,88 ±237,37	1.893	100 – 500
DQO		421,2 ±219,3	6857 ± 2395	723,46 ± 363,41	6.619	250 -1000
N. Amoniacal		24,7 ±19,3				10 – 50
NTK			454 ± 160	335,4 ± 89,3	365	20 -85
P _{total}		3,8 ± 3,3	20,4 ± 10,8			5 – 25
Cloretos		67,2 ± 27,1		141,38 ± 83,31		20 – 50
Salinidade	%	0,5 ± 0,2				
Condutividade	mS.cm ⁻¹	731 ± 0,3		2,22 ± 0,53		
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /mL	336,1 ± 250,3		816,04 ± 341,11		0,02 – 0,05
Colif. Total	NMP/100 mL	28 ± 23,2 (x10 ⁵)		1,65 ± 1,47 (x10 ⁷)	1,5 x 10 ⁶	10 ⁶ –10 ⁹
Colif. Termotolerantes		15 ± 5,8 (x10 ⁵)			7,84	10 ⁵ –10 ⁸
E. Coli				5,15 ±4,72 (x10 ⁶)		
pH			7,5 ± 0,6	7,84 ± 0,28		6,5 -7,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

5.2 Sistema de Esgotamento Sanitário

5.2.1 Definição e Constituintes

O esgotamento sanitário pode ser definido como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente (FUNASA, 2015). De acordo com Gonçalves (2006) a maior parte da água tratada que abastece uma residência retornará do imóvel na forma de água servida, cujo nome é esgoto.

O esgoto sanitário, segundo definição da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) é o "despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária". Essa mesma norma define ainda: - esgoto doméstico é o "despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; - esgoto industrial é o "despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; - água de infiltração é "toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações"; - contribuição pluvial parasitária é "a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário".

Para que sejam esgotadas com rapidez e segurança as águas residuárias indesejáveis, faz-se necessário a construção de um conjunto estrutural que compreende canalizações coletoras funcionando por gravidade, unidades de tratamento e de recalque quando imprescindíveis, obras de transporte e de lançamento final, além de uma série de órgãos acessórios indispensáveis para que o sistema funcione e seja operado com eficiência. Esse conjunto de obras para coletar, transportar, tratar e dar o destino final adequado às vazões de esgotos compõe o que se denomina de Sistema de Esgotos. Por elas mesmas, essas definições já estabelecem a origem do esgoto sanitário que, dadas tais parcelas, pode ser designado simplesmente como esgoto. Os sistemas de coleta de esgoto no Brasil privilegiam o afastamento do efluente das residências, sem preocupação com sua destinação e análise dos impactos causados, como a poluição dos corpos hídricos, o que resulta na necessidade de construção de grandes estações de tratamento de esgoto e de redes coletoras cada vez mais extensas (FUNASA, 2015).

5.2.2 Métodos e Técnicas de Tratamento

A escolha do tratamento depende das condições mínimas estabelecidas para a qualidade da água dos mananciais receptores, função de sua utilização. Em qualquer projeto é fundamental o estudo das características do esgoto a ser tratado e da qualidade do efluente que se deseja lançar no corpo receptor. Os principais aspectos a serem estudados são: vazão, pH e temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), toxicidade e teor de sólidos em suspensão (SS) ou sólidos suspensos totais (SST) (VON SPERLING, 2007).

Os sistemas de tratamento de efluentes são baseados na transformação dos poluentes dissolvidos e em suspensão em gases inertes e/ou sólidos sedimentáveis para a posterior separação das fases sólida/líquida, seguindo basicamente, um conjunto de etapas que inclui o pré-tratamento, tratamento primário, secundário e terciário (NUVOLARI, 2003).

A etapa de pré-tratamento é constituída unicamente por processos físicos, sendo prevista a remoção dos materiais em suspensão e dos sólidos grosseiros. Após, é prevista a etapa de tratamento primário que compreende processos físico-químicos para a equalização e neutralização da carga do efluente, com a separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de floculação e sedimentação. Na etapa seguinte, de tratamento secundário, ocorre a remoção da matéria orgânica e de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, por meio de reações bioquímicas mediante processos aeróbicos ou anaeróbicos (VON SPERLING, 2007).

Por fim, a etapa de tratamento terciário ou "polimento" pode ser empregada com a finalidade de remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) em águas residuárias, antes da sua descarga no corpo receptor e/ou para recirculação em sistema fechado, ou ainda, para a remoção completa de poluentes não suficientemente removidos no processo secundário (JORDÃO, 2015).

O desenvolvimento tecnológico no tratamento de esgotos está concentrado na etapa secundária e posteriores. Uma das tendências verificada é o aumento na dependência de equipamentos em detrimento do uso de produtos químicos para o tratamento. Os fabricantes de equipamentos para saneamento, por sua vez, vêm desenvolvendo novas tecnologias para o tratamento biológico, com ênfase no processo aeróbio (VAN HANDEL; LETTINGA, 1999).

O tratamento de esgotos gera como subprodutos o lodo, o efluente tratado e o biogás. O lodo é o resultado da remoção e concentração da matéria orgânica contida no esgoto. A quantidade e a natureza do lodo dependem das características do esgoto e do processo de tratamento empregado (JORDÃO, 2015).

A decomposição do esgoto é um processo que demanda vários dias, iniciando-se com uma contagem elevada de DBO, que vai decrescendo e atinge seu valor mínimo ao completar-se a estabilização (VON SPERLING, 2007).

5.2.2.1 Tratamento Biológico

O tratamento biológico é a forma mais eficiente de remoção da matéria orgânica dos esgotos. O próprio esgoto contém grande variedade de bactérias e protozoários para compor as culturas microbianas mistas que processam os poluentes orgânicos. A matéria orgânica do esgoto é decomposta pela ação das bactérias presentes no próprio efluente, transformando-se em substâncias estáveis, ou seja, as substâncias orgânicas insolúveis dão origem a substâncias inorgânicas solúveis (VÁZQIES et al., 2008).

A degradação biológica da matéria orgânica presente nos esgotos, é um dos processos mais econômicos utilizados nas plantas de tratamento, uma vez que ocorre pela ação de agentes biológicos como bactérias, protozoários e algas (VON SPERLING, 2007).

A degradação pode ocorrer em meio aeróbico (em presença de oxigênio) e anaeróbico (com ausência de oxigênio), sendo que, a degradação aeróbica é a solução mais utilizada nos países desenvolvidos, pois a aeração requerida para fornecer oxigênio aos microrganismos aeróbios requer grandes quantidades de energia elétrica, além de produzir significativas quantidades de CO_2 (VÁZQIES et al., 2008).

Nos sistemas aeróbios, ocorre somente cerca de 40 a 50% de degradação biológica, com a consequente conversão em CO_2 . Verifica-se uma enorme incorporação de matéria orgânica como biomassa microbiana (cerca de 50 a 60%), que vem a constituir o lodo excedente do sistema. O material orgânico não convertido em CO_2 ou em biomassa deixa o reator como material não degradado (5 a 10%) (CHERNICHARO, 2007).

Nos sistemas anaeróbios, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma pequena parcela do

material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a se constituir o lodo excedente do sistema. Além da pequena quantidade produzida, o lodo excedente apresenta-se via de regra mais concentrado e com melhores características de desidratação (CHERNICHARO, 2007).

A digestão anaeróbia tem tradição na engenharia sanitária como um processo aplicável ao tratamento de resíduos com cargas concentradas de matéria orgânica. O material não convertido em biogás ou biomassa deixa o reator como material não degradado (10 a 30%) (CHERNICHARO, 2007). Uma descrição comparativa entre os tipos de degradação é mostrada na Tabela 3.

Tabela 3: Comparativo entre Tratamento Aeróbio e Anaeróbio.

Processo	Geração	Vantagens	Desvantagens
Aeróbio	CO ₂ H ₂ O Biomassa	- Comunidades e indústrias, principalmente do ramo de alimentos e bebidas, são beneficiadas quando o sistema é complementado pelo tratamento aeróbio. - Maior rendimento, pois alcançam maiores taxas de remoção da matéria orgânica. Os sistemas de lodos ativados com aeração prolongada, por exemplo, atingem até 98% de eficiência na remoção de DBO. - Riscos reduzidos de emissões de odor e maior capacidade de absorver substâncias mais difíceis de serem degradadas.	✓ Necessidade de área extensa para implantação.
Anaeróbio	CO ₂ CH ₄ H ₂ O Biomassa (lodo)	- Baixa produção de lodo, cerca de 5 a 10 vezes inferior à que ocorre nos processos aeróbios; - Não há consumo de energia elétrica, uma vez que dispensa o uso de bombas e aeradores; - Baixa demanda de área, reduzindo os custos de implantação; - Possibilidade de preservação da biomassa; - Baixa produção de sólidos; - Baixo consumo de energia - Baixos custos de implantação; - Produção de metano;	✓ Limitação quanto à eficiência de tratamento ✓ As bactérias anaeróbias são suscetíveis à inibição por um grande número de compostos ✓ A partida do processo pode ser lenta na ausência de lodo de semente adaptado; ✓ Alguma forma de pós-tratamento é usualmente necessária; ✓ A bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e ainda precisam ser mais estudadas ✓ Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis. ✓ Possibilidade de geração de efluente com aspecto desagradável;

		• Possibilidade de preservação da biomassa, sem alimentação do reator, por vários meses; • Tolerância a elevadas cargas orgânicas; • Aplicabilidade em pequena e grande escala; • Baixo consumo de nutrientes.	✓ Remoção de nitrogênio, fósforo e patogênicos insatisfatória.
--	--	---	--

Fonte: Adaptado Chernicharo (2007) e Von Sperling (2007).

5.3 Digestão Anaeróbia

5.3.1 Definição

Segundo uma definição puramente bioquímica digestão é processo de hidrólise enzimática dos nutrientes de um sistema para a produção de seus componentes mais simples, e anaeróbia, a condição de ocorrência de tal reação em ausência de oxigênio (VON SPERLING, 2007).

A digestão anaeróbia de compostos orgânicos é um processo que ocorre de forma natural, assim, os sistemas de tratamentos biológicos de resíduos passaram a ser apenas uma imitação do mesmo, porém, com o incremento da tecnologia (REICHERT, 2005).

Denomina-se de tratamento anaeróbio de esgotos qualquer processo de digestão que resulte na transformação da matéria orgânica biodegradável, na ausência de oxidante externo, com produção de metano e dióxido de carbono, deixando na solução aquosa subprodutos como amônia, sulfetos e fosfatos (CHERNICHARO, 2007). O tratamento anaeróbio de efluentes domésticos pode ser considerado uma tecnologia bem estabelecida e com uma grande variedade de aplicações (JORDÃO; PESSOA, 2009).

As tecnologias aplicadas à digestão anaeróbia diferenciam-se pelo regime hidráulico (contínuo, descontínuo ou semi-contínuo), pelo teor em sólidos no digestor (via úmida e seca) e pela gama de temperaturas em que ocorre a digestão (mesófilos e termófilos) (CHERNICHARO, 2007). A escolha do tipo de tecnologia depende essencialmente do investimento a realizar e características do resíduo, pois sistemas por via

úmida ou de baixa carga, obrigam ao uso de grandes volumes de reator para processar grandes quantidades de matéria orgânica, com consequentes custos elevados de tratamento. Mas, por outro lado, possibilitam uma maior estabilidade, devido à grande difusão de possíveis inibidores (REICHERT, 2005).

O processo de digestão é desenvolvido por uma sequência de ações realizadas por uma gama muito grande e variável de bactérias, no qual pode-se distinguir quatro fases subsequentes realizadas por diferentes microrganismos: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CHERNICARO, 2007). Tem-se então, uma cadeia sucessiva de reações bioquímicas, onde inicialmente acontece a hidrólise ou quebra das moléculas de proteínas, lipídios e carboidratos até a formação dos produtos finais, essencialmente gás metano e dióxido de carbono (VÁZQIES et al., 2008).

5.3.2 Etapas da Digestão Anaeróbia

A decomposição anaeróbia é, pois, um processo biológico envolvendo diversos tipos de microrganismos na ausência do oxigênio molecular, com cada grupo realizando uma etapa específica, na transformação de compostos orgânicos complexos em produtos simples (CHERNICARO, 2007).

A Figura 4 apresenta as etapas do processo de digestão anaeróbia e as bactérias que atuam em cada etapa.

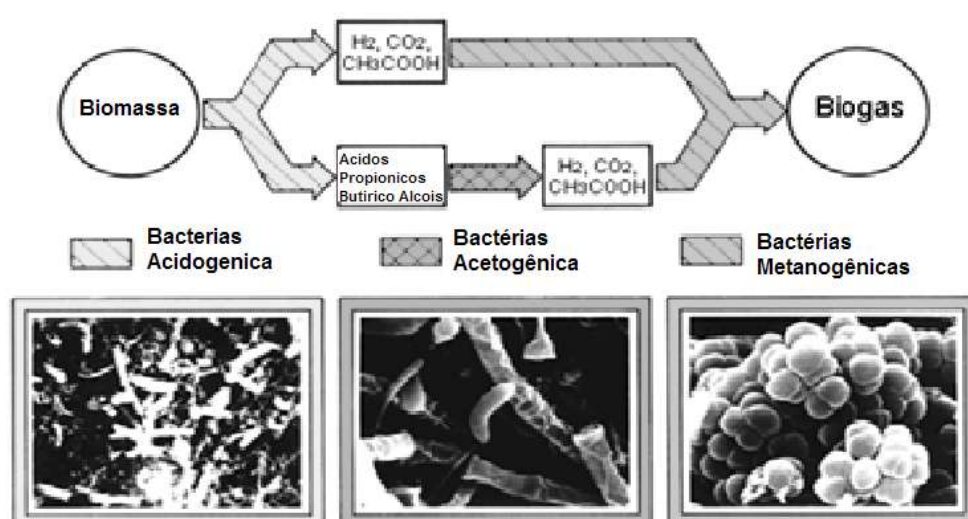


Figura4: Etapas da Digestão Anaeróbia

Fonte: Khanal (2009)

Esse processo complexo pode ser dividido em quatro etapas principais: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (CHERNICHARO, 2007), a saber:

-Hidrólise: Nessa primeira etapa ocorre a hidrólise de materiais particulados complexos (polímeros) em materiais dissolvidos mais simples (moléculas menores), os quais podem atravessar as paredes celulares dos microrganismos fermentativos. Esta conversão de materiais particulados em dissolvidos é conseguida através da ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas (FARIA, 2012).

Segundo Khanal (2009) a reação de qualquer espécie química com a água é denominada de hidrólise, especificamente, ocorre a reação de um íon (M^+ ou L^-) com água, formando uma substância associada, resultando na liberação de íons H^+ ou OH^- conforme apresentam as equações (1) e (2).



Na acidogênese os produtos solúveis oriundos da fase de hidrólise são metabolizados no interior das células das bactérias fermentativas, sendo convertidos em diversos compostos mais simples, que são posteriormente excretados pelas células, dentre os compostos produzidos incluem ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, além de novas células bacterianas (VÁZQUIES et al., 2008).

Segundo Khanal (2009) os diferentes monômeros obtidos a partir da hidrólise dos complexos orgânicos, são a sua vez, transformados em curtas cadeias de carbono, conforme relatado anteriormente. Sendo os complexos orgânicos, transformados conforme as seguintes reações e vias de transformação: - Carboidratos: formam ácidos propiônicos, por ação de bactérias pela via do succinato e acrilil CoA e formam ácidos butíricos, por bactérias *Clostridium* sp. pela via da degradação do ácido butírico. - Ácidos Graxos: pelas acetobactérias, ação de CoA e etapas de oxidação, são formados em acetatos. – Aminoácidos: pela união de dois aminoácidos, um como acceptor e outro como doador de elétrons, em conjunto com acetato, amônia e CO_2 , são formados cisteínas e H_2S . É conhecida como a reação de Stickland, realizado por bactérias *Clostridium botulinum*.

Como os ácidos graxos voláteis são os principais produtos dos organismos fermentativos, estes são usualmente designados de bactérias fermentativas acidogênicas (exemplo, espécies *Clostridium* e *Bacteroids*) (CHERNICHARO, 2007).

Na acetogênese, as bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação dos produtos gerados na fase acidogênica em substrato apropriado para as bactérias metanogênicas. Os produtos gerados pelas *archeas* acetogênicas são o hidrogênio, o dióxido de carbono e o acetato. Os gêneros das *archaeas* acetogênicas encontradas em processos anaeróbios são: *Syntrophobacter* e *Syntrophomonas* (SALOMON, 2007).

A metanogênese é a etapa final do processo de degradação anaeróbia de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono efetuada pelas *archeas* metanogênicas. Estas aproveitam um limitado número de substratos (ácido acético, metanol, hidrogênio, dióxido de carbono, ácido fórmico, metilaminas e monóxido de carbono) e são divididas em dois grupos (PINHEIRO, 2006):

a) Metanogênicas acetoclásticas: formam metano a partir do ácido acético ou metanol. São os microrganismos predominantes na digestão anaeróbia, responsáveis por cerca de 60 a 70% de toda a produção de metano. Pertencem a dois gêneros principais: *Methanosarcina* (formato de cocos) e *Methanosaeta* (formato de filamentos) (SALOMON, 2007).

b) Metanogênicas hidrogenotróficas: praticamente todas as espécies conhecidas de bactérias metanogênicas são capazes de produzir metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono. Os gêneros mais frequentemente isolados em reatores anaeróbios são: *Methanobacterium*, *Methanospirillum* e *Methanobrevibacter* (KHANAL, 2009).

A sulfetogênese, produção de sulfetos, é um processo no qual o sulfato e outros compostos a base de enxofre são utilizados como aceptores de elétrons durante a oxidação de compostos orgânicos. Durante este processo, sulfato, sulfito e outros compostos sulfurados são reduzidos a sulfeto, através da ação de um grupo de microrganismos anaeróbios estritos, denominadas bactérias redutoras de sulfato (ou bactérias sulforedutoras) (KHANAL, 2009).

As bactérias sulforedutoras são consideradas um grupo muito versátil de microrganismos, capazes de utilizar uma ampla gama de substratos, incluindo toda a cadeia de ácidos graxos voláteis, diversos ácidos aromáticos, hidrogênio, metanol, etanol, glicerol, açúcares, aminoácidos e vários compostos fenólicos. As bactérias sulforedutoras dividem-se em dois grandes grupos: bactérias sulforedutoras que oxidam seus substratos de forma incompleta até o acetato e bactérias sulforedutoras que oxidam seus substratos completamente até o gás carbônico (CHERNICHARO, 1999).

Na presença de sulfato, as bactérias redutoras de sulfato (BRS) passam a competir com os microrganismos fermentativos, acetogênicos e metanogênicos pelos substratos disponíveis. A importância dessa competição bacteriana é maior quando ocorre o aumento da concentração relativa de SO_4^{2-} em relação à de DQO (CHERNICHARO, 1999).

5.3.3 Geração de biogás

O biogás é um gás resultante da biodigestão anaeróbia, podendo ser de dejetos animais, resíduos vegetais, resíduos industriais, resíduos urbanos, entre outros (MASSOTTI, 2002). O biogás é um composto que contém em maior quantidade o gás metano (CH_4) (que quando lançado na atmosfera polui 21 vezes mais que o CO_2); em parcela considerável o CO_2 ; em menor quantidade possui o gás sulfídrico (H_2S), hidrogênio (H_2) e nitrogênio (N_2); e traços de outros gases (FARIA, 2012).

Para que haja uma boa produção de biogás, é preciso que os microrganismos anaeróbios tenham condições ideais, dentre elas: não haver contato do meio metanogênico com o oxigênio atmosférico, temperatura adequada, quantidade certa de nutrientes orgânicos, não haver substâncias tóxicas e quantidade de água apropriada (SOUZA, 2010).

A composição média dos gases produzidos a partir da biodigestão anaeróbia de acordo com Castanón (2002) e Oliveira (2009) está descrita na Tabela 4.

Tabela 4: Composição Média da Mistura Gasosa do Biogás.

Gases	Intervalo (%)	
	Castanón (2002)	Oliveira (2009)
Metano	40 – 75	55 -70
Dióxido de Carbono	25 – 40	27 – 45
Hidrogênio	1 – 3	1 -10
Nitrogênio	0,5 – 2,5	3,5 – 5,0
Oxigênio	0,1 – 1,0	0,1
Ácido Sulfídrico	0,1 – 0,5	Traços
Amônia	0,1 – 0,5	Traços
Monóxido de Carbono	0,0 – 0,4	0,1

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Conforme citado anteriormente as bactérias metanogênicas desempenham as funções de produção de metano, o que possibilita a remoção de carbono orgânico, reduzindo ácido acético a metano e dióxido de carbono, via acetotrófica (Equação 3), reduzindo ainda dióxido de carbono a metano e água por via hidrogenotrófica (Equação 4) (KHANAL, 2009).



O metano é um poderoso gás do efeito estufa se emitido diretamente na atmosfera, mas também representa uma fonte de energia renovável, com potencial de reduzir a emissão de gases estufa quando substitui combustíveis fósseis (ZANETTE, 2009).

Estequiometricamente, 1 kg DQO é convertido em 0,35 Nm³ de metano (KHANAL, 2009), dependendo do substrato.

O potencial energético de 1 Nm³ de biogás com composição média de 65% de metano, equivale a 3,47 kg de madeira, 0,63 L de querosene, 0,61 L de óleo diesel e 1,25 kWh de eletricidade (OLIVEIRA, 2009).

Salomon (2007) indica que o Brasil possui o potencial de geração de 1,05 a 1,13 GW obtido a partir da digestão anaeróbia de resíduos sólidos domésticos, esgoto, vinhaça e dejetos animais. Existe uma interação coordenada entre as diversas bactérias presentes no processo e, caso uma etapa entre em colapso, o global cairá.

A Figura 5 ilustra a sequência de etapas e seus produtos. A formação do metano segue as etapas do processo de digestão anaeróbia.

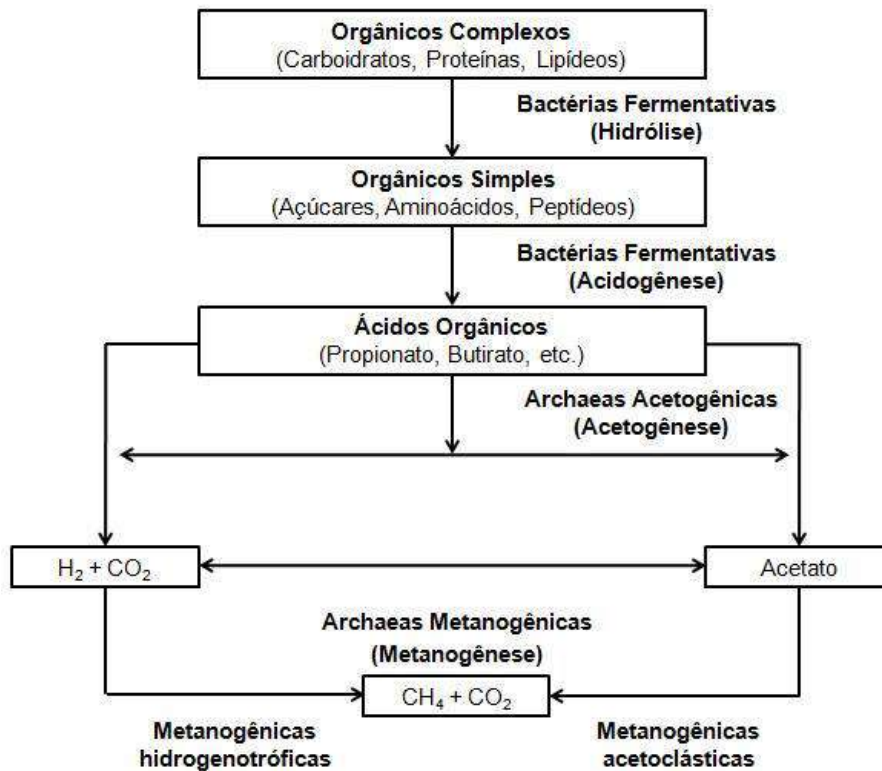


Figura 5: Bioquímica da Geração do Gás Metano.

Fonte: Chernicharo (2007).

Na Tabela 5 são mostradas as reações bioquímicas mais importantes desenvolvidas no processo de digestão anaeróbia, considerando o pH=7,0; 1 atm. e 298 K e a respectiva geração de biogás.

Tabela 5: Reações Bioquímicas Desenvolvidas na Digestão Anaeróbia.

Acidogênese	Eq.
$C_6H_{12}O_6 + 4H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + 2HCO_3^- + 4H^+ + 4H_2$	(5)
$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow CH_3CH_2COO^- + 2HCO_3^- + 3H^+ + 2H_2$	(6)
$3C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4CH_3CH_2COO^- + 2CH_3COO^- + 2CO_2 + 2H_2O + 2H^+ + H_2$	(7)
Acetogênese	
$CH_3CH_2OH + H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + H_2$	(8)
$CH_3CH_2COO^- + 3H_2O \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + 3H_2 + HCO_3^-$	(9)
$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$	(10)
$2HCO_3^- + H^+ + 4H_2 \rightarrow CH_3COO^- + 4H_2O$	(11)
Metanogênese	
$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$	(12)
$4HCO_3^- + 4H^+ \rightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O$	(13)
$4CO + 2H_2O \rightarrow CH_4 + 3CO_2$	(14)
$CH_3COO^- + H^+ \rightarrow CH_4 + CO_2$	(15)
$4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O$	(16)
$4CH_3CH_3CH_3NH^+ + 6H_2O \rightarrow 9CH_4 + 3CO_2 + 4NH_4^+$	(17)
Desnitrificação	
$12NO_3^- + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 12NO_2^- + 6CO_2 + 6H_2O$	(18)
$8NO_2^- + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4N_2O + 6CO_2 + 6H_2O$	(19)
$12N_2O + C_6H_{12}O_6 \rightarrow 12N_2 + 6CO_2 + 6H_2O$	(20)
Redução de sulfato	
$4H_2 + SO_4^{2-} + H^+ \rightarrow 4H_2O + HS^-$	(21)
$CH_3COO^- + SO_4^{2-} \rightarrow 2HCO_3^- + HS^-$	(22)
$4CH_3CH_2COO^- + 3SO_4^{2-} \rightarrow 4CH_3COO^- + 4HCO_3^- + H^+$	(23)

Fonte: Ecke (2001).

Atualmente, é perfeitamente aceito que as reações bioquímicas, especialmente a conversão de ácidos graxos aos produtos finais gás metano e gás carbônico, apresentam elevadas taxas de ocorrência, sendo que a “cinética” do processo é função da população de bactérias mantidas dentro dos reatores anaeróbios (CHERNICHARO, 2007).

O rendimento de um processo de digestão anaeróbia, via de regra, é aferido pela produção de gás, ou ainda, em volume de gás produzido e matéria orgânica consumida. Os rendimentos observados variam de 0,2 a 0,7 LgásC/NTP/g de sólidos voláteis adicionados, assim os gases gerados normalmente contêm 50 a 70% de CH₄ sendo o restante constituído de CO₂ e em alguns casos uma porcentagem de H₂S e traços de N₂ e H₂ (KHANAL, 2009).

5.3.4 Fatores que Interferem na Digestão Anaeróbia

a) pH e Alcalinidade

Alterações no pH afetam sensivelmente os microrganismos envolvidos no processo de digestão anaeróbia, podendo revelar-se de formas variadas, modificando suas estruturas e, conseqüentemente, fazendo-os perder suas características originais, aumentando ou diminuindo sua toxicidade (SALOMON, 2007).

Segundo Chernicharo et al (1999), normalmente os microrganismos têm o seu pH ótimo próximo a neutralidade, com o nível ideal entre 6,5 e 7,5. Em condições acima ou abaixo desta faixa a produção de metano decresce, tendendo a cessar.

O equilíbrio ácido-base que determina o pH do meio depende das reações biológicas e químicas, conforme Deublein e Steinhäuser (2011) tais reações determinam: - A produção e consumo de CO₂; - Produção e consumo de ácidos orgânicos; - Produção e consumo de amoníaco; e, - Liberação de cátions metálicos por eliminação metabólica de ânions orgânicos.

O aumento da concentração de ácidos voláteis no material em digestão provoca uma queda no pH do meio. A alcalinidade do sistema não é suficientemente elevada. O maior problema reside nesta queda de pH a valores inferiores a 6,8, pois isto acaba favorecendo ainda mais bactérias acidogênicas (cujo pH ótimo é cerca de 5,5 a 6,0) e prejudicando ainda mais as bactérias metanogênicas (cujo pH ótimo é cerca de 6,8 a 7,2),

podendo em casos mais críticos provocar a perda total do digestor (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2011).

Para o ajuste do pH é conveniente a utilização de cal (fatores econômicos) até atingir um pH entre 6,7 a 6,8. A elevada adição de cal ocasiona o consumo acentuado de CO_2 e, por conseguinte a formação de carbonato de cálcio, insolúvel, afetando pouco o pH e a alcalinidade. A adição de soda se apresenta mais eficiente por não formar precipitados quando do consumo de gás carbônico. O ideal seria a adição direta de bicarbonato que promoveria o aumento direto de pH e alcalinidade sem que ocorra a dissolução de CO_2 (DEUBLEIN & STEINHAUSER, 2011).

A alcalinidade total (AT) do sistema é a soma das alcalinidades devida ao bicarbonato (AB) e aos ácidos voláteis (AV). Quando a alcalinidade devida aos ácidos voláteis ultrapassa a alcalinidade devida ao bicarbonato, o sistema passa a ser instável, podendo sofrer sensíveis quedas de pH a qualquer novo aumento da concentração de ácidos voláteis. A AB desejável deverá estar entre 2.500 a 5.000 mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, pois confere tamponamento ao meio (KHANAL, 2009).

Alcalinidade acima de 1000 mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ é recomendado para manter o pH neutro. Normalmente a alcalinidade varia entre 1000 e 5000 em processos anaeróbios (KHANAL, 2009).

Vários produtos químicos podem ser usados para garantir a alcalinidade do sistema como cal hidratada, cal virgem, carbonato de sódio, bicarbonato de sódio, hidróxido de sódio e bicarbonato de amônia (CHERNICHARO, 2007).

b) Temperatura

A temperatura é um dos fatores que influenciam na biodigestão anaeróbia, podendo comprometer diretamente na termodinâmica da reação, alterando a velocidade específica de utilização (MENDONÇA, 2009).

Os microrganismos anaeróbios podem ser divididos em dois grupos de pH preferencial: acidogênicos e metanogênicos. A faixa de pH ótima para o primeiro é entre 5,5 e 6,5, enquanto para o segundo é entre 7,8 e 8,2 (KHANAL, 2009).

A faixa ótima de pH para esta associação é de 6,6 a 7,4, devendo ser evitados valores abaixo de 6 e acima de 8 (CHERNICHARO, 2007).

O teor de CO₂ no biogás é dependente do pH, a queda deste pode significar alto teor de CO₂ (BOE et al, 2010).

Dos fatores físicos que afetam o crescimento microbiano, a temperatura é um dos mais importantes na seleção das espécies. Existem três faixas ótimas de temperatura para a metanogênese: psicrotrófica (4 – 15°C); mesofílica (20 – 40°C); e termofílica (45 – 70°C) (CHERNICHARO, 2007).

A conversão anaeróbia tem maior eficiência a 15°C para psicrotófilos, 35 - 40°C para mesófilos e aproximadamente 55°C na para termófilos (KHANAL, 2009).

O processo anaeróbio é altamente dependente da temperatura, com performances ótimas entre 35 e 55°C. Todavia, estas temperaturas não ocorrem em reatores que tratam esgotos domésticos. Devido à baixa taxa de crescimento das bactérias metanogênicas, processos anaeróbios eram erroneamente considerados “lentos” e, por consequência de baixa eficiência. Já o ferro, cobalto, zinco, níquel, cobre e selênio estão entre os micronutrientes considerados essenciais, atuando como estimulantes de processos anaeróbios (SALOMON, 2007)

A eficiência da digestão anaeróbia no tratamento de resíduos de suínos (terminação) nas temperaturas de 25, 35 e 40 °C, sob efeito ou não de agitação, com tempos de retenção hidráulica de 30, 25, 15 e 10 dias, concluiu que o melhor desempenho foi verificado na temperatura de 35 °C (SOUZA et al, 2005)

Massé e Masse (2001), ao estudarem o efeito das temperaturas de 20, 25 e 30 °C no tratamento de águas residuárias de abatedouro em biodigestor anaeróbio sequencial, relataram que a produção de metano decaiu quando o biodigestor foi operado na temperatura de 20 °C.

Speece (1996), observou que há um declínio de aproximadamente 34% da atividade dos microrganismos para cada 5 °C de queda de temperatura. O autor considerou a temperatura ótima na faixa de 25 a 30 °C para processos mesofílicos.

Segundo Mckinney (1962), em virtude da água que existe em quase 80% do corpo celular dos microrganismos, a grande parte deles não pode crescer em baixas temperaturas. O microrganismo perde temperatura para o ambiente e, conseqüentemente, a velocidade das reações intracelulares é reduzida. Entretanto, uma pequena parcela de microrganismos tem a habilidade de resistir a baixas temperaturas, pois possuem pouca água em seu corpo celular, porém a taxa de crescimento e de reação metabólica nestes é muito baixa.

De acordo com Parkin e Owen (1986), é mais importante impedir a ocorrência de variações bruscas de temperatura do que operar na faixa considerada ótima, uma vez que estas oscilações afetam a população microbológica presente no reator.

c) Relação Carbono, Nitrogênio e Fósforo

A presença de concentrações adequadas de macro e micronutrientes é fundamental para que os processos de tratamento de efluentes sejam operados com êxito. A razão entre carbono, nitrogênio e fósforo, determina o desempenho da digestão anaeróbia, constituindo muitas vezes o fator limitante do processo. A fração de carbono é a base para o fornecimento de energia e, o nitrogênio, a síntese de novos microrganismos (BOHRZ, 2010).

O uso de nitrogênio é 30 a 35 vezes mais rápida que o do carbono, assim, a relação Carbono/Nitrogênio, esta aproximadamente entre 35:1. A relação carbono/nitrogênio (C/N) deve estar entre 20 e 30, sendo que a ideal é 25, porém quando houver baixas relações de C/N, haverá um acúmulo de amônia na biodigestão, aumentando o pH para 8,5, tendo como consequência a inibição da atividade dos microrganismos metanogênicos. E quando esta relação for muito alta, haverá um consumo muito grande de nitrogênio, pelas bactérias metanogênicas, diminuindo assim a produção de biogás (SOUZA et al, 2005)

Segundo Oliveira (2009) a relação C/N no início do processo é de 30, porém depois de completa a biodigestão deve estar entre 10 e 12, para que seja mais seguro no momento da aplicação no solo.

Deublein e Steinhauser (2011) estabelecem que a razão entre C/N pode variar entre 16:1 e 25:1, neste mesmo contexto de necessidade biológica de nutrientes, quando se estabelece a razão C/N/P/S, tende-se a valores de 500-1.000/15-20/5/3, quando utilizamos parâmetros de carbono como a DQO, tem-se então DQO/N/P/S de 800/5/1/0,5.

Segundo Annachhatre (1996) a relação DQO/N/P de 300/5/1 em sistemas anaeróbios é recomendada durante a fase de partida do reator, embora razões menores, tais como a de 600/5/1 possam ser mantidas durante a operação do reator no estado de equilíbrio. Speece (1996) considerou que a relação de 500/5/1, em geral, é suficiente para atender às necessidades de macro nutrientes pelos microrganismos anaeróbios.

Na digestão anaeróbia, os seguintes nutrientes são necessários aos microrganismos metanogênicos: nitrogênio, enxofre, fósforo, ferro, cobalto, níquel, molibdênio, selênio, riboflavina e vitamina B₁₂. Nutrientes inorgânicos devem ser fornecidos em quantidades suficientes para que os processos biológicos de tratamento sejam operados com sucesso. Em ordem decrescente de importância para a digestão anaeróbia temos o nitrogênio, enxofre, fósforo, ferro, cobalto, níquel, molibdênio, selênio, riboflavina e vitamina B₁₂ (CHERNICHARO, 2007).

A necessidade de adição de nutrientes é baixa no processo anaeróbio, uma vez que não há muito desenvolvimento de biomassa. Para o equilíbrio do sistema a razão de nutrientes C:N:P:S de 500-1000:15-20:5:3 é suficiente (DEUBLEIN & STEINHAUSER, 2011).

d) Tamanho das Partículas

Tecnologias de alto teor de sólidos, proporciona baixos volumes de reator, altas cargas orgânicas e menores custos de investimento inicial, mas, em contrapartida requerem equipamentos mais caros (VANDEVIVERE et al, 2002).

Quanto menor o tamanho das partículas de sólidos em suspensão de um resíduo, mais eficiente será o contato entre a matéria orgânica e as bactérias. Quando os resíduos contem partículas com mais de 1 cm de diâmetro a utilização de picadores, moedores ou liquidificadores, pode conduzir a um aumento considerável na eficiência da digestão anaeróbia destes resíduos (SOUZA et al; 2015).

A redução do tamanho das partículas de resíduos sólidos aumenta significativamente a reatividade do processo anaeróbio, devido ao aumento da área superficial de contato do substrato disponível ao ataque enzimático pelos microrganismos. Deve-se considerar, no entanto, que o aumento excessivo da hidrólise de polímeros no percolado pode levar, por sua vez, a uma fermentação por ácidos voláteis muito rápida, resultando na inibição das bactérias metanogênicas (BIDONE & POVINELLI, 1999).

Em reatores com alta concentração de sólidos, tratando a fração orgânica, Baldochi (1997) utilizou partículas com dimensões máximas de 50 mm. Este tamanho de partícula não foi considerado prejudicial ao processo. De acordo com o mesmo autor se reduzir o tamanho da partícula de 250 mm a 25 mm, nas mesmas condições operacionais, a taxa de produção de gás é aumentada em um fator de 4:4, sendo o gás dióxido de carbono o único

gás produzido, provavelmente devido à atividade bacteriana acidogênica. Concluiu-se que houve inibição da metanogênese.

e) Tempo de detenção hidráulica e retenção de sólidos

O tempo de detenção hidráulica é o tempo em que a matéria orgânica fica no biodigestor. Podendo variar o tempo entre dias ou horas, também altera com o tipo de biodigestor utilizado e o tipo substrato empregado (SALOMON, 2007).

Conforme Oliver et al. (2008), o cálculo que deve ser feito para obter o tempo de detenção hidráulica (dias) é definido pela relação entre o volume do biodigestor útil (m^3) e o volume da carga diária (m^3/dia). No qual, o volume de carga diária é a média da massa de dejetos e o volume de água. O tempo de retenção de sólidos (TRS) é definido como a relação entre a massa de sólidos no digestor (kg) pela massa de sólidos retirados por dia ($Kg.d^{-1}$).

Quando combinado com a taxa de decomposição dos sólidos voláteis é responsável pela eficiência do digestor. Desta forma, o menor tempo de retenção e o maior de decomposição são resultados dos melhores digestores (SALOMON, 2007).

f) Idade do lodo

Jordão & Pessoa (2009) definem a idade do lodo ou detenção celular como a relação da massa de lodo no digestor e a massa de lodo descartada por unidade de tempo.

g) Grau de Agitação ou Grau de Contato

Período em que o material orgânico permanece no biodigestor, até que ocorra sua completa degradação (NOGUEIRA, 1986).

Quanto maior o volume de carregamento diário, menor é o tempo de retenção, contudo o tempo de retenção reduzido pode tornar a digestão incompleta, desencadeando um desequilíbrio no processo (CRAVEIRO et al., 1982).

h) Compostos tóxicos e inibidores

Souza (1982) ressalta que um composto só é biologicamente tóxico quando se encontra em solução e que toxicidade é um termo relativo que depende da concentração em que se encontra, ou seja, uma mesma substância pode ser inibidora ou estimulante ou tóxica, podendo ocorrer ainda o antagonismo que consiste na redução do efeito tóxico de uma substância pela presença de outra ou o sinergismo que é o aumento da toxicidade de uma substância pela presença de outra.

O mesmo composto químico pode ser estimulador, inibidor ou tóxico dependendo de sua concentração no sistema. Os compostos inibidores causam uma redução na taxa máxima de crescimento microbiano, aumentando o tempo de digestão necessário para produzir o mesmo efeito sobre o efluente (SOUZA, 1982).

No entanto, quando a concentração do inibidor é excessiva pode levar a falha completa do processo. O nitrogênio é um nutriente importante na digestão anaeróbia e auxilia no tamponamento do sistema. Em sistemas com pH elevado, a amônia livre passa a ser inibidora dos microrganismos metanogênicos para concentração acima de 150 mg.L^{-1} (CHERNICHARO, 2007).

A maior parte das bactérias acidificadoras são facultativamente anaeróbias e as metanogênicas são obrigatoriamente anaeróbias. O oxigênio considerado inibidor quando dissolvido a partir de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ no reator. Alguns cuidados como a vedação do reator e redução de contato do efluente com o ar amenizam este problema (DEUBLEIN & STEINHAUSER, 2011).

A forma não dissociada (H_2S) é mais inibidora do que a dissociada (HS^-). O pH abaixo de 7 favorece a solubilização do H_2S no substrato, tornando o enxofre tóxico em concentrações acima de 200 mg.L^{-1} . Dentre os principais inibidores tidos como tóxicos citados pelo autor estão o oxigênio, a amônia, o enxofre, os cátions de metais leves e metais pesados (DEUBLEIN & STEINHAUSER, 2011).

A Tabela 6 apresenta os níveis de compostos onde são considerados inibidores e/ou tóxicos.

Tabela 6: Níveis de Compostos Inibidores.

Composto	Inibidor (mg.L ⁻¹)	Toxico
Oxigênio	>0,01	-
Amônia	>150	-
Enxofre	-	>200
Metais Leves (Na, K, Ca, Mg)	>1000	-
Metais pesados (Ni, Cu, Pb, Cr, Zn)	-	Quando solúvel

Fonte: Deublein e Steinhauser (2011).

Substâncias como cloreto de sódio (NaCl), cobre (Cu), cromo (Cr), amônia (NH₃), são tóxicas para as bactérias, podendo ser aceitáveis em concentrações baixas. Desinfetantes, bactericidas, resíduos de antibióticos, água tratada com cloro (Cl), se estiverem presentes nos dejetos poderão ocasionar a morte das bactérias responsáveis pela biodigestão (RUIZ, 1992).

A toxicidade por sais está associada ao cátion do sal. A ordem crescente de inibição, com base na concentração molar é: Na⁺ (0,032 N), NH₄⁺ (0,25 N), K⁺ (0,15 N), Ca²⁺ (0,11 N) e Mg²⁺ (0,16 N). Porém, se a biomassa se adaptar às condições, estas concentrações podem passar a valores mais elevados (MENDONÇA, 2009).

O sódio, potássio, cálcio e magnésio embora sejam necessários para o crescimento microbiano, as altas concentrações destes sais são maléficas às mesmas. A concentração preconizada como inibidora é acima de 3.500 mg Na.L⁻¹, 2.500 mg K.L⁻¹, 2.500 mg Ca.L⁻¹, 1.000 mg Mg.L⁻¹ (CHERNICHARO, 2007).

O sódio e o potássio são os melhores antagonistas, quando adicionados ou presentes nas concentrações como estimulantes, ou seja, (100<Na<200 mg.L⁻¹; 200<K <400 mg.L⁻¹), já o cálcio e o magnésio são péssimos antagonistas, porém eles podem estimular o processo caso um outro antagonista já esteja presente (RUIZ, 1992).

Já a toxicidade por sulfetos depende da DQO do afluente, sendo que quanto maior for a DQO, maior será a produção de metano e maior a quantidade de sulfetos na forma

gasosa, retirados da fase líquida e, portanto, menores serão os problemas com toxicidade no reator (MENDONÇA, 2009).

Para demonstrar a importância dos sulfetos Lawrence e McCarty (1965) adicionaram diariamente a digestores de laboratório os metais Cu, Zn e Ni com concentrações de cerca de 800 mg.L⁻¹ e Fe com concentração de 1.400 mg.L⁻¹ isso permitiu a percepção da inibição severa do processo devido aos teores de íons metálicos uma vez que os cloretos só são considerados tóxicos a concentrações acima de 8.300 mg.L⁻¹. Admite-se que na relação de DQO por sulfatos maiores que 10 não ocorrerão problemas inibitórios.

A adição de 1 mgS.L⁻¹ em digestores na forma de sulfatos precipita de 1,8 a 2 mg.L⁻¹ de metais pesados, sendo o sulfato de ferro um dos compostos recomendáveis, considerando que o sulfeto formado no digestor pela redução do sulfato mantém-se precipitado na forma de sulfeto de ferro, evitando a inibição por sulfetos solúveis e a formação de grandes quantidades de H₂S, ficando o sulfeto de ferro disponível para a precipitação de outros metais mais tóxicos, além de que o ferro liberado precipita como carbonato e é pouco tóxico a digestão anaeróbia (MENDONÇA, 2009).

São tóxicos inorgânicos o cromo, cromatos, arsênio, cianeto, entre outros, os quais em baixas concentrações são adversos ao tratamento anaeróbio, porém, podem ser tolerados quando estão combinados com sulfetos, formando compostos que são insolúveis (sais de sulfeto), sem efeito adverso ao processo (SALOMON, 2007).

A toxicidade segue a ordem Ni>Cu>Pb>Cr>Zn. Metais pesados dissociados são mais tóxicos que sua forma precipitada. Neste caso o íon sulfeto é benéfico por se combinar com esses metais em formas insolúveis (GRADY et al, 1999).

Além do carbono, o nitrogênio e os sais inorgânicos fazem parte da nutrição bacteriana, sendo considerados essenciais (RUIZ, 1992).

O fosfato é um elemento necessário, sua ausência poderá inibir o processo. O enxofre é outro nutriente básico para a bactéria, porém em teores muito elevados, haverá o crescimento excessivo de bactérias redutoras de sulfatos, convertendo os sais de enxofre em sulfeto de hidrogênio, um gás venenoso e dificultador da queima do metano (NOGUEIRA, 1992). Segundo o mesmo autor, pequenas quantidades de Ca, Mg, K, Zn e Fe são necessárias para o processo de digestão anaeróbia.

Detergentes, produtos tóxicos e outros produtos químicos devem ser evitados, se possível excluídos de contato com a matéria orgânica em biodigestão anaeróbia, devido à intoxicação e morte das bactérias (MOTA & VON SPERLING, 2009).

Os ácidos voláteis até concentrações de 6.000 a 8.000 mg.L⁻¹ não são tóxicas a digestão anaeróbia, desde que o pH do sistema seja mantido próximo da neutralidade. Ainda de acordo com o mesmo autor somente as frações solúveis dos metais pesados são tóxicas a digestão anaeróbia sendo a precipitação destes metais na forma de sulfetos ou carbonatos é uma maneira efetiva de evitar a inibição do processo (DEUBLEIN & STEINHAUSER, 2008).

5.4 Principais Tecnologias Utilizadas no Tratamento de Esgotos Domésticos e Águas Negras no Meio Rural

As tecnologias de tratamento de efluentes nada mais são que o aperfeiçoamento do processo de depuração da natureza, buscando reduzir seu tempo de duração e aumentar sua capacidade de absorção, com consumo mínimo de recursos em instalações e operação e o melhor resultado em termos de qualidade do efluente lançado, sem deixar de considerar a dimensão da população a ser atendida (JORDÃO, 2015).

Alguns processos para a digestão anaeróbia em estações de tratamento de esgoto são: “lodo ativado”, “filtro biológico”, “lagos anaeróbios” ou ainda, “reatores anaeróbios”, entre outros (CHERNICHARO, 1999).

De maneira geral os sistemas existentes podem ser classificados, basicamente, em dois grandes grupos: tecnologias de sistemas simplificados ou mecanizados e processos aeróbios ou anaeróbios (JORDÃO, 2015).

Na Figura 6 são apresentadas algumas possibilidades de tratamento de águas negras, onde (1) representa o descarte na Terra; (2) representa o Reuso das águas com tratamento simples; (3) representa o reuso das águas com tratamento completo a partir das zonas de raízes e (4) representa o reuso das águas com tratamento completo com filtragem.

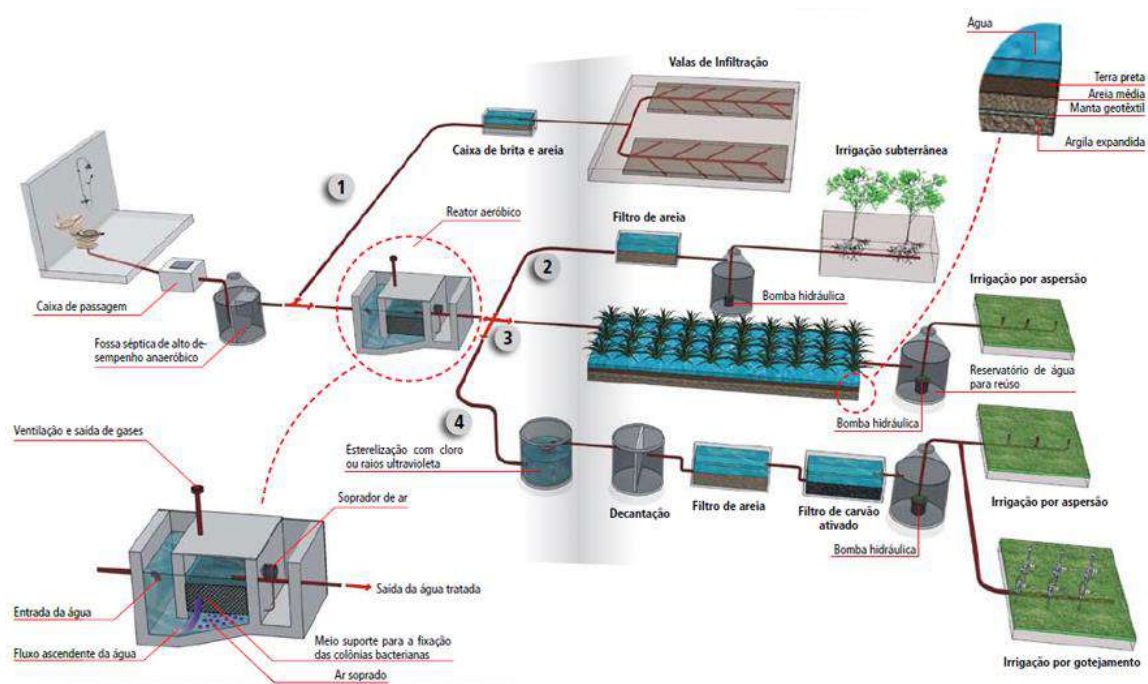


Figura 6: Representação Pictórica de Tecnologias usuais para o Tratamento de Águas Negras.

Fonte: <https://sergionobre.wordpress.com/tag/aguas-negras/>)

As principais desvantagens dos sistemas de saneamentos convencionais foram destacadas por Brasil et al. (2018): - Tratamento quase sempre deficiente ou lançamento sem controle de mais de 90% das águas residuais em todo o mundo; - Uso de água potável para carreamento dos dejetos; - Poluição de corpos d'água, principalmente por nutrientes, resíduos perigosos, agentes patogênicos, fármacos e hormônios; - Perda de valiosos nutrientes e elementos através de lançamento de esgotos em corpos d'água; - Danos ambientais graves e eutrofização dos mananciais; - Altos investimentos de implantação, alto consumo de energia para operação e manutenção; - Predominância de sistemas coletivos combinados (esgotamento de água pluvial em conjunto com esgoto doméstico), gerando sérios problemas devido ao lodo de esgoto contaminado.

5.4.1 Tanque de Bananeiras ou de Evapotranspiração (TEVAP)

Martinetti et al (2009) sugerem outras formas de tratamento de efluentes como o círculo de bananeiras (após passagem pela fossa séptica). As bananeiras se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica. Também podem ser plantados lírios e

mamoeiros. Sua principal manutenção é a colheita dos frutos e evitar crescimento excessivo de vegetação no local.

O efluente entra pela porção inferior do tanque, através do cano de esgoto direcionado à câmara de recepção, onde começa a digestão anaeróbia e mineralização do efluente; Os sólidos se depositam na câmara e os líquidos extravasam livremente através da camada de entulho cerâmico, que funciona como um filtro anaeróbio de fluxo ascendente; Com o aumento do nível do efluente e o contato com a camada de terra, ocorre a ascensão do efluente por capilaridade e a água e os nutrientes são absorvidos pelas raízes das plantas; A água sai do sistema através da evapotranspiração das plantas e a evaporação no solo; Os nutrientes saem do sistema através da biomassa (GALBIATI, 2009).

De acordo com Martinetti et al (2009), as bananeiras evapotranspiram uma quantidade enorme de água, de acordo com a estação do ano, variedade, clima local, etc. Outras variedades podem ser plantadas no círculo para aproveitar as diferentes condições de umidade, insolação e de estrutura: espécies de sombreado podem ficar na parte interna do círculo, espécies secas do lado de fora, bem como vinhas trepadeiras “escalando” as bananeiras ou uma treliça eventualmente colocada ao centro. Ao receber água cinza normalmente rica em nutrientes compostos por restos de alimentos (pia da cozinha), terra, poeira e suor (tanque de lavar roupa e chuveiro), além de outros restos orgânicos da casa (papel, e restos de cozinha), as plantas crescem com mais vigor, produzindo frutos muito saudáveis. As condições mais adversas para o seu funcionamento estão em regiões muito chuvosas, onde a precipitação é maior que a evapotranspiração. Uma representação do tanque de Evapotranspiração é apresentada na Figura 7.

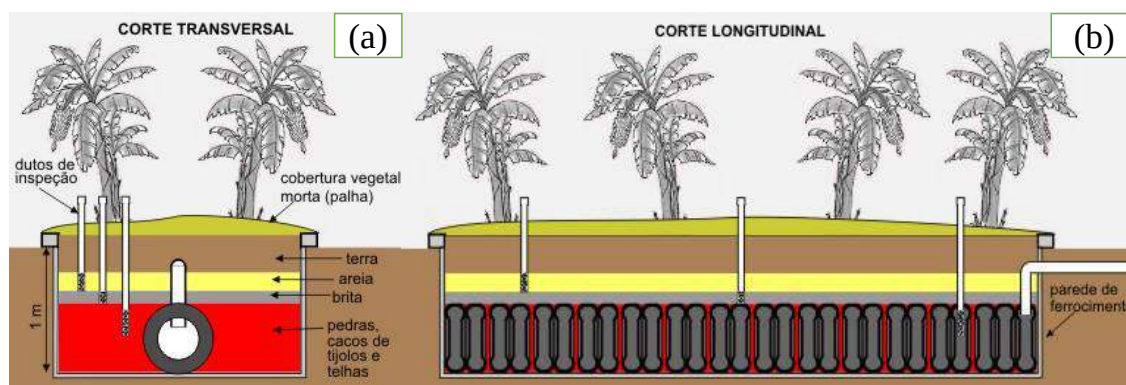


Figura 7: (a) Corte Transversal; (b) Corte Longitudinal de TEVAP.

Fonte: Martinetti et al (2009).

5.4.2 Fossa Séptica Biodigestora

O sistema de fossa biodigestora contribui para a viabilização do tratamento de esgoto doméstico e consequente produção de efluentes desinfetados. Consiste em um tratamento biológico do esgoto por ação de digestão fermentativa (BRASIL, 2001).

Segundo Chernicharo (2007) o processo de biodigestão realiza-se através da decomposição anaeróbica da matéria orgânica digerível por bactérias que a transformam em biogás e efluente estabilizado e sem odores, o qual pode ser utilizado para fins agrícolas. A biodigestão de resíduos orgânicos elimina todo e qualquer elemento patogênico existente nas fezes, devido principalmente, à variação de temperatura.

A fossa séptica por biodigestão tem dois objetivos principais: 1) substituir, a um custo barato para o produtor rural, o esgoto a céu aberto e as fossas sépticas; 2) utilizar o efluente como um adubo orgânico, minimizando gastos com adubação química (GALINDO et al, 2010).

O sistema da fossa biodigestor desenvolvida pela EMBRAPA é composto por duas caixas de cimento amianto ou fibra de vidro de 1.000 L (litros) cada, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário (pois a água do banheiro e da pia não têm potencial patogênico e o sabão ou detergente tem propriedades antibióticas que inibem o processo de biodigestão. Em seguida, há uma terceira caixa, de 1000 L utilizada para coleta do efluente (adubo orgânico) (BRASIL et al., 2018).

As tampas dessas caixas devem ser vedadas com borracha e unidas entre si por tubos e conexões de PVC de 4 polegadas, com curva de 90° longa no interior das caixas e T de inspeção para o caso de entupimento do sistema. Os tubos e conexões devem ser vedados na junção com a caixa com cola de silicone e o sistema deve ficar enterrado no solo para manter o isolamento térmico (NOVAES et al., 2002).

Uma representação da fossa biodigestora é apresentada na Figura 8.

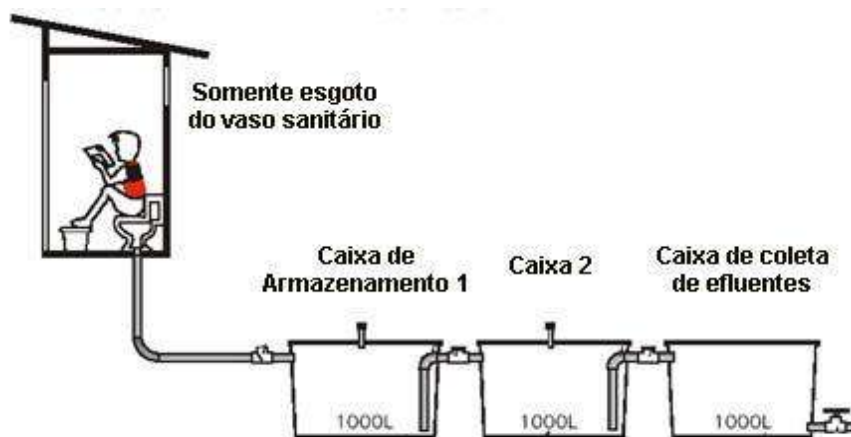


Figura 8: Representação da Fossa biodigestora.

Fonte: Galindo et (2010).

5.4.3 Zona de Raízes

É um sistema físico-biológico, com parte do filtro constituído de plantas. O esgoto bruto é lançado através de uma rede de tubulações perfuradas que é instalada logo abaixo da zona de raízes, área plantada. Esta área é dimensionada de acordo com a demanda de esgoto já pré-determinada (BRASIL, 2018).

Nesse tipo de sistema o efluente passa primeiro por um tratamento primário, geralmente por uma fossa séptica, onde são removidos os sólidos sedimentáveis; em seguida é encaminhado através de uma rede de tubulações perfuradas para mais ou menos a uns 10 cm abaixo da superfície do filtro, onde é iniciado o tratamento secundário.

Para Brasil et al (2007) as plantas que constituem a zona de raízes devem ser plantadas sobre um filtro físico estruturado por uma camada de brita nº 2, de 50 cm de profundidade, e sobre a rede de distribuição do efluente bruto. Logo abaixo da camada de brita encontra-se outra camada do filtro, que é constituída de areia (com granulometria de média para grossa) de 40 cm de profundidade. No fundo do filtro ficam as tubulações de coleta do efluente tratado, que são conduzidos para fora da estação através da diferença de nível. Para evitar a contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático e infiltrações indesejáveis no sistema, a ETE deve ser impermeabilizada com lona plástica resistente, ou por uma estrutura de concreto armado, ver Figura 9.

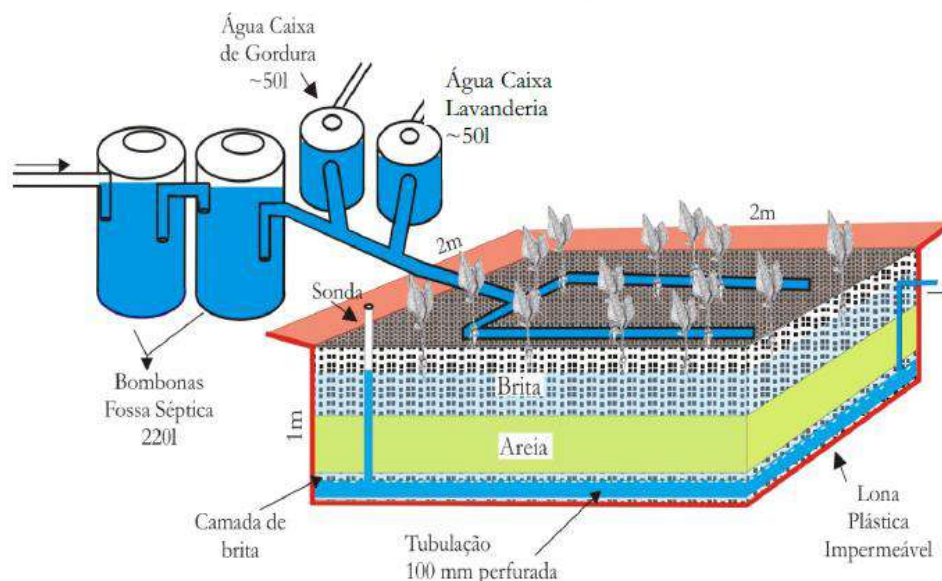


Figura 9: Representação do Tratamento por Zona de Raízes.

Fonte: Parolin (2010).

Para Valentin (2003), o tratamento das águas residuárias por zona de raízes é o resultado da união entre os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem por causa do filtro físico, das comunidades bacterianas e macrófitas.

As bactérias são fundamentais para o tratamento do efluente, elas são responsáveis pela degradação da matéria orgânica presente no efluente por meio de processos anaeróbios, anóxicos e aeróbios. As condições aeróbias e anóxicas só acontecem devido ao fornecimento de oxigênio pelas raízes das macrófitas (CHERNICHARO, 2007).

O oxigênio captado pelas folhas das macrófitas é levado através do caule até as raízes, não apenas para suprir a demanda respiratória dos tecidos das raízes, mas também para oxigenar sua rizosfera. A saída do oxigênio das raízes para o filtro cria condições de oxidação no meio, possibilitando, assim, a decomposição da matéria orgânica (PAROLIN, 2010).

O transporte do oxigênio atmosférico no interior das plantas aquáticas ocorre devido à presença de grandes espaços internos de ar chamados aerênquimas, que podem chegar a ocupar até 60% do volume dos tecidos das macrófitas. Com isso, o bom funcionamento depende de plantas com uma rede muito bem desenvolvida de aerênquimas (PAROLIN, 2010).

5.4.4 Reatores Biológicos ou Biorreatores

De acordo com Chemicaro (2007) denomina-se biorreatores, reatores bioquímicos, reatores biológicos, os reatores químicos nos quais ocorre uma série de reações químicas catalisadas por biocatalisadores que podem ser enzimas, ou células vivas (microbianas, animais ou vegetais).

De acordo com o mesmo autor o desenvolvimento de reatores fundamentados no processo anaeróbio, ocorrido nas últimas décadas, vem provocando mudanças profundas na concepção dos sistemas de tratamento de águas residuárias. A maior aceitação de sistemas de tratamento anaeróbio se deve a dois fatores principais: as vantagens consideradas inerentes ao processo da digestão anaeróbia em comparação com o tratamento aeróbio e a melhoria do desempenho dos sistemas anaeróbios modernos, tendo-se um aumento muito grande não somente da velocidade de remoção do material orgânico, mas também da porcentagem de material orgânico digerido.

A tendência de uso do reator anaeróbio como principal unidade de tratamento biológico de esgoto deve-se, principalmente, à constatação de que fração considerável do material orgânico (em geral próxima de 70%) pode ser removida, nessa unidade, sem o dispêndio de energia ou adição de substâncias químicas auxiliares. Unidades de pós-tratamento podem ser usadas para a remoção de parcela da fração remanescente de material orgânico, de forma a permitir a produção de efluente final com qualidade compatível com as necessidades que se impõem pela legislação vigente (ESREY et al, 1998).

Vários são os fatores que influenciam o desempenho da digestão anaeróbia de esgotos domésticos, dentre os fatores ambientais se destacam a temperatura, o pH, a alcalinidade, a presença de nutrientes, a capacidade de assimilação de carga tóxicas, transferência de massa, sobrecargas hidráulicas e a atividade metanogênica (VAN HANDEL & LETINGA, 1999)

O parâmetro cinético diretamente afetado pela temperatura é a velocidade específica de utilização do substrato, deve-se considerar, no entanto, que a velocidade global de remoção de substrato está associada ao produto da velocidade específica pela concentração de microrganismos ativos no reator, portanto, mesma velocidade de remoção global pode ser atingida a diferentes temperaturas, desde que o sistema possa manter

concentrações elevadas de microrganismos. Novamente, o desempenho do reator dependerá da sua capacidade de reter a biomassa em seu interior (TONANI; 2010).

Os reatores podem ser: em batelada; e semibatelada, com fluxo oscilatório, com fluxo tubular ou de fluxo pistão; de mistura completa ou perfeitamente agitado; com reator catalítico de leito fixo e com leito expandido. Quanto à forma de operação eles podem ser descontínuos; semicontínuos e contínuos. Os parâmetros de projeto para o dimensionamento e projeto de reatores biológicos são: o tempo de retenção celular ou idade do lodo; tempo de detenção hidráulico; relação entre substrato e microrganismos; índice volumétrico de lodo (FOGLER; 1992).

Um reator PFR consiste de um tubo cilíndrico, normalmente, operado em estado estacionário. É dito de fluxo pistonado (Plug-Flow) dado que a concentração de uma espécie é constante na posição radial de tubo (FOGLER; 1992).

De acordo com o mesmo autor os reagentes são consumidos à medida que percorrem o tubo, de forma que a concentração destes decresce na direção Entrada-Saída. O Balanço de massa para este tipo de reator pode ser entendido a partir da Figura 10.

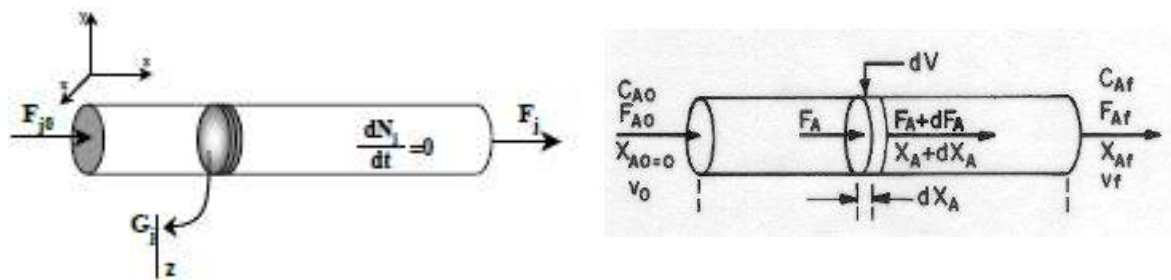


Figura 10: Reator Tubular de Fluxo Pistão (PFR).

Fonte: Fogler (1992).

Onde G_j é uma função do ponto onde avaliamos o reator e a concentração de j (C_j). O termo de geração (ou reação), G_j , pode ser determinado de várias formas. Para processos contínuos em estado estacionário, pode-se utilizar a tabela estequiométrica ($G_A = F_A - F_{A0}$) ou uma expressão cinética ($r_j V$), expressa na Equações 24 e 25 (FOGLER, 1992).

$$F_{j\text{entrada}} - F_{j\text{saída}} + G_j = \frac{dm_j}{dt} \quad (24).$$

$$F_{j\text{entrada}} + G_j = F_{j\text{saída}} \quad (25).$$

Para sistemas abertos ou fechados em estado transiente deve ser utilizado o produto da equação cinética pelo volume do reator ($r_A V$). Assim temos o volume do reator dado pela Equação 26 (FOGLER, 1992).

$$V = F_{AO} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(-r_A)} \quad (26).$$

De maneira geral essa equação pode ser reescrita na forma da Equação 27 (FOGLER, 1992).

$$\frac{V}{F_{AO}} = \frac{\tau}{C_{AO}} = \frac{X_A}{(-r_A)} \quad (27).$$

5.4.4.1 Partida de Reatores Anaeróbios

Mesmo quando todos os fatores que influenciam a digestão estão controlados o processo pode não ocorrer satisfatoriamente devido falhas operacionais. Isso pode ser verificado na partida dos digestores. Para a obtenção de uma partida adequada (início da operação) é necessário, antes de tudo, preencher o digestor com a maior quantidade possível de lodos em digestão, ou na sua falta, com material rico em bactérias anaeróbias, convenientemente diluídas (CHERNICHARO, 1999).

A forma como é feita a partida do sistema anaeróbio determina o tempo necessário para atingir este equilíbrio. Diversos métodos de partida são encontrados na literatura. Uma prática recorrente é o uso de inoculo proveniente de outros reatores em operação, como lodo de estações de tratamento de esgoto (PRAMOD et al, 2011).

Pode-se afirmar que o fator principal para eficiente digestão anaeróbia consiste no desenvolvimento e manutenção de uma população elevada, estável e viável de bactérias formadoras de metano. O uso do parâmetro SSV para estimar a biomassa ativa em reatores anaeróbios sofre sérias limitações, pois não diferencia a massa de microrganismos responsáveis pelos estágios iniciais da biodegradação (hidrólise, acidificação) e os finais, principalmente a acetogênese e metanogênese (PARKIN & OWEN, 1986).

A alimentação do reator deve ser feita com pequenas cargas orgânicas em relação a carga final de projeto, sendo o aumento da carga feita de forma gradual de acordo com a evolução de eficiência do sistema, ou seja, a inserção de matéria orgânica ou o aumento de carga deverá ser feito à medida que o reator conseguir digerir a carga inferior e assim sucessivamente, até que se chegue a carga de projeto. A seguir a esse start o reator deverá

ser resguardado de choques hidráulicos e orgânicos, bem como, de variações abruptas nas condições ambientais (PRAMOD et al, 2011).

5.5 Dejetos Humanos

Os dejetos humanos são constituídos por dois componentes básicos: a urina e as fezes. Cada um deles tem propriedades muito diferentes, são produzidos em quantidades diferentes, e requerem cuidados e processamento diferentes. Assim sendo um importante aspecto a ser considerado como relevante quando do gerenciamento das excretas humanas é a segregação dos seus constituintes, urina e fezes. Cada um deles tem propriedades muito diferentes, são produzidos em quantidades diferentes, e requerem cuidados e processamento diferentes (GONÇALVES et al; 2006). Ainda de acordo com o mesmo autor a utilização destas duas formas de classificação é importante não somente para o melhor gerenciamento do tratamento de esgotos, mas também para facilitar ou viabilizar o seu reuso.

A separação da urina e fezes tem como um dos atrativos o fato de não conterem resíduos industriais, que podem apresentar contaminantes químicos que potencialmente inviabilizam o reuso do esgoto municipal. No entanto, devem ser tratados para redução de patogênicos em níveis de segurança (GONÇALVES, 2006).

As fezes e principalmente a urina contêm grande percentagem de água, além de matéria orgânica e inorgânica. Nas fezes está cerca de 20% de matéria orgânica, enquanto na urina 2,5%. A maior parte do carbono excretado, até 70%, é encontrada nas fezes. As quantidades acima podem sugerir que a excreta humana contém poucos nutrientes, porém essa impressão desaparece quando consideramos que cada pessoa urina anualmente cerca de 4,5 kg de nitrogênio, mais de 0,5 kg de fósforo, e cerca de 1,2 kg de potássio (REBOUÇAS, 2010).

Embora a reciclagem apenas da urina já seja muito importante, também as fezes devem ser recuperadas e recicladas para evitar o esgotamento dos solos a longo prazo e a poluição do meio ambiente. Em muitos locais, antes do século XX, o reuso de excretas humanas como fertilizante era comum. Os nutrientes descartados pelas fezes e urina eram, assim, recuperados pelo ambiente para utilização como adubo (ESREY et al., 2004).

5.5.1 Fezes Humanas

5.5.1.1 Produção e Geração

A palavra fezes veio do latim “faeces”, que significa “resíduos”. A quantidade de fezes produzida diariamente por uma pessoa é difícil de afirmar, uma vez que este valor depende de hábitos alimentares, estilo de vida, cultura, entre outros, contudo, existem estudos que fazem algumas estimativas (TONANI, 2010).

A quantidade de fezes excretadas diariamente pelo corpo humano depende da composição do alimento consumido, da idade do indivíduo, do metabolismo, da saúde física, entre outros (REBOUÇAS; 2010).

A produção percapta mundial é de 150 g/pessoa.dia (SHOUW et al., 2001). Em geral, populações de países em desenvolvimento mostram taxas de geração bem mais amplas (130 a 520 gramas de peso úmido) que na América e na Europa (100 a 200 gramas de peso úmido) (REBOUÇAS, 2010).

Rebouças (2010) apresenta uma taxa de geração percapta de $134 \pm 66,75$ g/pessoa.dia para adultos masculinos e de $104 \pm 48,71$ para adultos femininos, sendo a média igual a $130 \pm 64,12$ g/dia. Os resultados quantitativos estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7: Taxa de Geração de Fezes Humana (peso úmido) [g/pessoa.dia].

Amostra	Média (g/pessoa.dia)	DP	Máx.	Min.	CV (%)
Masculino (n=38)	134	67	386	69	49,8
Feminino (n=8)	104	49	218	55	46,9
Total (n=46)	130	64	386	55	49,2

Fonte: Rebouças (2010)

Em relação ao peso seco, de acordo com a literatura, esse pode variar entre 70 e 170 g/pessoa.dia (REBOUÇAS, 2007).

O teor de água nas fezes varia com seu peso e é diretamente proporcional a ele. Assim, parece que a quantidade de excretas produzidos (sólidos totais secos) em várias partes do mundo é razoavelmente constante, porém, o teor de água é um pouco diferente (peso úmido total de fezes e urina) (SCHOUW et al., 2001).

5.5.1.2 Classificação

A análise do hábito intestinal e o tipo de fezes sempre foram explorados na avaliação realizada pelos profissionais de saúde, tanto para a caracterização de aspectos fisiológicos dos pacientes como para o diagnóstico e acompanhamento de doenças que envolvam alteração do trânsito intestinal (MARTINEZ & AZEVEDO, 2012).

Outra condição que se caracteriza por alteração na forma das fezes é a síndrome do intestino irritável, que é de natureza funcional e tem como sintomas centrais a dor e o desconforto abdominal, relacionados à alteração do hábito intestinal. (MARTINEZ & AZEVEDO, 2012).

Alguns instrumentos são utilizados para ajudar na classificação e no tratamento; entre eles, destaca-se a Escala de Bristol para Consistência de Fezes -EBCF (Bristol Stool Form Scale) que foi desenvolvida e validada por Kenneth W. Heaton e S. J. Lewis (1997). Seu objetivo é avaliar, de maneira descritiva, a forma do conteúdo fecal, utilizando métodos gráficos que representam sete tipos de fezes, de acordo com sua forma e consistência (SANTOS, 2017)

A Escala de Bristol para Consistência de Fezes é usada na descrição de fezes. A escala é descritiva e visual, e consta de sete tipos de fezes, sendo composta por imagens e suas respectivas definições (MARTINEZ & AZEVEDO, 2012).

Os tipos ideais de fezes são do tipo 3 e 4. Eles passam com facilidade pelo sistema digestivo sem ficarem aquosos demais. Os tipos 1 e 2 podem indicar prisão de ventre, pois estão mais endurecidos. Os tipos 5, 6 e 7 são correlatos a diarreia (SANTOS, 2017).

Na Figura 11 são mostradas as categorias de fezes humanas de acordo com a geometria e textura.

Tipo	Imagem	Descrição
1		Grânulos duros e separados como nozes (difíceis de evacuar)
2		Em forma de salsicha, mas granulosa.
3		Semelhante a uma salsicha, mas com rachadura em sua superfície.
4		Como salsicha ou cobra, lisa e macia.
5		Gotas macias com bordas bem demarcadas (fáceis de evacuar)
6		Pedaços macios com bordas irregulares, fezes pastosas.
7		Líquidas, sem pedaços sólidos, totalmente líquidas

Figura 11: Escala de Bristol de Consistência de Fezes.

Fonte: Adaptado Martinez & Azevedo (2012).

5.5.1.3 Composição e Características

Salas (2005) descreve que as fezes são compostas por restos alimentares, alimentos não processados na digestão, gorduras, hidratos de carbono, proteínas extraídas da corrente sanguínea e de material não digerido que passa pelo intestino, além de uma grande quantidade de microrganismos, podendo atingir um bilhão por grama de fezes.

De modo geral, sabe-se que cerca de 75% das fezes são água, e o restante que compõe a fração sólida é formada por uma grande quantidade de resíduos biodegradáveis, cerca de 10% a 20% da fração sólida é composta de gorduras (REBOUÇAS, 2010).

De acordo com Rebouças (2010) existe uma grande variabilidade do conteúdo das fezes de acordo com a pessoa e com o lugar geográfico, devido a fatores como clima local, alimentação, saúde, idade e estilo de vida do indivíduo. As características das fezes humanas são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Características das Fezes Humanas.

Parâmetros	Unidade	Rebouças (2010)	Tonani (2010)
pH		6,7±0,2	
Umidade	%	75,3±3,1	76,1
ST	g/kg fezes		239
SV		85±4,1	25
P		3,2±1,1	4,7
N		12,9±7,8	9,8
DQO		450±141	
C _{org}		161,5±2,0	134
Coli.Total	NMP/gfezes	10 ⁷	
Coli.Termotolerantes		10 ⁶	
E.Coli		10 ⁵	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Os microrganismos eliminados nas fezes humanas são de diversos tipos, sendo que os coliformes (*Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes* e o *Aerobacter cloacae*) estão presentes em grande quantidade, podendo atingir um bilhão por grama de fezes (PENN et al.,2018).

5.5.2 Urina

5.5.2.1 Produção e Geração

O volume de urina que é excretado pelo corpo humano varia tanto de pessoa para pessoa quanto de um dia para o outro. As razões principais dessa flutuação são devido às quantidades de líquido ingerido e as perdas por transpiração (ZANCHETA, 2007)

De acordo com estudos feitos por Raunch et al (2003) o volume médio de urina diário por pessoa adulta varia de 1,0 L a 2,5 L, sendo, aproximadamente igual a 1,5 L.

Valores muito próximos também foram obtidos por Bazzarella (2005) e Fittschen & Hahn (1998) encontrando como volume médio 1,25 L e 1,57 L respectivamente. O valor

médio encontrado por Zancheta (2007) é de 1,23 L/dia, onde foi coletada urina de homens, mulheres e idosos.

5.5.2.2 Classificação

A urina pode indicar/acusar o grau de desidratação de um indivíduo, dessa forma e de acordo com essa ótica a urina pode ser classificada por sua coloração conforme a Figura 12.



Figura 12: Classificação da Urina através das Cores.
 Fonte: Zancheta (2012).

5.5.2.3 Composição e Características

De acordo com Rios (2008) na urina são eliminadas algumas substâncias, como a ureia, resultantes das transformações químicas (metabolismo) de compostos nitrogenados (proteínas).

A urina contém aproximadamente 80% do total de nitrogênio encontrado na excreta humano, e cerca de 2/3 do fósforo e do potássio excretados. A urina humana é uma solução complexa de água contendo concentrações de sais e nutrientes. O cloreto de sódio (NaCl) e a ureia [CO(NH₂)⁻²] são os principais compostos, em torno de 80% do nitrogênio total da urina, está na forma de ureia [CO(NH₂)⁻²] e o restante está em forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia (RIOS, 2008).

Diariamente a excreção de ureia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e ureia é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHEN E HAHN, 1998 citado por RIOS, 2008).

Além da ureia e do cloreto de sódio a urina é constituída de potássio (K), cálcio (Ca), sulfatos (SO₄), e fósforo (P). O fósforo é disponível como superfosfatos (H₂PO₄ ou HPO₄²⁻) e o potássio como um componente iônico (K⁺) (LIND et al., 2001).

Algumas características da urina são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Características da Urina Humana.

Parâmetro	Unidade	Zancheta (2007)	Gonçalves et al (2006)	Barretto (2009)	Rios (2008)
K	mg.L ⁻¹	1.600		1.600 – 2.800	600.000
N				7.500 – 11.200	85.000
P		407	3 ± 1,6	500 -1.700	35.000
NTK		7.435	60 ± 13		
DQO			49 ± 9		
DBO			12 ± 5		
Condutividade	mS.cm ⁻¹			25 -37,9	
pH	ad	5	6	4 - 8	10

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A urina contém poucos patógenos, armazenar urina sem diluição por um mês renderá uma urina segura para o uso na agricultura. A urina sem diluição fornece um meio inapropriado para micro-organismos, aumentando a taxa de mortalidade de organismos patogênicos e impedindo a aglomeração de mosquitos (ESREY et al., 2004).

5.6 Propriedade Intelectual

Segundo a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) propriedade intelectual pode ser definida como a soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas e científicas, às interpretações e execuções de artistas, aos fonogramas e às emissões de radiodifusão, às invenções em todos os domínios da atividade humana, às descobertas científicas, aos desenhos e modelos industriais, às marcas industriais, comerciais e de serviço, bem como às firmas comerciais e denominações comerciais, à proteção contra a concorrência desleal e todos os outros direitos inerentes à atividade intelectual nos domínios industrial, científico, literário e artístico.

No mundo corporativo todas as expressões provenientes do intelecto humano são passíveis de serem convertidas em propriedade privada e, consequentemente, protegidas por lei por meio do sistema de propriedade intelectual podendo ser comercializadas como bens imateriais ou intangíveis. A difusão dos conceitos e a aplicação dos instrumentos de proteção da propriedade intelectual se tornam fundamentais para empresas e indivíduos assegurarem que suas criações alcancem o mercado e tenham retorno financeiro quando da atividade de comercialização desses ativos. Além disso, dentro do atual cenário econômico e de conhecimento, a propriedade intelectual legalmente protegida transformou-se em um importante ativo para a competitividade das empresas que desejam prosperar no mercado cada vez mais exigente (BERMUDEZ et al., 2000).

O direito de propriedade industrial, componente dos direitos de propriedade intelectual, nasceu no século XIX, após a Revolução Industrial, permitindo que industriais controlassem tanto sua produção, mediante a existência do sistema de patentes, como a distribuição de suas invenções, com o uso do sistema de marcas (BERMUDEZ et al., 2000).

O sistema internacional de propriedade intelectual, criado com a assinatura da Convenção da União de Paris (CUP) em 1883, vem sofrendo transformações que refletem as mudanças ocorridas no desenvolvimento econômico e tecnológico dos países e na dinâmica do comércio internacional (BARBOSA, 2003).

No Brasil, na área da propriedade industrial, está em vigor a Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996 - Lei da Propriedade Industrial – que regula direitos e obrigações relativas à Propriedade Industrial, estabelece a concessão de patentes (Art. 2º da LPI), cujos dispositivos constam do Art. 3º ao Art. 93 e do Art. 212 ao Art. 244, considerando o seu interesse social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do País, disciplina as questões relativas à propriedade industrial no Brasil, no qual estão incluídas: marca, desenho industrial, segredo industrial, indicação geográfica e patente (UNESCO, 2010).

Por sua vez, a Lei de Inovação Tecnológica, Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação (BARBOSA, 2003).

A nova lei avança em diversos pontos na promoção de um ambiente regulatório mais seguro e estimulante para a inovação no Brasil. Entre eles, destacam-se: a formalização das ICTs privadas (entidades privadas sem fins lucrativos) como objeto da

lei; a ampliação do papel dos NITs, incluindo a possibilidade de que fundações de apoio possam ser NITs de ICTs; a diminuição de alguns dos entraves para a importação de insumos para pesquisa e desenvolvimento (P&D); a formalização das bolsas de estímulo à atividade inovativa, entre outros (BRASIL, 2016)

Os dois principais novos instrumentos da política de inovação brasileira em relação ao tradicional arcabouço de instrumentos de política industrial e de pesquisa e desenvolvimento tecnológico preexistentes, são: a normatização da apropriação e transferência do conhecimento pelas universidades, e o fomento, que constitui um apoio direto à empresa. Dependendo de como forem implementados, estes instrumentos poderão se revelar pouco inovadores e pouco efetivos (BRASIL, 2016).

O grau de novidade impacta, além do cálculo estatístico, o risco tecnológico e comercial de uma inovação. Um objetivo central da política de inovação deve ser minimizar os riscos associados aos investimentos em inovação, pois incerteza e risco representam um desconto na taxa de retorno esperado, principalmente para as inovações de maior grau de novidade (BRASIL, 2009).

A inovação é a introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços. Entre as várias possibilidades de inovar, existem aquelas que se referem a invenções de produtos, processos e serviços que são conhecidas como inovações tecnológicas. Essas inovações são capazes de gerar vantagens competitivas a médio e a longo prazo e tornam-se essenciais para a sustentabilidade de várias organizações. Inovar gera a capacidade de agregar valores aos serviços e produtos comercializados, torna o mercado um ambiente altamente competitivo (REIS, 2004).

A inovação tecnológica tem estado cada vez mais presente no mundo globalizado, particularmente no Brasil, esse tipo de inovação está associado a uma das características da indústria brasileira que é a de produtos ainda com pouca diferenciação e baixo nível de incorporação de tecnologias (REIS, 2004).

Segundo Reis (2004), inovação tecnológica é a introdução no mercado, com êxito, de novos produtos ou tecnologias no processo de produção ou nas próprias organizações.

Para Carneiro (1995), inovação científica e tecnológica é a transformação de uma ideia em um produto vendável novo ou melhorado ou em um processo operacional na indústria ou no comércio, ou em um novo método de serviço social.

Dentre algumas classificações das inovações tecnológicas, as mais utilizadas na literatura são as inovações em produtos e processos e as inovações incrementais e radicais, ou disruptive innovation (CHRISTENSEN, 2002).

A partir da definição de inovações tecnológicas em produtos ou em processos, estas inovações têm sido classificadas em dois grupos específicos: as inovações incrementais e as radicais. Entre os autores, que utilizam esta classificação, estão Carneiro (1995), Leifer et al. (2000), Christensen (2002), O'Connor, Hendricks e Rice (2002), Koberg, Detienne e Heppard (2003), Reis (2004), entre outros.

Segundo Cummins (2003) inovação radical pode ser entendida como a inovação que, baseada em uma novidade tecnológica ou mercadológica, leva à criação de um novo mercado, podendo (ou não) acarretar a descontinuidade (disruption) do mercado existente.

Inovação incremental pode ser definida como: a inovação que incorpora melhoramentos (características técnicas, utilizações, custos) a produtos e processos preexistentes. Algumas expressões que envolvem o conceito de “qualidade” e “altura” da inovação: radical, incremental, imitação, invenção, disruptive, breakthrough, discontinuity, innovation height, novel, novelty, really new, level of newness, innovativeness (CUMMINS, 2003)

As inovações em produtos podem ser subdivididas em produtos tecnologicamente novos e em produtos tecnologicamente aprimorados. Um produto tecnologicamente novo é aquele cujas características tecnológicas diferem dos produtos anteriormente produzidos (OCDE, 2004).

De acordo com Leifer et al. (2000) propriedade intelectual é definida como sendo todas as criações produzidas pelo intelecto humano, consiste na soma de todos os direitos relativos à atividade intelectual humana nos domínios científico, tecnológico, literário e artístico, que possa ser protegida. Deve ser destacado que “ideias” não são protegíveis sob nenhuma forma. A concepção de uma ideia devidamente materializada pode ser protegida conforme a sua natureza.

Patente é um direito temporário concedido pelo Estado para a exploração exclusiva de uma Invenção ou de um Modelo de Utilidade, mediante solicitação de seu titular, em troca da revelação da sua criação, visando o desenvolvimento do país. Trata-se de um privilégio concedido pelo Estado aos inventores (pessoas física ou jurídica) detentores do direito de invenção de produtos e processos de fabricação, ou aperfeiçoamento de algum já

existente e que atendam aos três requisitos básicos: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial (Art. 8º da LPI).

Segundo Phlippen & Riccaboni (2007) novidade é a solução apresentada no pedido de patente para resolver determinado problema técnico deve ser inédita, isto é, não pode ter sido divulgada antes da data do depósito, desta forma, a matéria objeto da pesquisa precisa ser nova, ou melhor, não pode ter sido revelada previamente, seja por via oral, escrita ou seu uso; logo não pode pertencer ao estado da técnica. Ainda segundo os mesmos autores a atividade ou Ação Inventiva são os resultados da pesquisa não podem ser óbvios para um técnico especializado no assunto, ou seja, não podem ser resultantes de uma mera combinação de fatores já pertencentes ao estado da técnica sem que haja um efeito técnico novo e inesperado, nem uma simples substituição de meios ou materiais conhecidos por outros que tenham conhecida a mesma função.

Aplicação Industrial - a invenção deve ter aplicação seriada e industrial em qualquer meio produtivo, ou seja, o invento pode ser fabricado industrialmente (RIBEIRO & TIRONI, 2007).

Um dos gargalos constantes é a lacuna da transferência de tecnologia para a sociedade dos produtos desenvolvidos e apropriados, seja por empresas ou pelo setor acadêmico, seja até por inventores independentes (QUINTELLA et al, 2011).

Para se realizar uma prospecção tecnológica de patentes são necessárias ferramentas e habilidades que, usualmente, não estão ainda bem detalhadas e que não foram incorporadas à formação profissional. A Prospecção Tecnológica deve ser desmistificada, tornando-se ferramenta rotineira, influenciando os processos de tomada de decisão, podendo facilitar a apropriação com qualidade da Propriedade Intelectual (PI) e melhorar a gestão da inovação, ao aumentar o senso crítico e ampliar a visão dos gargalos tecnológicos e das oportunidades a eles associadas em cada aspecto técnico de energia e de preservação do ambiente, além de outras áreas (QUINTELLA et al, 2011).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Caracterização da Fonte de Geração de Efluentes Domésticos e dos Efluentes Provenientes da Bacia Sanitária no Meio Rural Brasileiro e Paranaense

Os resultados dessa caracterização estão dispostos na forma de mapas temáticos. Todos os mapas e análises geoespaciais foram realizadas no software livre QGis 2.8.3. Utilizou-se as malhas da divisão político-administrativa do Estado do Paraná, fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e imagens de satélite de alta nitidez e resolução espacial de 15 metros, fornecidas pelo servidor Openlayers. Todos os dados utilizados são disponibilizados gratuitamente pelos detentores mencionados.

Para a estimativa da população rural brasileira em 2018, foram obtidos os dados dos censos demográficos de 1991, 2000 e 2010 (IBGE), sendo a partir deles gerados os modelos para cada estado da federação (26 estados e 1 Distrito Federal). O ajuste utilizado foi aquele que apresentou um coeficiente de determinação (R^2) quão próximo a 1.

O desenvolvimento da caracterização aqui apresentada ocorreu em duas dimensões, a saber: 1ª Dimensão - Regional, em que os volumes estimados são apresentados por região (norte, sul, nordeste, centro oeste e sudeste); 2ª Dimensão - Local, sendo o estado do Paraná e suas respectivas mesorregiões o foco da análise.

Para a dimensão regional foram confeccionados mapas temáticos identificando a população rural por regiões do território nacional; a produção anual de efluente proveniente da bacia sanitária e a produção de esgoto doméstico sem tratamento.

A estimativa do volume gerado da bacia sanitária em meio rural, aqui definido por volume gerado de águas negras (VAN) foi dada pela Equação 28, sendo expresso em m^3 .

$$VAN_{2018} = \frac{p \times q \times CAN \times 365}{1.000} \quad (28).$$

Sendo: p a população rural do estado estimada em 2018 (hab.); q o consumo per capita de água em 2018 (L/hab.d), estimado a partir de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL) para os anos de 2013, 2014 e 2015 (IN 022); CAN o coeficiente de consumo da bacia sanitária, expresso na forma unitária, em uma residência (0,15) e 365 a quantidade de dias do ano, em que VAN é volume de águas negras (AN) gerado em 2018.

Para a obtenção do volume gerado de efluente doméstico no meio rural que não recebeu nenhum tipo de tratamento (VEDST) foi utilizada a Equação 29.

$$VEDST_{2018} = \frac{p \times q \times CEDST \times 365}{1.000} \quad (29).$$

Assim o VEDST é expresso em (m³), em que nesta expressão p representa a população rural estimada em 2018 (hab.); q é o consumo per capita de água para cada estado da federação em 2018 (L/hab.d); CEDST é o índice de esgoto doméstico que não recebe tratamento, expresso na forma unitária, para esse cálculo foram obtidos os percentuais de tratamento de esgoto doméstico gerado (IN 046), sendo isso feito através da base de dados do BRASIL considerando os anos de 2011 a 2015, onde foram gerados modelos específicos para cada região federativa para a projeção de 2018 e que 365 indica a quantidade de dias ao longo do ano.

Análogo ao procedimento empregado para a dimensão regional executou-se para a dimensão local, sendo feito para cada município do estado do Paraná e, por conseguinte, para cada Mesorregião, contudo para a obtenção do CEDST (índice de esgoto doméstico que não recebe tratamento foi feito o levantamento junto à base de dados do BRASIL para os anos de 2013, 2014 e 2015 para cada cidade paranaense.

6.2 Identificação do Perfil de Utilização de Bacias Sanitárias

Foi confeccionado um formulário para o preenchimento residencial de uso coletivo, considerando a utilização da bacia sanitária ao longo do dia. Os aspectos considerados no formulário foram: o sexo (masculino e feminino), o tipo de usuário (adulto ou criança), turno em que a sanita foi utilizada, sendo manhã (6 às 12H), tarde (12 às 18H), noite (18 às 24H) e madrugada (0 às 6H) e, ainda, o tipo de utilização: micção (1), defecação (2) ou combinados (3). O formulário ficou por uma semana em cada residência visando verificar a variação temporal do uso da BS. O formulário aplicado na pesquisa está no Apêndice 1 dessa tese.

Dos 50 formulários distribuídos entre alunos da UNIOESTE, campus Toledo e alunos da UTFPR, campus Medianeira, somente 20 foram devolvidos, dos quais 3 homens e 17 mulheres. Os resultados são descritos na forma percentual através de gráficos e tabelas.

6.3 Caracterização das Fezes Humanas

6.3.1 Obtenção do Material Fecal

A Figura 13 apresenta o método de coleta e acondicionamento das fezes.

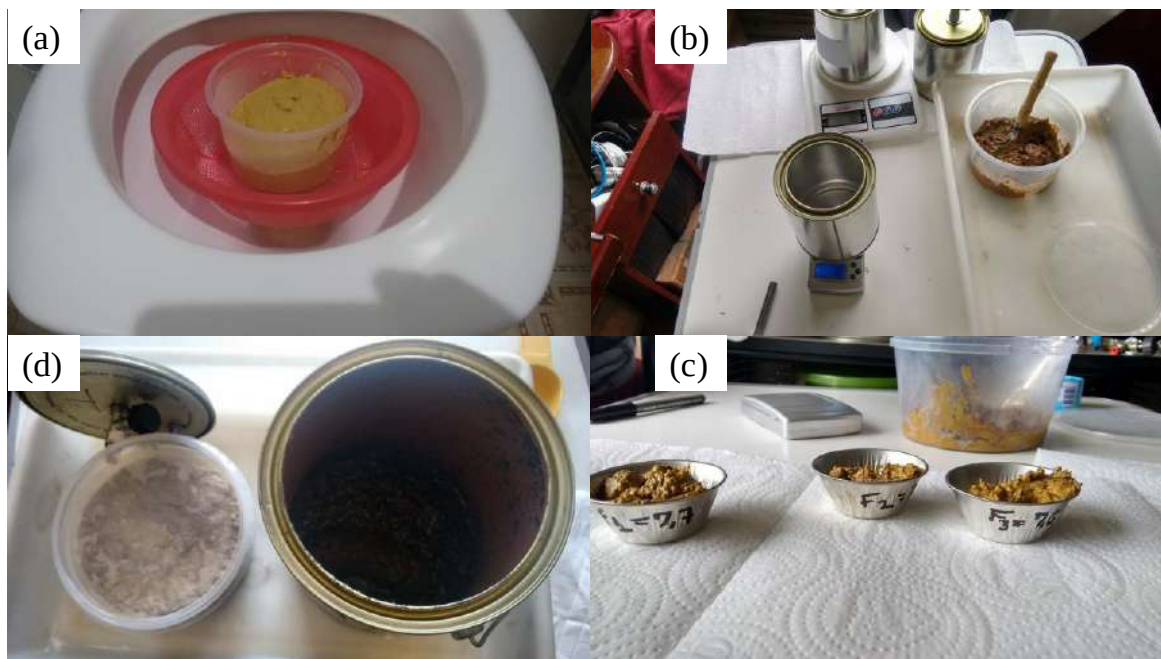


Figura 13: (a) Coleta de Material Fecal, (b) Pesagem do Material coletado, (c) Preparo de Aliquotas Fecais e, (d) Acondicionamento nos Biodigestores.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Para o desenvolvimento do estudo foi definido um único indivíduo fornecedor de material fecal, considerando a variabilidade dos tipos de fezes humanas, sendo oriundo de uma residência unifamiliar, composta por três indivíduos. A escolha do fornecedor de material fecal considerou os seguintes aspectos: disponibilidade de fornecimento de fezes – quantidade razoável por defecação, defecação diária, consistência das fezes e ausência de episódios diarreicos. As amostras consideraram sempre a primeira defecação diária e eram coletadas em recipientes plásticos para posterior caracterização e encaminhamento para o aparato experimental.

6.3.2 Aparato Experimental

As fezes foram inseridas em quatro biodigestores onde foram verificadas inicialmente o teor de umidade (U) e sua massa específica (μ). Esses reatores, em escala

reduzida, eram cilíndricos regulares retos com as seguintes dimensões: raio da base inferior (r)= 0,05 m; altura útil (h)=0,10 m, como pode ser observado na Figura 14.

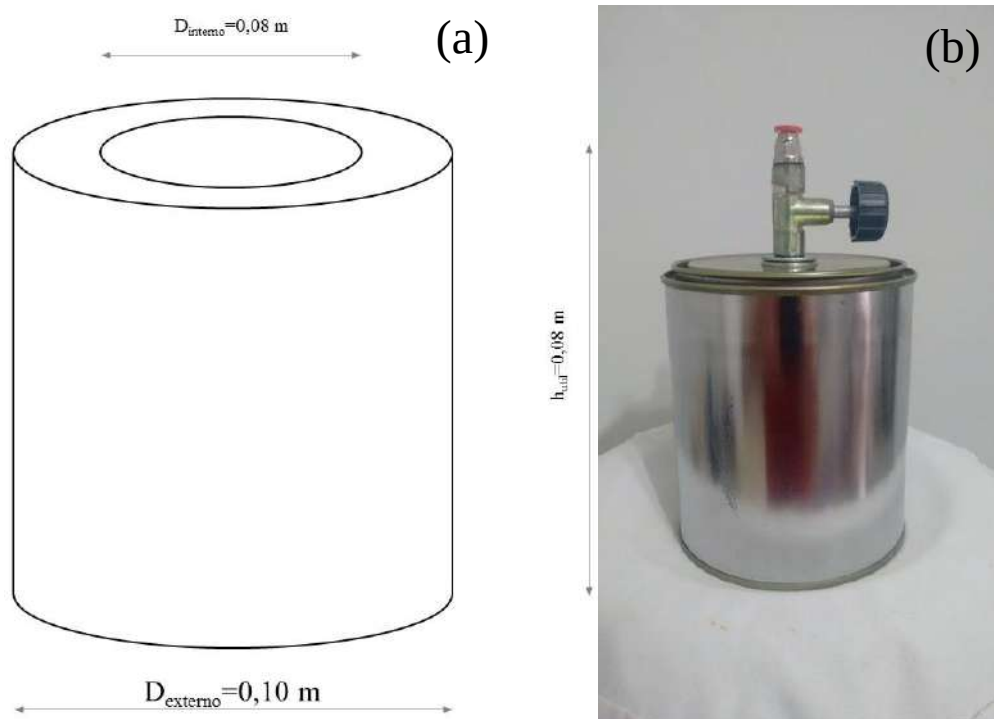


Figura 14: (a) Dimensões e Geometria do Mini Reator e, (b) Imagem Ilustrativa do Mini Reator.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As fezes coletadas foram armazenadas nos reatores em tempos de digestão distintos, com origem e procedência similares, como anteriormente citado. Os reatores ficaram dispostos a temperatura ambiente, onde eram medidas as médias diárias das temperaturas no local e foram operados em regime de batelada. A diferença entre as quantidades fecais é função do volume produzido na primeira defecação diária do gerador/fornecedor.

A Tabela 10 apresenta a massa fecal inserida em cada reator e suas massas específicas.

Tabela 10: Massa de Fezes Inseridas nos Biodigestores com os Respectivos Tempos de Digestão.

Nomenclatura	Tempo de Digestão (d)	Massa Fecal (g)
BD5	0	214,27
BD4	30	344,2
BD3	67	258,3
BD2	146	169,3
BD1	157	175,9

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.3.3 Testes e Ensaio

Após o período de digestão indicado acima as amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 horas e posteriormente encaminhadas para as análises de Energia Dispersiva de Raios X (EDS), fluorescência de Raios X (XRF), análise termogravimétrica (TGA) e Espectroscopia com Reflectância Total Atenuada no Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR-ATR.

A Figura 15 mostra as amostras nos biodigestores após o período de digestão e após a secagem em estufa.

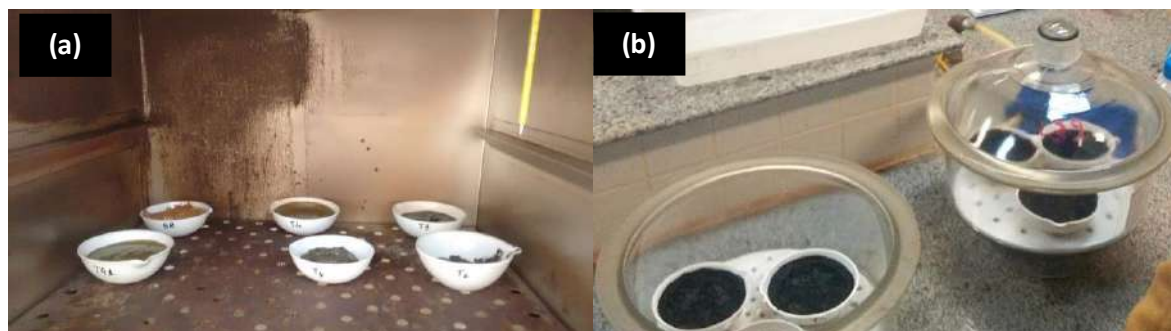


Figura 15: (a) Amostras Fecais em Processo de secagem após digestão; (b) Amostras de Fezes Humanas Secas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Uma síntese dos ensaios realizados, bem como o local de realização é mostrada na Tabela 11.

Tabela 11: Síntese Metodológica Aplicadas a Caracterização das Fezes Humanas.

Características	Método
Massa específica	Gravimetria ³
Teor de Matéria Orgânica	Análise Termogravimétrica (TGA) ³
Identificação de fases cristalográficas	Difratometria de Raios X – DRX ²
Análise molecular de superfície	Espectroscopia com Reflectância Total Atenuada no Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR-ATR ³
Composição química elementar	Espectroscopia de Fluorescência de Raios X – FRX ¹ Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X – EDS ³
Morfologia e topografia da superfície	Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV ³
Biogás	ENGEZER ³ Cromatografia Gasosa com TCD –CG-TCD ³
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massa - CG/MS ²

¹ Análise realizada nos laboratórios da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

² Análises realizadas nos laboratórios da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA)

³ Análises realizadas nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.3.3.1 Gravimetria

A técnica de gravimetria foi usada para se obter a massa específica das fezes a serem digeridas. Nesse sentido foi utilizado o princípio do volume do líquido deslocado, sendo adicionada em proveta graduada de 500 mL uma massa conhecida de fezes humana em água, aferindo-se o volume de líquido deslocado na proveta após a inserção de massa de fezes conforme a Figura 16.



Figura 16: Método Gravimétrico para Obtenção da Massa Específica das Fezes Humanas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Para obtenção do teor de umidade da matriz fecal foram verificados os teores de umidade das amostras inseridas no reator e após o processo de digestão, sendo realizadas pela diferença das massas após secagem em estufa a 105°C por 24 horas. O ensaio foi realizado em triplicata para cada alíquota de fezes, onde a Figura 17 apresenta a obtenção do teor de umidade das fezes humanas.



Figura 17: (a) Resíduo Umido e, (b) Resíduo Seco Submetido a Pesagem - Método Gravimétrico para Obtenção do Teor de Umidade do Resíduo Fecal.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.3.3.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

As curvas TGA foram obtidas com a utilização do equipamento marca Perkin Elmer, modelo STA 6000, com vazão do gás de 100mL.min⁻¹. A razão de aquecimento usada foi de 20°C.min⁻¹. As massas das amostras ficaram em torno de 7mg. As temperaturas inicial e final foram, respectivamente, 45°C e 900°C, sob atmosfera de ar. O ensaio foi realizado no laboratório de caracterização de materiais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira, e o equipamento utilizado é apresentado na Figura 18.



Figura 18: Equipamento de Análise Termogravimétrica – TG.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A termogravimetria (TGA) é a técnica termoanalítica que acompanha a perda e/ou ganho de massa na amostra em função do tempo (t) ou da temperatura (T). A Termogravimetria Derivada (DTG) é um arranjo matemático em que é registrada a variação da massa em relação ao tempo ou a temperatura (dm/dt ou dm/dT). Considerando tal ensaio foi permitido a obtenção de importantes variáveis no processo de degradação das fezes humanas, a saber:

6.3.3.2.1 Teor de Carbono Orgânico Total (COT)

Objetivando a determinação do teor de carbono orgânico total nas amostras fecais foi realizada por uma adaptação do Método estabelecido por Segnini et al (2008). O teor de COT, em percentual, foi obtido a partir das curvas de termogravimétrica dada pela perda de massa para as temperaturas entre 100 e 300 ° C através da Equação 30.

$$COT (\%) = \frac{[(m_{T_{300^{\circ}C}} - m_{T_{100^{\circ}C}}) - 0,29]}{3,72} \quad (30).$$

6.3.3.2.2 Caracterização da Decomposição Térmica

A caracterização da decomposição térmica permite ilustrar o comportamento das fezes humanas frente a um tratamento térmico indicando, através da curva termogravimétrica (TG), em quais temperaturas ocorrem os processos: de desidratação ou perda de água; a temperatura de início de combustão ou início matemático (T_{onset}); temperatura de ignição (T_i), temperatura do final da combustão ou final matemático ($T_{burnout}$) e temperatura final de pico (T_f), bem como as perdas de massa associadas a cada um desses processos.

A Figura 19 ilustra um diagrama termogravimétrico típico das regiões características, obtido em atmosfera de combustão convencional (20% de O_2 e 80% N_2).

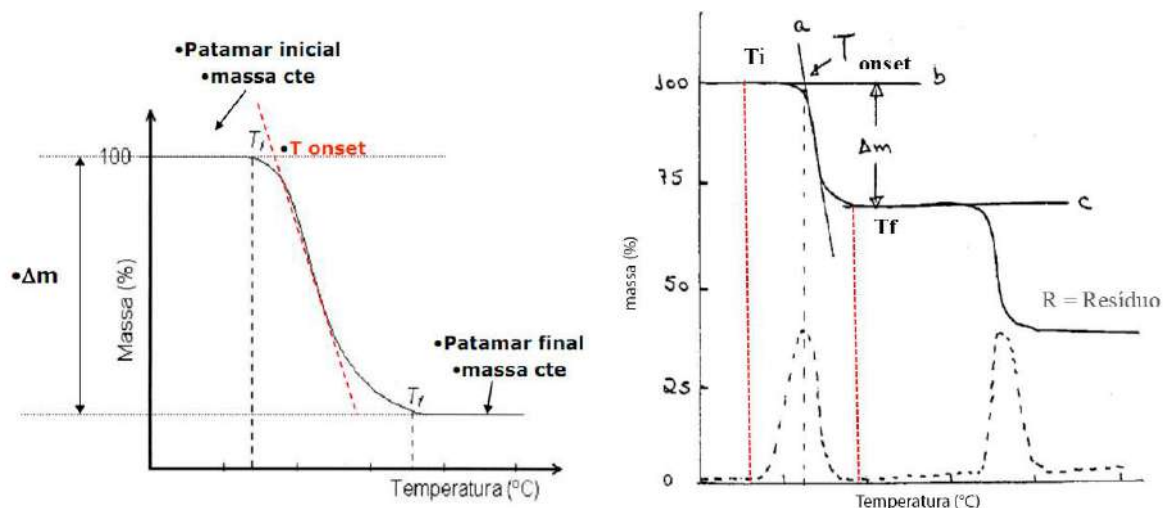


Figura 19: Pontos Característicos de uma Curva Termo Gravimétrica (TG).
(CANEVALORO JR, 2004).

6.3.3.3 Fluorescência de Raios X (FRX)

As análises espectrométricas foram realizadas no laboratório de central Analítica, pertencente ao programa de pós-graduação em Engenharia Química da UNIOESTE, campus Toledo, com o objetivo de identificar metais pesados nas fezes. Para as análises foi utilizada a técnica de espectrometria de fluorescência de Raios X por reflexão total, chamada também de TXRF (Total Reflection X-Ray Fluorescence), que permite a análise multielementar e simultânea, utilizando, para tanto, um espectrômetro da marca Bruker, modelo S2 PICOFOXT (Figura 20(a)).

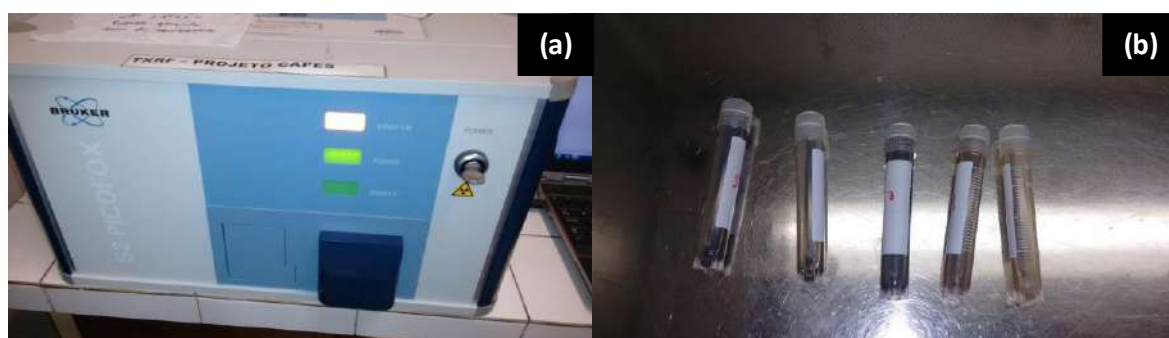


Figura 20: (a) Espectrômetro de Fluorescência de Raios X; (b) Amostras Diluídas e Preparadas para Leitura.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Como o intuito do trabalho era quantificar os elementos das amostras e não apenas identifica-los foi necessária a utilização de padrão interno. Realizou-se então uma análise prévia da amostra sem nenhum padrão para observar se o elemento escolhido estaria ou

não presente na amostra in natura. Quando não ocorre a identificação do elemento escolhido para padrão interno dentro da amostra ele mostra-se adequado para o uso. Depois da análise prévia foi verificada, então, a possibilidade de uso do elemento Gálio. Foi adicionada nas amostras um volume de 10 ml da solução de Gálio. A solução do padrão interno possuía concentração de 1 g.L^{-1} , resultando, portanto, em uma massa de Gálio de 10 μg dentro da amostra.

Além de possibilitar a quantificação dos demais elementos o padrão interno tem como objetivo corrigir instabilidades do sistema, como a oscilação na geração, emissão e detecção dos Raios X, bem como problemas de posicionamento (MOREIRA et al., 2006). Após a adição do padrão interno houve a homogeneização da solução por meio de agitação lenta, evitando a formação de espuma e bolhas.

Após homogeneização foram pipetados 5 μL das amostras sobre o centro de discos de quartzo, específicos para a leitura no espectrofotômetro, limpos e preparados de antemão. Em seguida houve a secagem dos discos em capela de fluxo laminar, a temperatura ambiente pelo período de 12 a 24 horas, com o intuito de diminuir a contaminação pela deposição de material particulado presente no ambiente. Os discos de quartzo utilizados para leitura possuem 30 mm de diâmetro e 3 mm de espessura (BRUKER NANO GMBH, 2013).

Para o preparo das amostras líquidas foi adicionado o volume de 50 ml de solução padrão de gálio (1 g.L^{-1}) a 950 ml de efluente (Figura 21(b)) (DE PAULI, 2018).

Para a limpeza dos discos foi utilizado primeiramente álcool isopropílico visando a retirada da camada de amostra anterior, depois os discos foram submergidos com o uso de um suporte em solução RBS 5% (agente desgordurante) sob aquecimento de 80°C pelo tempo de 30 minutos.

O controle do equipamento é realizado totalmente pelo software de mesmo nome (S2 PICOFOX), o qual realiza as mudanças de corrente necessárias para as análises. O equipamento possui o ânodo do tubo de Raios X de Molibdênio, com detector XFlash® com sistema de refrigeração Peltier, sendo detectados elementos com resposta de até 20 keV de energia.

Com a análise de fluorescência de Raios X, pôde-se determinar a presença de vários elementos, inclusive alguns metais. Esta análise é aplicada apenas na superfície da amostra. Trata-se também, de uma análise qualitativa, cujo resultado é uma porcentagem

relativa dos metais detectados, possibilitando a detecção de contaminantes desse tipo de resíduos e, por conseguinte, seus intervenientes de uso.

6.3.3.4 Espectroscopia de Transmissão Vibracional no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A realização desse ensaio identifica os grupamentos funcionais existentes nas fases da digestão anaeróbia das fezes. Tal identificação permite a compreensão da via de oxidação das fezes e os compostos odoríferos existentes na matriz fecal.

Foram realizados ensaios de Espectroscopia com Reflectância Total Atenuada no Infravermelho com Transformada de Fourier – FTIR, nas diferentes amostras digeridas, ou seja, para diferentes períodos de digestão das fezes. As análises foram conduzidas em um Espectrômetro de Infravermelho com transformada de Fourier com acessório de Reflectância Atenuada Total Universal para análise de sólidos e líquidos (UATR) marca PerkinElmer, modelo “FTIR Spectrum 100S”

As condições de ensaio para avaliação da espectroscopia de infravermelho compreenderam a seguinte especificação: Faixa de aquisição: 4000 a 400 cm^{-1} ; Resolução: 4 cm^{-1} ; Número de varreduras (scans): 16; e acessório óptico: Pastilha de brometo de potássio.

O ensaio para determinar a identificação dos materiais por espectroscopia de infravermelho foi realizado conforme a norma ASTM E1252 (2002). Uma pequena quantidade de fezes foi misturada e macerado com KBr, a mistura foi comprimida em pastilha com prensa hidráulica a 7000 kg de força. A pastilha preparada foi levada ao equipamento para aquisição do espectro. Isso ocorreu para os diferentes estágios de digestão anaeróbia.

A Figura 21 apresenta o espectrômetro de infravermelho utilizado na pesquisa.



Figura 21: Espectrômetro de Infravermelho com transformada de Fourier FTIR.
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.3.3.5 Microscopia Eletrônica de Varredura com Detecção de Energia Dispersiva de Raios X (MEV-EDS)

Os equipamentos utilizados para a caracterização química e morfológica de superfície do resíduo fecal corresponderam ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) marca Tescan, modelo VEGA 3 (Figura 22 (a)), com detector de energia dispersiva de raios X (EDS) marca Oxford. As amostras foram analisadas primeiramente na condição original, sendo realizada a avaliação química superficial nesta condição, após isso a amostra foi metalizada com o auxílio de um Sputter coater (Figura 22 (b)) por deposição de uma camada de Au-Pd de 10 nm de espessura a fim de permitir a realização de melhores imagens a grandes ampliações. As amostras passaram por um procedimento de fragmentação em tamanhos de 10 mm de diâmetro para serem colocadas no porta amostras do equipamento de microscopia (Figura 22 (c)).

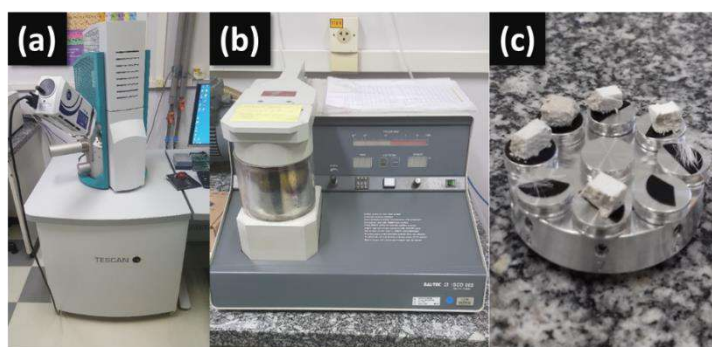


Figura 22: (a) Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) marca Tescan, modelo VEGA 3; (b) Sputter coater para Preparação de Amostras Não Condutoras; (c) Fragmentos de Superfícies Dispostas no Porta Amostras para Análise de Microscopia Eletrônica.

Fonte: Lied (2018).

6.3.3.6 Microbiologia e Parasitologia

Antes do desenvolvimento dos experimentos e do preparo das amostras em estufa, alíquotas fecais foram acondicionadas e transportadas, em meio Cary Blair, para um laboratório particular de análises clínicas objetivando identificar organismos patogênicos.

A finalidade da cultura de fezes é identificar germes patogênicos causadores de quadros de diarreia aguda ou crônica. São considerados germes enteropatogênicos mais frequentes: *E. coli* invasora, *E. coli* enteropatogênica, enterotoxigênica e enterohemorrágica, *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Yersinia* e *Aeromonas*. O método empregado para a identificação desses microrganismos foi a cultura em meios seletivos e enriquecedores. Isolamento e série bioquímica. Soro aglutinação e imunofluorescência direta e indireta (BOPP et al., 2003).

Os métodos empregados na identificação de doenças parasitárias no resíduo fecal estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Método do Exame Parasitológico.

Método	Princípio	Objetivo
Hoffmann, Pans e Janer	Sedimentação espontânea	Permite a identificação de doenças parasitárias, a partir da visualização de ovos pesados, cistos de protozoários e larvas de helmintos.
Ritchie	Sedimentação forçada	
Willis	Flutuação espontânea	Permite a identificação de ovos leves, principalmente ancilostomídeos.

Fonte: Adaptado de Coleho & Carvalho (2005).

6.3.4 Digestão Natural de Fezes Humanas

Para a avaliação da degradabilidade das fezes humanas ao longo do tempo sob condições ambientais foram verificados: a característica do biogás produzido, e os compostos orgânicos voláteis (COV's) gerados no decorrer desse processo. A tarefa de

caracterizar as substâncias gasosas geradas no processo de digestão anaeróbia das fezes humanas, envolveu etapas de coleta, armazenamento de amostras e posterior análise.

6.3.4.1 Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)

As amostras gasosas foram coletadas com tubos a vácuo com volume de 5,0 mL, junto a cada reator em períodos específicos de digestão, sendo as análises realizadas imediatamente após a coleta. Os períodos de digestão das fezes consideradas foram: 2; 15; 16; 52; 53; 117, 118; 131, 132; 142 e 143 dias. Os compostos que foram considerados nesse trabalho foram aqueles que apresentaram probabilidade de ocorrência igual ou superior a 90% no modo scan.

As análises foram feitas em cromatógrafo gasoso acoplado à espectrômetro de massas ou gás (GC/MS) marca Agilent, da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, no Laboratório Multiuso, sob as seguintes condições operacionais: coluna TR-5MS com espessura de 0,25 μm , 30 m de comprimento e diâmetro de 0,25 mm; a qual foi submetida a uma temperatura inicial de 40 °C por 5 min, seguida de uma rampa de aquecimento sob uma taxa de 5 °C min^{-1} até atingir 300°C, na qual permaneceu por 30 min. A fonte de íons foi mantida a 230°C e a interface a 250°C, sendo a análise realizada no modo scan adquirindo massas no intervalo de 25-533 m/z. O cromatógrafo gasoso da UNILA empregado nesse estudo está representado na Figura 23.

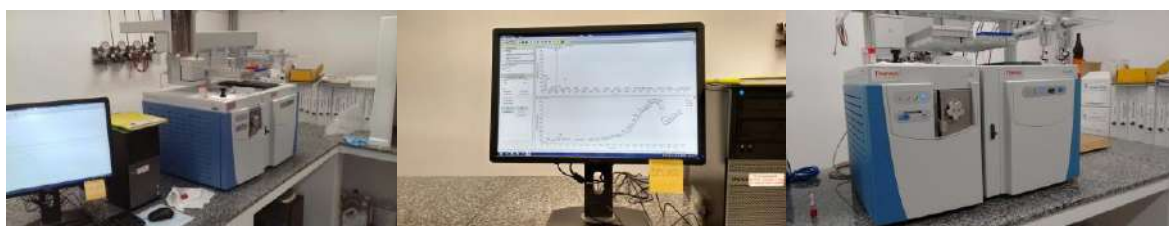


Figura 23: Cromatógrafo Gasoso Acoplado à Espectrômetro de Massas ou Gás (GC/MS).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.3.4.2 Biogás

Para esse experimento as amostras eram encaminhadas para o Laboratório de análises cromatográficas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira., que continha o analisador de biogás e o Cromatógrafo gasoso com detector de condutividade térmica (GC-TCD). As análises foram feitas com periodicidade máxima de

uma semana para cada leitura, no analisador de gases e ao 15º e 30º dia de experimento no cromatógrafo gasoso.

As análises do biogás foram feitas em analisador portátil de biogás, marca ENGEZER, modelo GAS3200L, com periodicidade semanal. O aparato experimental para a caracterização do biogás é apresentado na Figura 24.



Figura 24: Analisador Portátil de Biogás ENGEZER – Aparato Experimental.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Cada reator era bombeado pelo ENGEZER em tempos específicos, esses tempos eram função da: vazão de bombeamento ($q_b=0,15 \text{ L.min}^{-1}$), volume total do reator ($V_t=0,7854 \text{ L}$), comprimento da mangueira de sucção ($L_{\text{mangueira}}= 1,60\text{m}$), diâmetro da mangueira de sucção ($d_{\text{mangueira}}= 4 \text{ mm}$), massa específica das fezes e massa das fezes nos reatores. O tempo de bombeamento aplicado em cada reator está descrito na Tabela 13.

Tabela 13: Tempo Médio de Bombeamento Aplicado nos Reatores.

Nomenclatura	Tempo de Digestão (d)	Tempo de Bombeamento (min)
BD5	0	4,1
BD4	30	4,2
BD3	67	3,5
BD2	146	3,0
BD1	157	3,4

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Em cada um dos dias monitorados foram obtidos a curva de passagem para cada elemento. A disposição dos resultados é apresentada inicialmente em médias com seus respectivos coeficientes de variação (CV), dispostos ao longo do tempo do experimento.

O monitoramento dos gases ocorreu, também, através de cromatografia gasosa. Realizou-se ensaios em Cromatógrafo a gás em forno duplo com detector de ionização em chama, marca Perkin Elmer, modelo “Clarus 680 GC”, onde foram identificadas frações de

nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e vapor d'água (H_2O). Antes das leituras os equipamentos, analisador de gases e cromatógrafo, foram calibrados com biogás padrão onde as concentrações dos gases nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e sulfeto de hidrogênio (H_2S) eram conhecidas, a saber: CH_4 (65%); CO_2 (29%); H_2S (7%) e O_2 (41%).

A Figura 25 ilustra o recipiente contendo biogás padrão.



Figura 25: Biogás Padrão Utilizado para Calibração de Equipamentos.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Essa análise ocorreu para a aferição da precisão do analisador ENGEZER. Para isso, foi utilizada uma coluna empacotada Plot Q, utilizando-se Hélio como gás de arraste a uma vazão de $30,0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ e uma rampa de aquecimento que permanece numa temperatura de $32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ nos 3,5 min iniciais, aumenta de $32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ até $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ numa taxa de $20 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$, ao chegar em $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e permanece nesta temperatura por mais 2 min. Todas as análises foram realizadas em triplicatas. Foi injetado um volume de $200 \text{ } \mu\text{L}$ de biogás em cada análise utilizando-se de uma seringa da marca Hamilton, modelo 1750RN SYR ($22/2''/2$ com capacidade de $500 \text{ } \mu\text{L}$). A Figura 26 ilustra o cromatógrafo gasoso utilizado nesse trabalho.



Figura 26: Cromatógrafo Gasoso com Detector de Condutividade Térmica Utilizado na Caracterização Gasosa.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.4 Caracterização da Urina Humana

6.4.1 Caracterização Físico-química

Essa caracterização visa identificar os principais constituintes da urina e, por conseguinte, os possíveis contaminantes do meio, sendo possível, hipotetizar as alternativas de tratamento ou de intervenções que venham a minimizar esses constituintes poluidores. As análises laboratoriais foram realizadas em laboratório particular na cidade de Foz do Iguaçu - Nucleotec. Para a caracterização da urina humana foram coletadas amostras de urina ao longo de 30 dias sendo avaliados os parâmetros da Tabela 14.

Tabela 14: Parâmetros e Métodos empregados na Caracterização da Urina Humana.

Parâmetro	Método
Oxigênio Dissolvido (OD)	Determinação direta com sonda
pH	
Temperatura (T)	
Condutividade Elétrica	
Salinidade	
Sólidos totais dissolvidos	Gravimétrico
Sólidos Totais	
Sólidos Sedimentáveis (MS)	
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	
Cor	Nefelométrico
Turbidez	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO)	Determinação via ácida
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico
Nitrogênio Amoniacal Total (NH ₃)	Destilação
Fósforo Total (P)	Ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido
Cálcio	Espectrometria de emissão atômica ICP_AES

Fonte: Adaptado de APHA (1995).

6.4.2 Caracterização do Armazenamento/Estocagem

Visando verificar o efeito da estocagem e/ou armazenamento da urina sobre os parâmetros físico químicos e de possíveis poluentes existentes na urina foi realizado um experimento que consistiu na simples estocagem/armazenamento da urina sob condições naturais e a aferição dos parâmetros citados na Tabela 14 ao longo de 30 dias. Essa urina foi coletada em alíquotas de 1.500mL e analisada a cada dois dias. O método das fitas também foi aplicado nesse estudo para a realização do ensaio clínico.

Foi realizada uma análise clínica da urina, urinálise, onde foram obtidas a densidade aparente, Leucócitos, Hemoglobina, nitrito, proteína, bilirrubina, corpos cetônicos, glicose e urobilinogênio (parâmetros clínicos) realizado pelo método semiquantitativo das fitas.

A Figura 27 mostra um resumo pictórico da análises de urina humana realizado pelo método das fitas.



Figura 27: Representação Pictórica da urinálise – Método das Fitas (EAS).
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.5 Caracterização dos Resíduos Combinados (Urina e Fezes)

Objetivando a caracterização das fezes combinadas a urina, foi confeccionado um experimento que consistia da montagem de uma solução composta por uma massa conhecida de fezes e outra de urina.

As amostras foram coletadas frescas e estocadas com investigação diária dos parâmetros auxiliares: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), temperatura (T), condutividade elétrica (CE), sólidos dissolvidos totais (TDS) e salinidade (SAL) ao longo de 30 dias.

O monitoramento diário foi realizado em uma composição que seguiu a proporção de 290 g de fezes (31,9%) para 618 mL de urina (68,1%) denominada de amostra UF1.

A amostra final, denominada UF2, confeccionada ao final dos 30 dias de experimento seguiu a relação de 93,7 g de fezes (31,9%) e 200 mL de urina (68,1%) o que caracteriza a mesma relação ao início e ao término do experimento.

No início e no término do experimento foram medidas as concentrações de DQO; DBO; SSV e ST em conformidade ao método citado na Tabela 14.

6.6 Caracterização do Efluente Gerado na Bacia Sanitária – Águas Negras

6.6.1 Caracterização Qualitativa

6.6.1.1 Amostragem

Para obtenção das amostras de águas negras foi confeccionado um banheiro móvel com uma bacia sanitária com caixa acoplada de flush único de capacidade de 6L/flush (descarga), sendo mostrado na Figura 28.

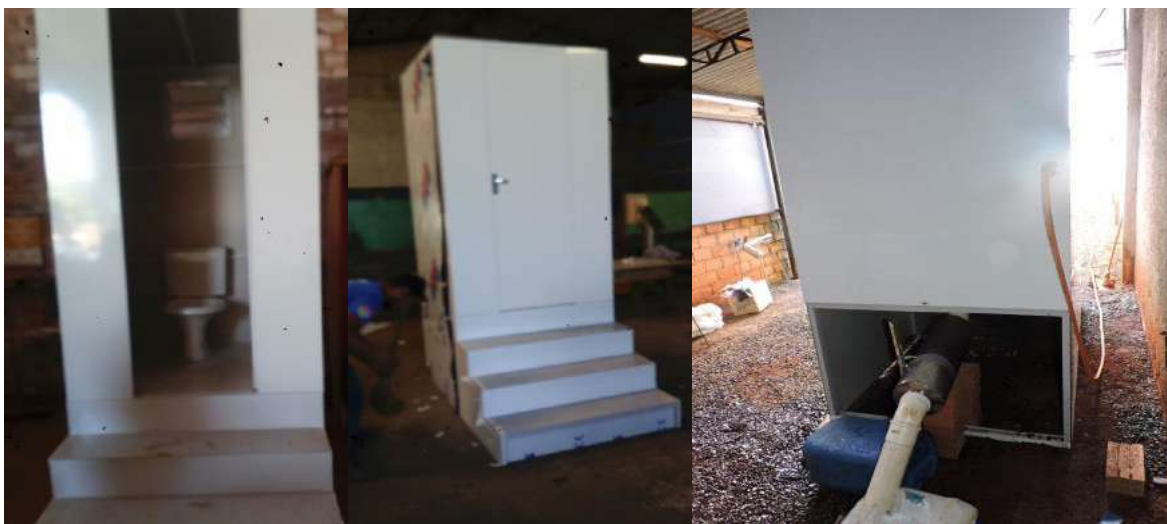


Figura 28: Banheiro Móvel para o Monitoramento de Águas Negras.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O banheiro móvel foi instalado na Metalúrgica Pico, empresa localizada na cidade de Foz do Iguaçu/PR, parceira desse projeto sendo utilizada diariamente pelos funcionários da mesma.

A amostra foi obtida ao longo de ciclos de 24 horas com usos mínimos de três descargas para cada amostra. Imediatamente após a coleta as amostras preservadas foram encaminhadas para laboratório particular, Nucleotec.

6.6.1.2 Variáveis Analisadas e Métodos Analíticos Empregados

As variáveis, os métodos analíticos empregados na caracterização das águas negras estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15: Variáveis e Métodos da Caracterização das Águas Negras e Métodos Associados.

Variáveis	Método
Oxigênio Dissolvido (OD)	Determinação direta com sonda multiparamétrica
pH	
Temperatura (T)	
Condutividade Elétrica	
Salinidade	
Sólidos totais dissolvidos	
Sólidos Totais	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis (MS)	
Sólidos Voláteis	
Cor	Nefelométricas
Turbidez	
Alcalinidade	Titulométrico
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	Colorimétrico
Nitrogênio Amoniacal Total (NH ₃)	Destilação
Nitrogênio Total Kjeldal (NTK)	Semi-microkjedal
Fósforo Total (P)	Ácido ascórbico pela oxidação em meio ácido
Coliformes termotolerantes	Membrana filtrante
Coliformes Totais	
E. Coli	Colilert ou Filtração em membrana utilizando meio de cultura o Chomocult Coliformen ® Agar / Tubos múltiplos

Fonte: Adaptado de APHA (1995).

6.6.1.3 Tratamento dos Dados

Uma análise exploratória foi implementada nos resultados obtidos e foram expressos na forma de média $\pm$ desvio padrão, com respectiva indicação da dispersão relativa, ou seja, a indicação do grau de variabilidade dos resultados em torno de um valor de tendência central, no caso, a média. Para variáveis exponenciais tais como a colimetria, as medias aplicadas foram as médias geométricas, sendo os resultados expressos de forma análoga as demais variáveis.

6.6.2 Atenuação Natural

Ainda no sentido de obter parâmetros de projeto que permitissem o desenvolvimento e preposição da tecnologia alternativa (concepção, dimensionamento, construção e

operacionalização) foi realizado um experimento de caracterização do processo de digestão anaeróbia das águas negras, sob condições naturais e/ou ambientais, ao longo de 30 dias.

O experimento consistiu em avaliar o comportamento das águas negras ao longo do tempo sob condições ambientais, ou seja, sem o controle das variáveis que interferem no processo, para isso uma composição de água, urina e fezes foi composta artificialmente em um recipiente plástico com posterior homogeneização, para simular o vórtice da bacia sanitária. As amostras ficaram dispostas ao ar livre ao longo do período do experimento, no caso, 30 dias.

6.6.2.1 Confeção e Acondicionamento de Águas Negras

As amostras foram confeccionadas a partir da primeira defecação e micção do indivíduo colaborador e misturadas a 6 L de água, de acordo com Figura 29.

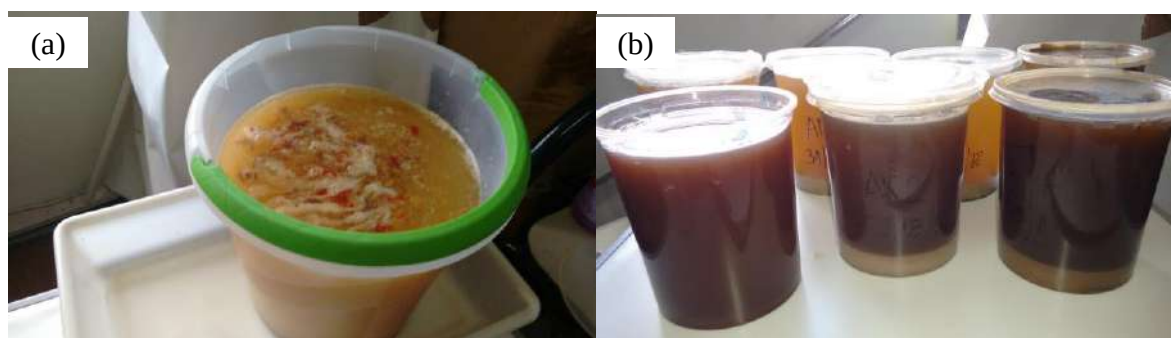


Figura 29: (a) Confeção de Águas Negras e (b) Acondicionamento de Águas Negras para o Processo de Atenuação Natural.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Em seguida uma alíquota de 1.500 mL foi coletada e acondicionada em recipiente fechado.

As amostras ficaram dispostas ao ar livre ao longo do período do experimento, no caso, 30 dias.

A Tabela 16 apresenta a nomenclatura da amostra, o tempo de digestão e composição das amostras geradas.

Tabela 16: Identificação e Constituição das Amostras de Águas Negras

Amostra	Tempo (d)	Massa Fecal (g)	Volume de Urina (mL)
AN1	30	233,2	92
AN2	28	97,3	340
AN3	23	233,6	340
AN4	16	237,9	340
AN5	9	237,3	340
AN6	2	129,6	340
AN7	0	239,4	340

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.6.2.2 Plano de Monitoramento

A indicação da frequência e as variáveis monitoradas são descritas na Tabela 17.

Tabela 17: Plano de Monitoramento para a prova de Atenuação Natural de Águas Negras.

Variáveis	Frequência
Oxigênio Dissolvido (OD)	Diária
pH	
Temperatura (T)	
Condutividade Elétrica	
Salinidade	
Sólidos totais dissolvidos	
Sólidos Totais	0, 2º, 9º, 16º, 23º, 28º e 30º d
Sólidos Suspensos Voláteis	
Cor	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	
Nitrogênio Amoniacal Total (NH ₃)	0, 28º d
Fósforo Total (P)	
Potássio	
Coliformes termotolerantes	
E. Coli	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Desta forma os resultados são apresentados na forma gráfica objetivando avaliar a evolução temporal dos constituintes das águas negras, concomitante, a uma análise de correlação entre as variáveis e parâmetros vislumbrando a identificação do efeito de cada variável sobre a outra e a natureza da interferência.

A evolução dos parâmetros ao longo do tempo apresentados graficamente permite a compreensão da remoção e/ou geração de matéria carbonácea nas águas negras possibilitando a intervenção e, por conseguinte, a otimização do processo de digestão anaeróbia, quando a preposição de uma nova tecnologia.

6.7 Prospecção Tecnológica de Métodos, Processos e Tecnologias e sua Sistematização das Vantagens, Desvantagens e a Especificação do Estado da Arte

6.7.1 Prospecção em Bancos de Patentes

A prospecção tecnológica tem como objetivo fundamentar e contextualizar a proposta de inovação a qual está inserido esse plano de trabalho. A tarefa de prospectar procura fornecer um direcionamento ao campo onde seja possível identificar e constatar os potenciais de inovação em torno da temática que está sob pesquisa. Desta forma, são apresentados alguns dados e informações que ilustram de forma ampla o campo de aplicação da tecnologia de tratamento de águas negras, bem como, as tecnologias empregadas no tratamento de esgotos domésticos no meio rural.

A prospecção de patentes foi realizada nas bases dos principais escritórios de patentes mundial. Em âmbito nacional foram avaliadas junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), em âmbito internacional foram realizadas nas bases *United States Patent and Trademark Office's* (USPTO) e *European Patent Office* (EPO)

Este trabalho foi realizado por meio de uma pesquisa documental exploratória de abordagem quantitativa. A prospecção tecnológica foi realizada com o objetivo de verificar a existência de patentes relacionadas a métodos, processos e técnicas de tratamento de efluente da bacia sanitária as denominadas “águas negras”. As combinações dos descritores acima com os respectivos refinamentos metodológicos permitiram avaliar no âmbito nacional 20 estratégias distintas e no âmbito internacional 16 estratégias diferentes em cada escritório.

Essa realidade levou a necessidade de refinar a busca para documentos específicos a temática sob estudo, o que encaminhou a pesquisa para uma análise crítico analítica das tecnologias investigadas, identificando-se os principais gargalos nelas existentes, com suas principais vantagens e desvantagens de cada invento.

Os descritores, a metodologia e a estratégia empregados para a busca são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Aspectos Metodológicos da Prospecção Patentária.

Escritório	Descritores	Operador booleano AND	Estratégia
INPI	“águas negras” “efluente da bacia sanitária” “efluente do vaso sanitário” “esgoto rural” “residência rural”	“tratamento” “aproveitamento” “reuso” “gerenciamento”	Que contenha todas as palavras no título.
UPSTO	“blackwater” “human waste” “domestic sewage”	and “treatment” and “exploitation” and “reuse”	Todos os campos (1790 até a presente data)
EPO	“rural resident”	and “management”	Pesquisa inteligente

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.7.2 Estado da Arte - Bibliometria

A análise bibliométrica foi realizada na base de dados “Scopus” onde foram utilizadas inúmeras estratégias, sendo as cinco mais importantes apresentadas na Tabela 19. As estratégias foram empregadas no campo “Title, Abstract, Keywords” sem limitação do ano de publicação.

Tabela 19: Critérios de Busca na Base de Dados Scopus.

Estratégia	Descritores	Nº de Publicações
1	Black water OR blackwater	35.512/1.420
2	Blackwater AND treatment AND reuse	323/91
4	Blackwater AND management	469
5	Blackwater AND anaerobic digestion	41

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.8 Desenvolvimento da Tecnologia Alternativa para o Tratamento dos Efluentes Gerados na Bacia Sanitária por Meio do Planejamento, Projeto e Construção de um Protótipo

6.8.1 Planejamento

Para o desenvolvimento do projeto, foi firmada uma parceria público-privada. Nesse contexto o núcleo das metalúrgicas de Foz do Iguaçu se apresentou como o colaborador tecnológico da referida parceria, com a participação efetiva das empresas: Alffainox, Digitalplus, Metal Laran, Metal Pico e Metalúrgica Oli.

A tecnologia alternativa em desenvolvimento teve como base a Patente da Unioeste-Toledo que foi elaborada junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química fomentada financeiramente pela Fundação Araucária e colaboradores tecnológicos.

6.8.2 Projeto

6.8.2.1 Memorial de Cálculo

A marcha de cálculo aqui considerada foi empregada em função da disponibilidade de área para instalação do sistema, bem como, da logística de análise a serem empregadas na avaliação dos constituintes do sistema.

Para dimensionamento do separador de líquido/sólido de água, urina e fezes (SAUF) foram considerados os parâmetros utilizados no dimensionamento de peneiras estáticas hidrodinâmicas, bem como, as seguintes informações: contribuição total diária dos efluentes da bacia sanitária (Q_m); diâmetro do SAUF (d_{SAUF}); diâmetro de abertura da peneira, ou diâmetro crítico ou de corte (D_c) estabelecido por Silva (2014) e taxa de aplicação superficial (T_{aplic}), obtida por catálogos e manuais de fabricantes de peneiras estáticas hidrodinâmicas e ainda um balanço material representado na Figura 30.

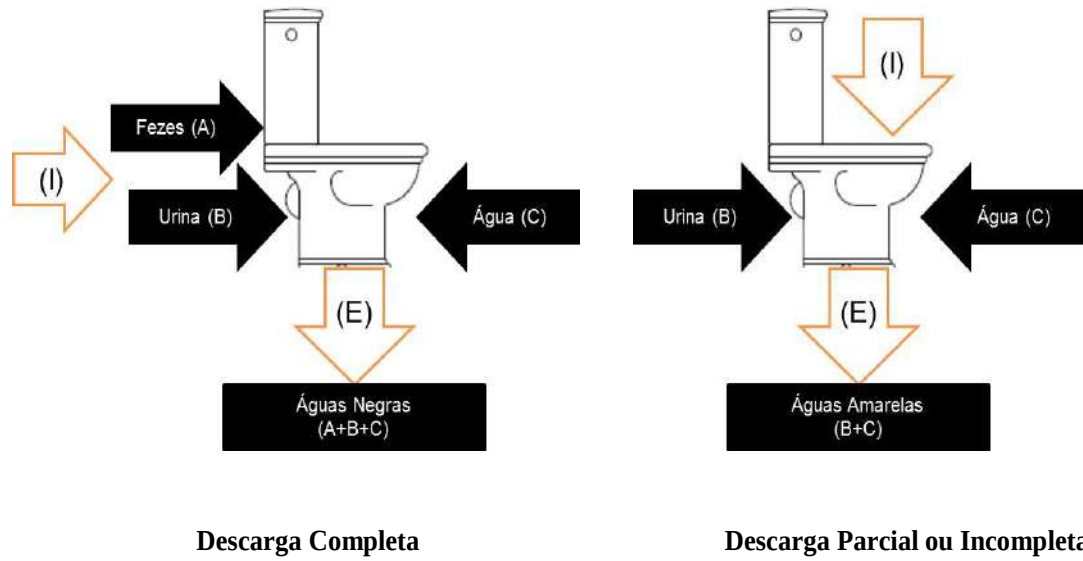


Figura 30: Representação Esquemática do Balanço Material da Bacia Sanitária (BS).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Para o cálculo da área de peneiramento (S_{SAUF}) necessária para o sistema foi empregada a Equação 31, onde a área de peneiramento é dada em m^2 , a taxa de aplicação superficial é dada em $Kg.d^{-1}.m^{-2}$ e Q_m é expressa $Kg.d^{-1}$

$$S_{SAUF} = \frac{Q_m}{T_{aplic}} \quad (31).$$

Para obtenção do comprimento do separador (SAUF) foi aplicada a Equação 32.

$$S_{SAUF} = L \times B \quad (32).$$

L indica o comprimento do separador em m e B a largura do mesmo na mesma unidade.

Os parâmetros de projeto considerados no dimensionamento do biorreator anaeróbio helicoidal (BAH) de fluxo pistão foram: diâmetro (d_{BAH}), Tempo de detenção hidráulico (TDH), eficiência do separador de água, urina e fezes (E_{SAUF}), vazão volumétrica da saída do SAUF na fração grossa ou mesmo vazão volumétrica da entrada do biorreator (Q_G) e massa específica das águas marrons ou massa específica da fração grossa do separador de água, urina e fezes (ρ_G)

A vazão volumétrica na entrada do biorreator foi obtida pela Equação 33, em que Q_G é a vazão volumétrica na saída do separador de líquido/sólido, ou a vazão volumétrica de

entrada do biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão, expressa em m³. V_{BAH} é o volume do biorreator em m³ e TDH é o tempo de detenção hidráulico em dia. (d).

$$Q_G = \frac{V_{BAH}}{TDH} \quad (33).$$

6.8.2.2 Memorial Descritivo

Para o dimensionamento da tecnologia foram considerados os dados obtidos por Silva (2014) em que somente na etapa da identificação dos elementos de melhoria, é que são indicados os principais parâmetros de projeto da tecnologia proposta, isso se justifica pela simultaneidade das etapas do processo, ou seja, o desenvolvimento do protótipo e os estudos científicos ora desenvolvidos.

O sistema é composto por um separador de líquido e sólido, fixado na saída do vaso sanitário seguido de um biorreator anaeróbico de fluxo pistão com tempo de detenção hidráulico estimado em 30 dias.

Os detalhes dessas etapas estão descritos no capítulo de resultados desse trabalho.

6.8.3 Construção e Instalação

Os resultados construtivos estão apresentados na forma de relatório fotográfico, e o conjunto de atividades desenvolvidas na construção dos constituintes do sistema. Sendo desenvolvidas em etapas construtivas por vezes concomitantes ou por vezes sequenciais.

Inicialmente foi construído um separador com material de baixo custo, em seguida, foi construído pela Alfainox, empresa colaboradora, o separador em sua versão inovada.

As versões inovadas seguintes ficaram a cargo da Metalúrgica Pico e foram planejadas e construídas a medida em que os ensaios foram sendo desenvolvidos.

A construção do banheiro móvel ficou sob a responsabilidade de Metalúrgica Flori e Metal Laranjeiras.

A construção do Biorreator Anaeróbio Helicoidal (BAH) em sua primeira versão foi realizado por uma empresa terceirizada da cidade de Toledo e suas versões inovadas foram confeccionadas/adaptadas pela Metalúrgica Pico.

Após a construção do banheiro móvel, o mesmo foi transportado e instalado na empresa Digital Plus considerando a disponibilidade de espaço, onde foram realizados alguns testes preliminares, tais como: vazão da bacia sanitária, caracterização das águas negras em amostras compostas por 24 horas e alguns testes com o separador de água, fezes e urina, já na sua primeira versão inovada.

Nesse momento a versão já incrementada do BAH era confeccionada, onde após sua construção foi detectada a impossibilidade de instalação na mesma empresa.

Assim foi definido que o sistema deveria ser instalado na Metalúrgica Pico face ao maior número de funcionários, área de instalação e maior fluxo dos demais colaboradores.

Para a instalação completa do sistema e por medidas de segurança sanitária foi confeccionada uma fossa séptica no local da instalação do equipamento para o lançamento do efluente final, bem como, de restos de amostras, efluentes de limpeza de recipientes e equipamentos em geral.

6.9 Avaliação e Testagem do Comportamento da Tecnologia Alternativa sob Diferentes Condições Operacionais

Nessa etapa foram avaliados aspectos específicos de cada constituinte do sistema, bem como a eficiência global de funcionamento do mesmo. A descrição dos aspectos avaliados em cada constituinte é mostrada a seguir considerando a Figura 31.

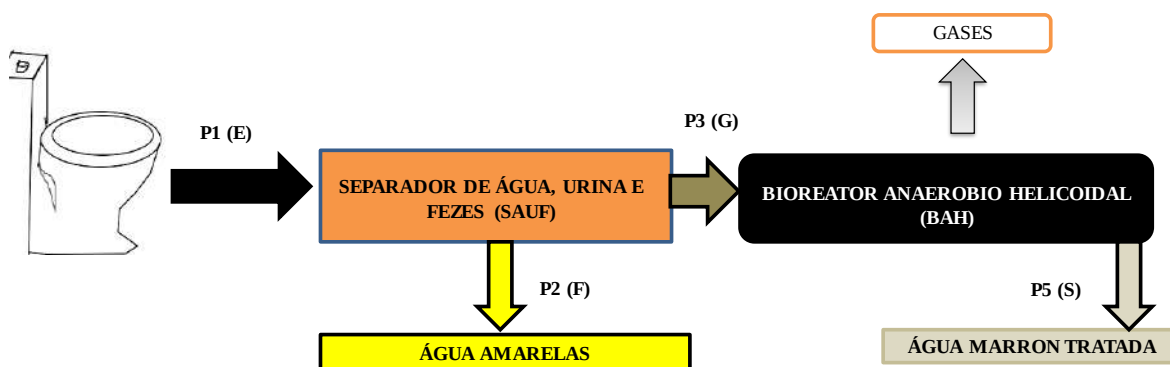


Figura 31: Representação Pictórica dos Pontos de Monitoramento do SAUF.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Na Figura 31 o ponto 1(E) representa a vazão mássica do ponto de entrada do SAUF e, por conseguinte, na saída da bacia sanitária (BS), 2(F) a vazão mássica do ponto de finos do SAUF, ou seja, é a vazão de líquidos e 3(G) é a vazão mássica do ponto de grossos da saída do separador, ou seja, é a vazão de sólidos resultante do processo de separação. A vazão mássica do efluente tratado, ou seja, do efluente após o biorreator anaeróbico helicoidal e representado por 5(S), sendo o efluente gasoso o ponto 4.

6.9.1 Bacia Sanitária (BS)

A bacia sanitária utilizada no experimento foi uma com dual flush, ou seja, com descarga de até 6 L flush completo, e 3 L para flush incompleto, para o caso de micção. A investigação feita na sanita diz respeito a vazão dessa descarga, sendo a mesma regulada para o volume máximo de funcionamento.

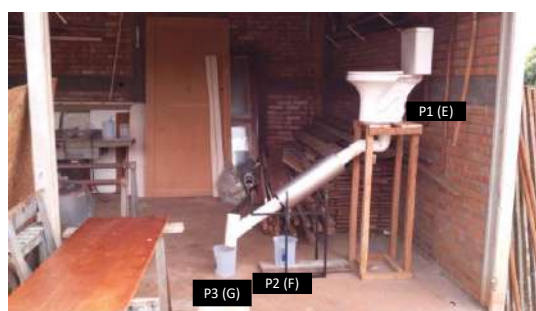
De acordo com a NBR 8160/99 o aparelho sanitário é o aparelho ligado à instalação predial e destinado ao uso de água para fins higiênicos ou a receber dejetos ou águas servidas. Enquanto que bacia sanitária é o aparelho sanitário destinado a receber

exclusivamente dejetos humanos. De maneira geral as bacias sanitárias no comércio nacional possuem o princípio de funcionamento ou por ação sinfônica ou por arraste, com saída horizontal ou vertical, suspensas ou fixas no solo. Para a descarga possuem com válvula de descarga, caixa acoplada e caixa com corda, sendo essa muito utilizada no meio rural.

As caixas de descarga acopladas possuem acionamento simples de 6 L, ou acionamento duplo com uma descarga de 3L, para micção e uma descarga de 6L para defecação. Em relação ao controle da vazão, esses sistemas se apresentaram muito variáveis, ou seja, as descargas de 6 L sempre possuem variação que chegam até a 8L/flush e é muito fácil ocorrer vazamento nesse tipo de bacia, bastante para isso uma certa inclinação na bacia sanitária que alterará o perfil do sifão e, por conseguinte do feixo hídrico, promovendo um vazamento imperceptível no aparelho. As caixas com corda possuem uma variabilidade significativa de volume pois vão desde 6L até 15L (as mais antigas no mercado e pouco utilizadas).

6.9.2 Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF)

Inicialmente verificou-se a eficiência do separador de água, urina e fezes patenteado pela Unioeste, em uma versão 1.1. Assim sendo o objetivo consistiu em verificar qual a eficiência do separador considerando os seguintes aspectos: - Descarga líquida ou incompleta, sem sólidos; - Descarga completa ou com defecação, presença de sólidos e - Efeitos de vazamento, fluxo contínuo. A Figura 32 apresenta uma ilustração desse tipo de ensaio.



Legenda:

- P1 (E): Ponto de entrada no SAUF, saída da bacia sanitária – águas negras;
- P2(F): Ponto de finos, água amarela (água e urina);
- P3(G): Ponto de material grosseiro, sólidos (fezes).

Figura 32: Representação do Ensaio do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O estudo do separador foi realizado considerando os seguintes aspectos: o ângulo de inclinação ou de contato (α), o diâmetro dos furos da peneira ou diâmetro crítico (d_c), o

percentual de massa passante para os pontos de finos e grosso com descarga líquida e com descarga sólida e a eficiência de separação de líquido e sólidos.

Para o cálculo do percentual passante de material em cada ponto temos as Equações 35 e 36:

$$\varepsilon_F(\%) = \frac{m_F}{m_E} \times 100 \quad (35).$$

$$\varepsilon_G(\%) = \frac{m_G}{m_E} \times 100 \quad (36).$$

Onde m_F é a massa em Kg do que passou para o Ponto 2 (F), ou seja, é a saída de águas amarelas do separador, ou ainda, é a massa de líquido após a separação, m_G é a massa em kg do material passante ao Ponto 3(G), isto é, o ponto de saída do material grosso, ou ainda, a saída de material sólido ou semissólido do separador, pode ser considerado como a saída de águas marrons e m_E é a massa total da saída da bacia sanitária expressa em kg, que é a massa de entrada do SAUF.

Para o cálculo da eficiência global de separação foi empregada a Equação 37.

$$\varepsilon_{SAUF}(\%) = \eta_F \times \eta_G \quad (37).$$

Na Equação 40 η_F indica a eficiência de separação de finos expressa em percentagem e representada pela Equação 38.

$$\eta_F(\%) = \frac{F(1-X_F)}{E(1-X_E)} \quad (38).$$

Ainda na Equação 40 η_G representa a eficiência de separação de grossos expressa em percentagem e calculada pela Equação 39.

$$\eta_G(\%) = \frac{G.X_G}{E.X_E} \quad (39).$$

Onde X_i (adimensional) é a fração de massa de sólidos no ponto i, assim temos: X_G a fração mássica no ponto 3 e/ou fração mássica na saída de material sólido (grosso) e X_F é a fração mássica no ponto 2 pode ser interpretada como a fração de sólidos na saída de finos do separador (líquido) enquanto X_E representa a fração de massa de sólidos no ponto de entrada do separador, ou mesmo, no ponto de saída da bacia sanitária.

A separação ótima ou a mais eficiente será aquela que apresentar menor volume ou massa no ponto (3) nas descargas líquidas; zero de massa no mesmo ponto quando for

descarga de vazamento, e maior concentração de sólidos totais nesse ponto quando da descarga sólida ou completa.

6.9.3 Biorreator Anaeróbio Helicoidal de Fluxo Pistão (BAH)

A avaliação do BAH foi acerca do nível de eficiência da remoção de matéria carbonácea (%), expressa através da DQO e obtida pela Equação 40. Nessa Equação DQO_i representa a concentração DQO em mg.L^{-1} no ponto i.

$$\varepsilon_{BAH} (\%) = \frac{DQO_s - DQO_e}{DQO_s} \quad (40).$$

Aspectos hidráulicos, tais como dispositivos de entrada e saída, capacidade de transporte do helicóide, rotação do helicóide e estanqueidade do reator, também, foram analisados. Em relação aos gases gerados foram avaliadas as características qualitativas do biogás e os compostos orgânicos gerados no processo de biodigestão.

6.9.4 Sistema de Tratamento de Águas Negras (STAN).

Na análise integrada do sistema foram considerados os parâmetros de DQO, para avaliação da eficiência de remoção de matéria orgânica; Sólidos Totais (ST) para obtenção da eficiência da separação líquido e sólido; Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) para avaliação da biodegradabilidade do afluente e efluente, dado pela relação alimento/microrganismo (DQO/SSV); Cor e Turbidez considerando aspectos estéticos do efluente. Os parâmetros auxiliares pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos também foram aferidos e avaliados.

A síntese da avaliação sistêmica foi o confronto com a legislação vigente, no caso, a resolução CONAMA N°430 de 13 de maio de 2011, que estabelece os padrões de lançamento de efluentes no território nacional e a legislação SEMA/PR N°021 de 22 de abril de 2009, que dispõe sobre o licenciamento ambiental para empreendimentos de saneamento e estabelece condições e padrões de lançamento.

6.10 Identificação dos Elementos de Melhoria e Incorporação das Inovações Incrementais na Tecnologia em Fase de Desenvolvimento

A identificação dos fatores que interferem na eficiência do sistema e, por conseguinte, a incorporação de aspectos que venham a trazer melhoria em tal eficiência é primordial a prova de conceito. Assim, após cada aferição e respectiva análise do constituinte do sistema e/ou mesmo o sistema, esse era verificado através de um “*check list*” com a indicação de todos os prováveis interferentes e em seguida eram projetadas e indicadas as alterações pertinentes a serem implantadas, retomando ao ciclo de análise (planejamento, projeto, construção, instalação e monitoramento). Desta forma foram consideradas algumas demandas e ou desafios a serem ultrapassados segundo cada dimensão de análise discretizados na Tabela 20.

Tabela 20: Desafios da Tecnologia Inovadora.

Dimensão	Desafios
Técnico	➤ Ser um sistema modular, flexível e compacto; ➤ Possuir boa flexibilidade operacional; ➤ Não necessitar de energia elétrica para o funcionamento; ➤ Não exigir mão de obra especializada.
Social	➤ Contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população; ➤ Possibilitar a geração de emprego e renda; ➤ Contribuir para a geração de alimentos na propriedade; ➤ Adaptar aos costumes e a cultura local.
Econômico	➤ Possuir baixo custo de instalação, operação e manutenção; ➤ Possuir pouco ou nenhum consumo de energia elétrica; ➤ Gerar renda a partir dos subprodutos gerados (lodo, biogás, etc.) para a propriedade; ➤ Economia com insumos e matérias primas empregados na agricultura local.
Ambiental	➤ Necessidade de pouco material e energia na construção ➤ Redução da contaminação dos compartimentos biogeoquímicos; ➤ Promoção da reciclagem de nutrientes em âmbito local ➤ Imputar pouco ou nenhum impacto visual.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

6.11 Avaliação dos Requisitos de Proteção Intelectual da Tecnologia Desenvolvida

Os requisitos de patenteabilidade verificados são os previstos na Lei de Propriedade Industrial 9.279/96 (LPI), que consideram os seguintes pressupostos: novidade, atividade ou ação inventiva e aplicação industrial.

Os resultados tecnológicos obtidos foram confrontados aos requisitos de novidade, atividade inventiva, aplicação industrial e suficiência descritiva e na sequência esses resultados foram objeto de proteção intelectual, junto ao INPI.

Para o procedimento de proteção intelectual, o inventor vinculado a UNIOESTE deve entrar em contato com o NIT (Núcleo de Inovações Tecnológicas) para que seja realizada uma verificação preliminar dos requisitos de patenteamento.

O NIT-UNIOESTE exige o atendimento e preenchimento de quatro formulários, são eles: (1) Anexo A - Formulário Pré-Requisitos Pedido de Patente - INPI; (2) Anexo B - Formulário Avaliação de Anterioridade; (3) Anexo C - Formulário Pedido de Patente UNIOESTE; e (4) Anexo D - Formulário Relatório Técnico da Patente.

Depois da fase de elaboração dos documentos de patenteamento a invenção é protocolada junto ao NIT-UNIOESTE (por memorando), caso o pedido seja deferido, encaminha-se o processo para providenciar assinaturas e pagamento da Guia de Recolhimento da União (GRU) para Pedido de Patente.

De posse das assinaturas e tendo sido paga a GRU, realiza-se o depósito junto ao INPI.

O depósito junto ao INPI deve reunir os seguintes documentos: (1) conteúdo técnico - relatório descritivo, quadro reivindicatório, listagem de sequências (para pedido da área biotecnológica), desenhos (se for o caso) e resumo; (2) formulário FQ001; e (3) comprovante de pagamento da GRU.

6.12 Sistematização dos Resultados

Os resultados foram sistematizados de forma a verificar a viabilidade das inovações incrementais indicadas para a tecnologia alternativa em desenvolvimento. A sistematização dos resultados seguiu o fluxo apresentado na Figura 33.

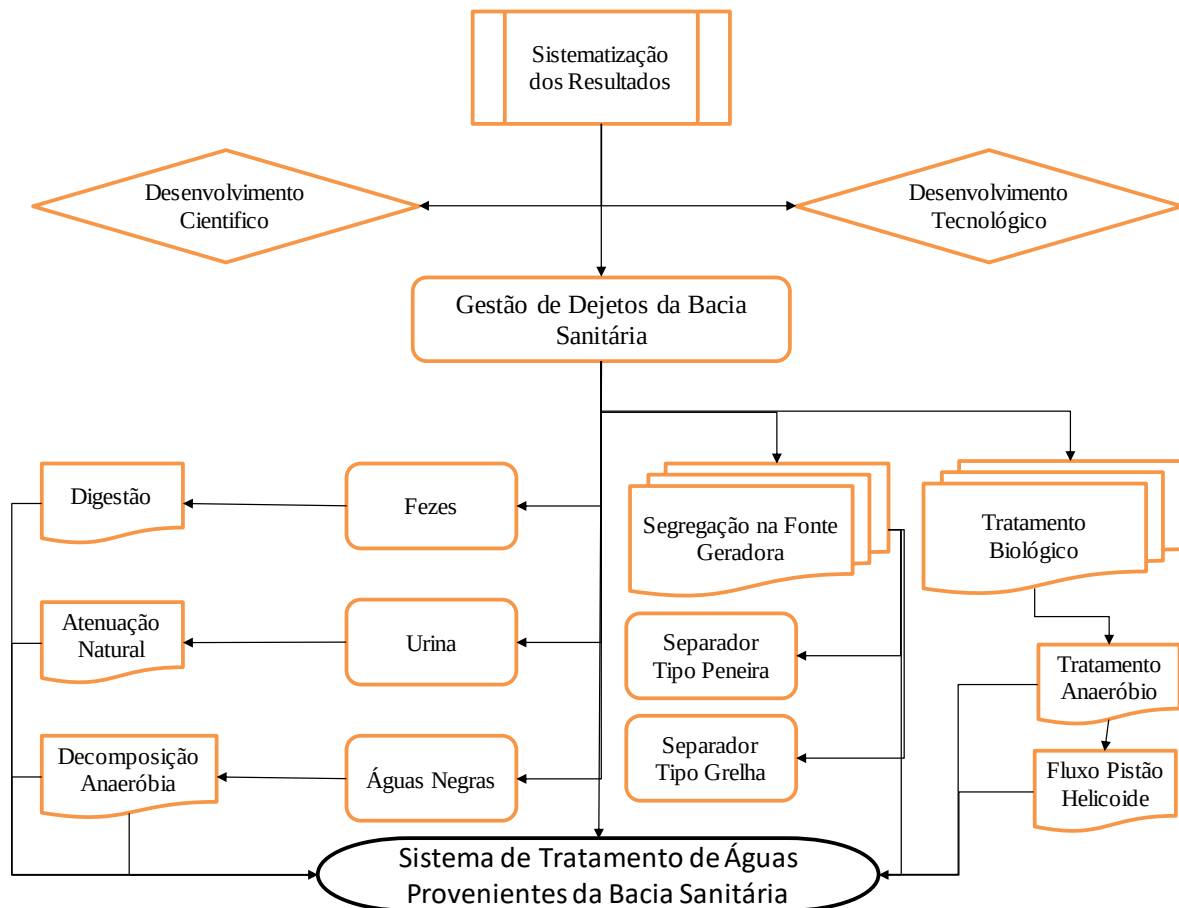


Figura 33: Síntese da Sistematização dos Resultados.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Caracterização da Fonte de Geração de Efluentes Domésticos e os Efluentes Provenientes da Bacia Sanitária no Meio Rural Brasileiro e Paranaense

7.1.1 População Rural Brasileira

A distribuição espacial da população brasileira em 2018 é apresentada na Figura 34.

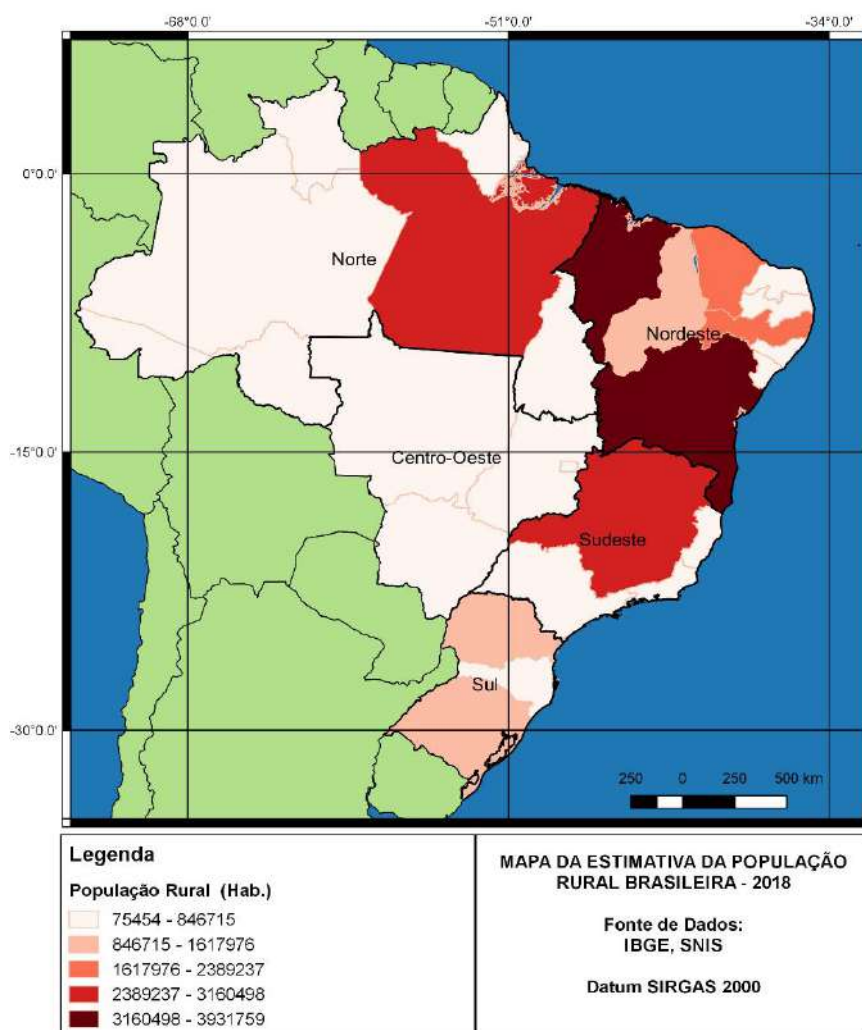


Figura 34: População Rural Brasileira – 2018.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Dos quase 14% de brasileiros residentes no meio rural 51,8% dessa população encontra-se na região Nordeste; 16% no Norte; 14,6% no Sudeste; 11,2 no Sul e 6,4% no Centro Oeste, contrapondo ao citado por PNAD (2015).

7.1.2 População Rural Paranaense

A estimativa da população rural paranaense de acordo com as mesorregiões é apresentada na Figura 35.

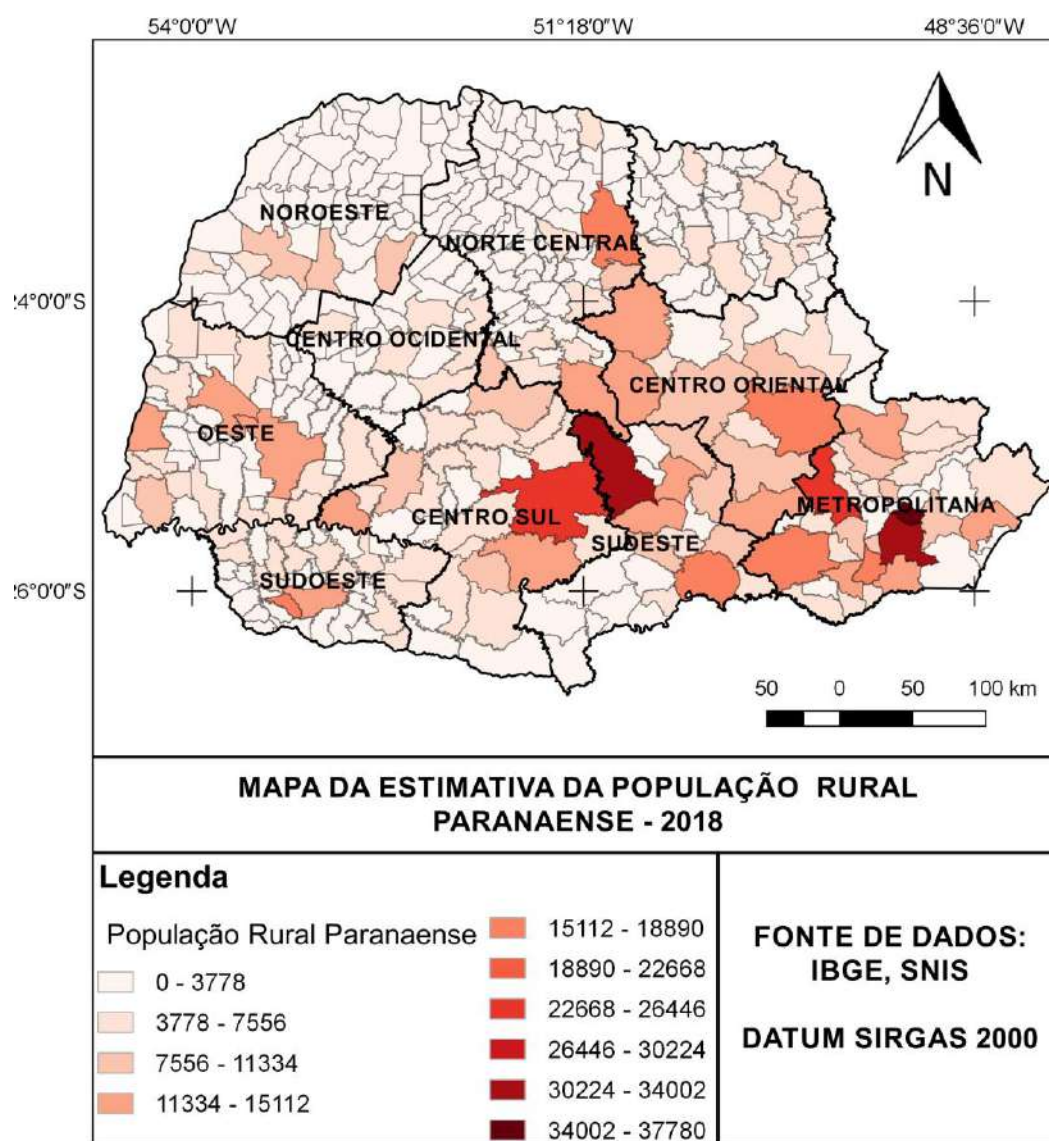


Figura 35: População Rural Paranaense – 2018.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A população rural paranaense corresponde a 4,6% da população rural nacional. As cidades de Piraquara e São José dos Pinhais são as que apresentam maior índice de população dessa categoria de população, com 37.780 e 32.644 habitantes, respectivamente (2,41 e 2,08%), ambas pertencentes a mesorregião Metropolitana de Curitiba e na microrregião de mesmo nome. Notadamente acusa-se para a inexistência de população rural para a cidade de Curitiba.

7.1.3 Geração de Esgoto Doméstico sem Tratamento no meio Rural Brasileiro

A estimativa de geração de esgoto doméstico que não recebe tratamento no meio rural brasileiro é apresentada na Figura 36.

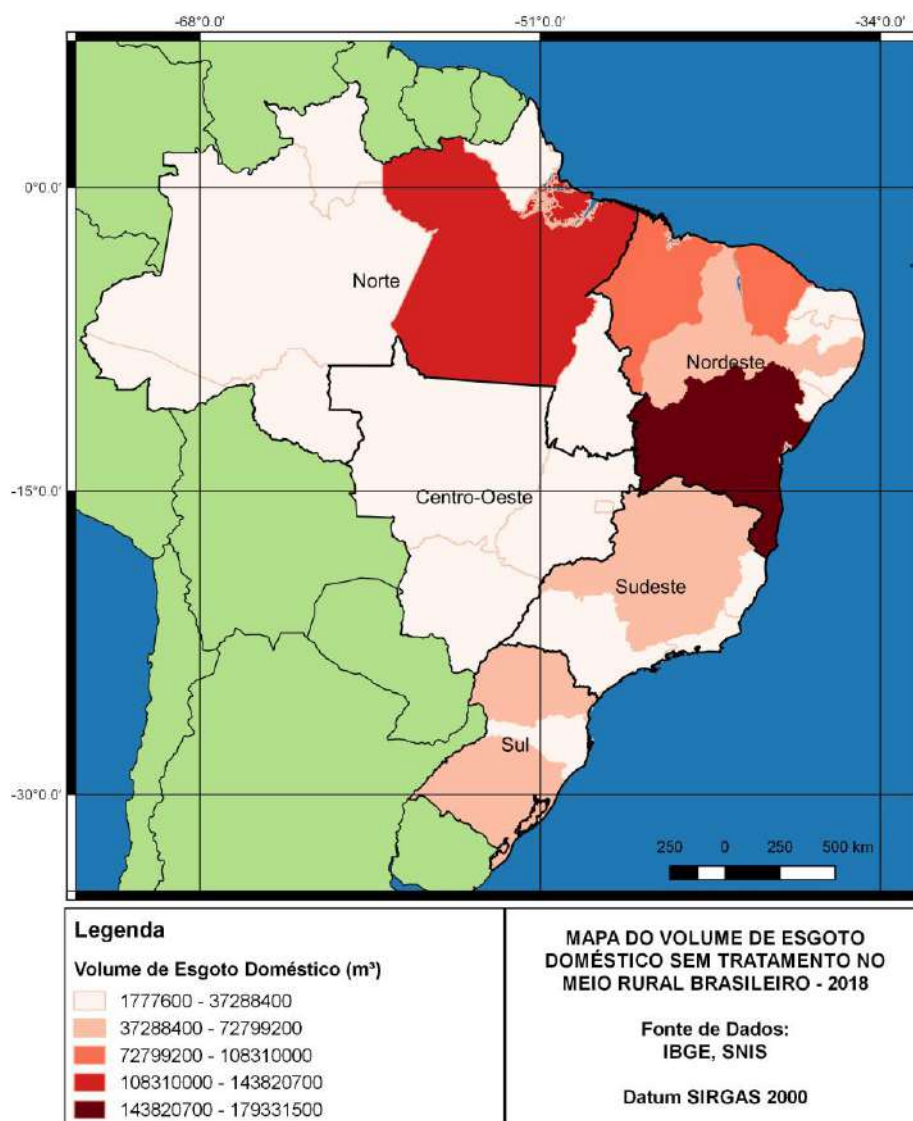


Figura 36: Estimativa do Volume Gerado de Esgoto Doméstico sem Tratamento no Meio Rural Brasileiro – 2018.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Em média 54% da população rural brasileira não possui nenhum tipo de tratamento de esgoto, onde 82% da população rural do Norte do País não possui tratamento de esgoto; 67% no Nordeste; 48 no Sudeste; 56% no Sul e 47% no Centro Oeste, incluso do Distrito Federal. O estado da Bahia é o que apresenta o maior volume de esgoto doméstico sem

tratamento no meio rural, com aproximadamente 179 milhões de m³ por ano seguido de perto pelo estado do Pará com algo em torno de 127 milhões de m³ por ano.

7.1.4 Geração de Esgoto Doméstico sem Tratamento no meio Rural Paranaense

A Figura 37 apresenta a estimativa do volume de esgoto doméstico gerado no meio rural paranaense que não recebe tratamento, ano base 2018.

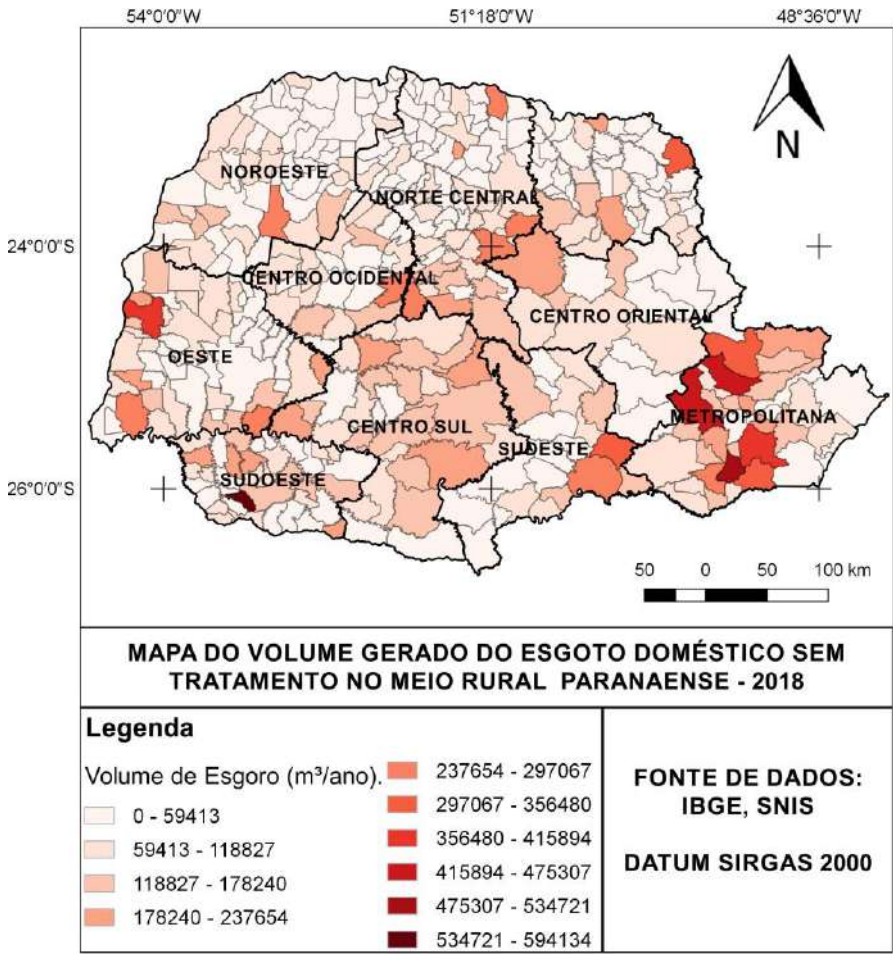


Figura 37: Estimativa do Volume de Esgoto Doméstico sem Tratamento Gerado no Meio Rural Paranaense – 2018.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O volume de 38.758.182 m³ de esgoto sem nenhum tipo de tratamento é a estimativa de produção/geração para 2018 no estado do Paraná, o que representa 3,98% dos lançamentos “in natura” no território nacional brasileiro. Aspectos positivos ao estado se dão nos índices de cobertura da cidade de Bandeirantes, no Norte Pioneiro, que tem sua totalidade esgotos gerados sob alguma forma de tratamento, contraditoriamente, a cidade

de Manfrinópolis, no sudoeste do estado, com zero de tratamento e com um volume estimado em torno de 594 mil m³ por ano de esgoto sem nenhum tipo de tratamento, o que representa 1,8% dos efluentes sem tratamento no estado.

7.1.5 Geração de Efluente da Bacia Sanitária ou Águas Negras no Meio Rural Brasileiro

A estimativa de geração de efluentes oriundos da bacia sanitária no meio rural brasileiro é apresentada na Figura 38.

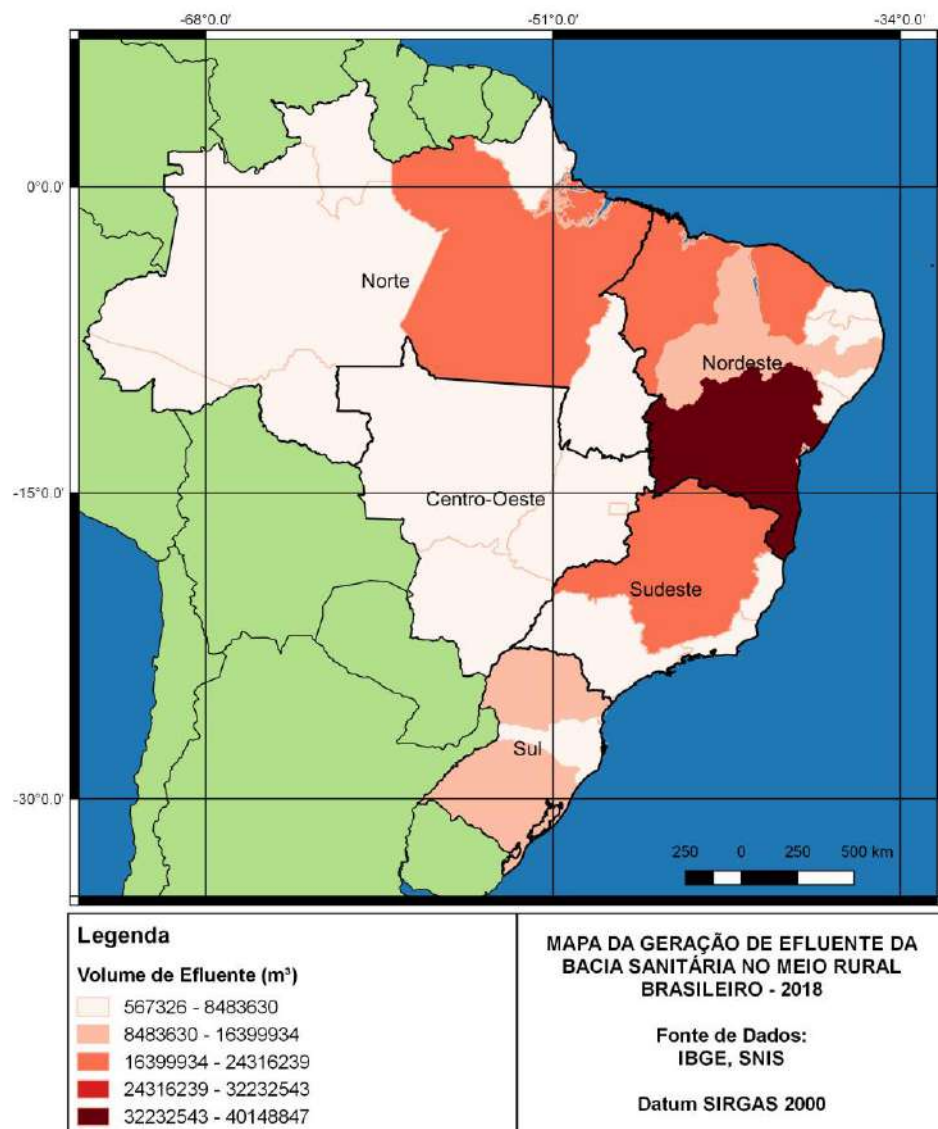


Figura 38: Estimativa do Volume Gerado de Águas Negras no Meio Rural Brasileiro – 2018.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O volume estimado da geração de águas negras no Brasil para o ano de 2018 é de 226.150.900 m³, dos quais 55,3% são gerados no Nordeste, mesmo diante da escassez hídrica da região, isso se explica pelo paradoxal consumo percapita de água na região que é um dos maiores do Brasil.

7.1.6 Geração de Efluente da Bacia Sanitária ou Águas Negras no Meio Rural Paranaense

O volume gerado de águas negras no meio rural paranaense é apresentado na Figura 39.

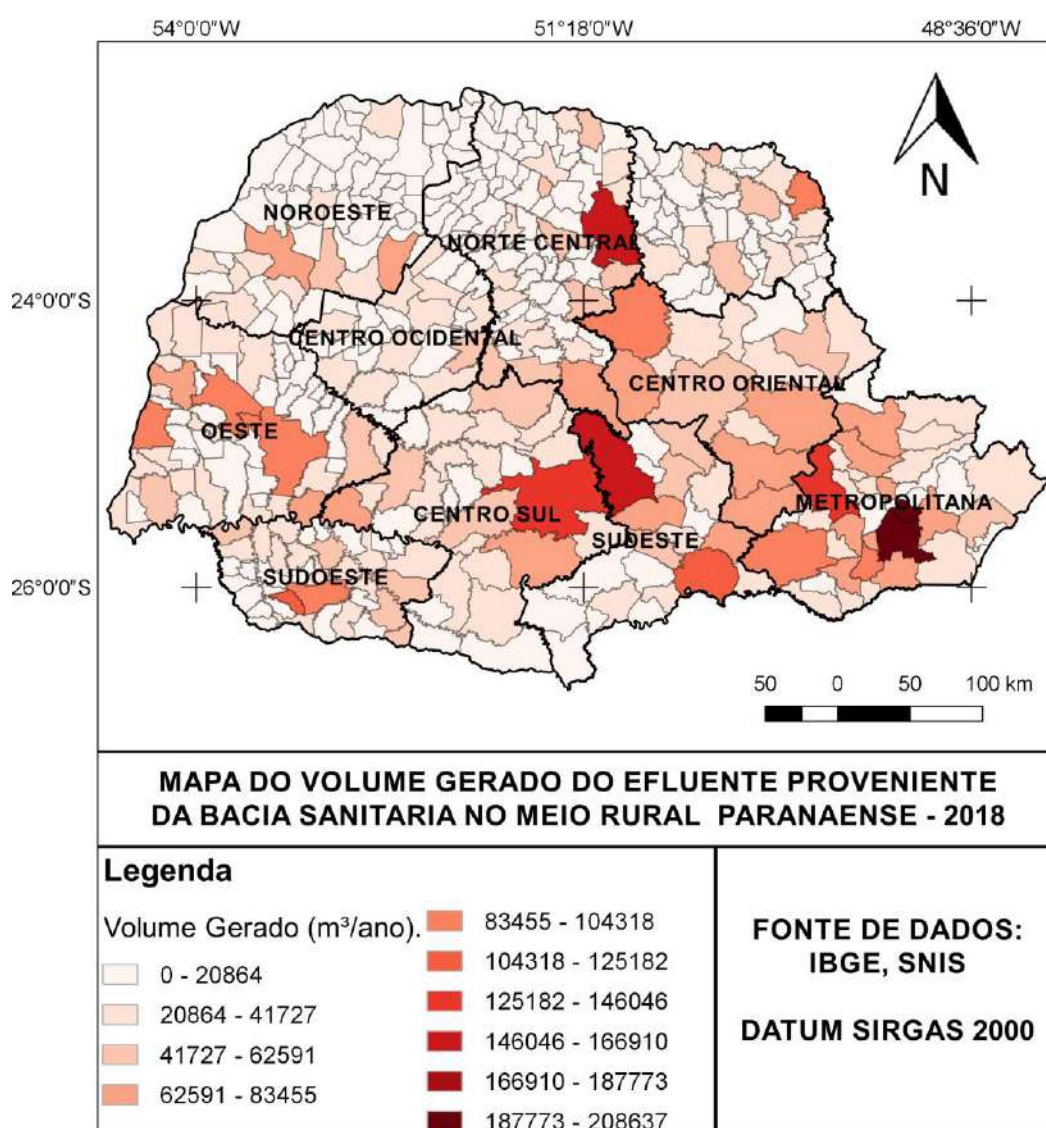


Figura 39: Estimativa do Volume Gerado de Águas Negras no Meio Rural Paranaense – 2018.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O estado tem uma estimativa de geração de água negras, para 2018, igual a 10.381.656 m³, o que representa 4,6% do volume gerado no Brasil. Piraquara, São José dos Pinhás e Prudentópolis, são as cidades com maior volume de águas negras geradas, função direta do número de habitantes no meio urbano, sendo o volume de águas negras gerados nessas regiões igual a 208.637,22; 192.012,07 e 151,218,79 m³ por ano, respectivamente.

7.2 Identificação do Perfil de Utilização de Bacias Sanitárias

Em média os homens utilizaram a bacia sanitária 5 vezes ao dia, enquanto que as mulheres 6 vezes ao dia. Pode-se observar que homens não utilizaram a bacia sanitária, unicamente para defecação, o que ocorre quando se trata do gênero feminino, sendo característico no período matutino com ocorrência de 1,1% dos casos.

A Figura 40 apresenta a distribuição do uso ao longo do dia por homens e mulheres.

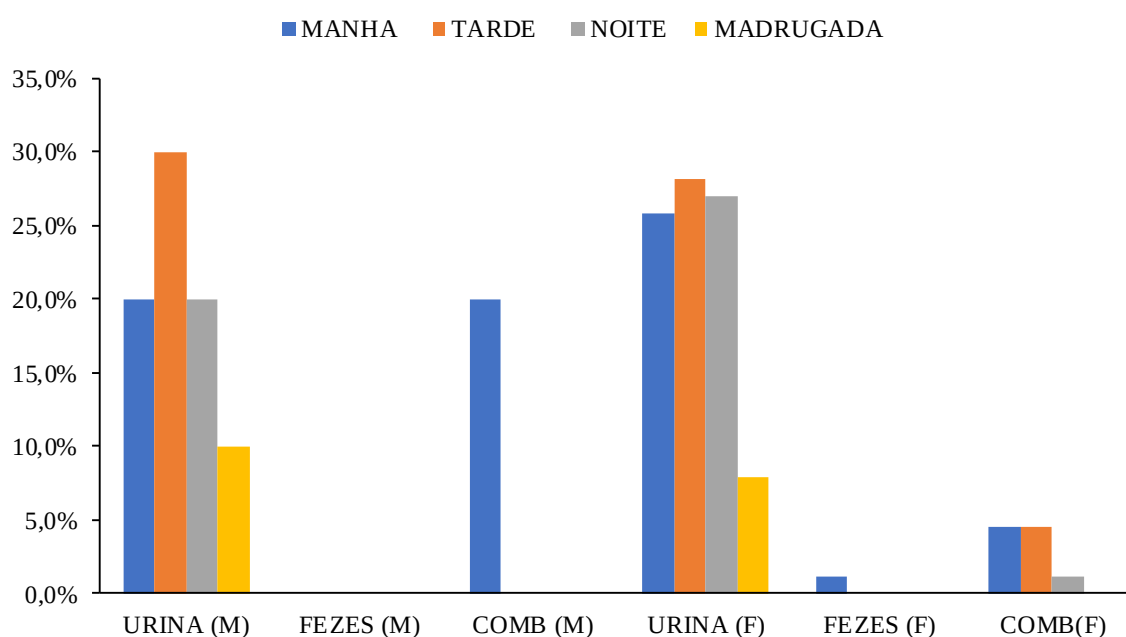


Figura 40: Distribuição Temporal da Utilização da Bacia Sanitária (BS).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A maior ocorrência de micção foi verificada no período vespertino, sendo 30% para homens e 28,1% para as mulheres

O sexo feminino apresenta uma distribuição média do uso da bacia sanitária da seguinte ordem: 88,8% das utilizações para micção; 1,1% somente para defecação e 10,1%

para a utilização combinada, enquanto que os homens apresentam a seguinte frequência de utilização: 80% para micção e 20% para utilização combinada.

Desta forma conclui-se que existe maior micção no grupo feminino a que ao masculino.

A variação diurna de micção normalmente não é registrada, contudo de acordo com Hineno et al. (1994), em estudo com 15 indivíduos adultos saudáveis mostrou que 60% do volume total de urina foi excretado durante o dia, entre as 9 e 21 horas e os 40% restantes foram eliminadas entre as 21 as 9 horas.

Considerando os percentuais acima mencionados e uma bacia sanitária com caixa acoplada dual flush de volume reduzido, ou seja, com 6 litros para a descarga completa (DC) para defecação e combinados, e 3 litros para a micção, descarga incompleta (DI), temos o seguinte consumo de água potável na Tabela 21.

Tabela 21: Estimativa do Consumo Médio Diário de Água Potável em uma Bacia Sanitária Dual Flush.

GÊNERO	MEDIA DE UTILIZAÇÃO	VDC (L)	VDI (L)	CONSUMO MÉDIO DIÁRIO (L.dia ⁻¹)
FEMININO	6	16,0	3,7	19,7
MASCULINO	5	6,0	12,0	16,0
TOTAL	11	22,0	15,7	35,7

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Na maioria das residências rurais a caixa acoplada não possui dual flush sendo, amplamente, utilizada a caixa com corda que possui volumes variados que podem chegar até a 14 L. Para efeitos de estimativa foi considerado uma caixa de corda com volume igual a 6 L, essa estimativa está disposta na Tabela 22 com esse tipo de dispositivo de descarga.

Tabela 22: Estimativa do Consumo Médio Diário para um Casal em uma Residência do Tipo Rural.

GÊNERO	MEDIA DE UTILIZAÇÃO	CONSUMO MÉDIO DIÁRIO (L.dia ⁻¹)
FEMININO	6	36,0
MASCULINO	5	30,0
TOTAL	11	66,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Somente com a mudança do tipo de caixa de descarga pode ser obtido uma economia de 30,3 L.dia⁻¹, representando uma redução de 45,9% no consumo de água potável na residência. Para efeitos de dimensionamento e parâmetros de projeto a base de consumo médio diário para uma residência em meio rural aqui atribuída é de 132 L.dia⁻¹.residência⁻¹, equivalente ao volume de efluente diário gerado no vaso sanitário.

7.3 Caracterização das Fezes Humanas

A caracterização das fezes humanas tem como principal objetivo a obtenção de parâmetros de projeto para o desenvolvimento da tecnologia inovadora, a saber: tempo de detenção hidráulico do biorreator anaeróbico, eficiência de degradação de matéria orgânica, principais poluentes existentes no material fecal, identificação dos subprodutos gerados na decomposição e no tratamento anaeróbio de fezes e os principais fatores que interferem no processo de digestão anaeróbia.

7.3.1 Aspectos Microbiológicos e Parasitológicos

As fezes utilizadas nesse estudo não apresentaram bactérias patogênicas, tais como: *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Escherichia coli* enteroinvasora e enterohemorrágica, seja no material *in natura* seja no material decomposto (REDLINGER et al., 2002).

7.3.2 Teor de Umidade, Massa Específica e Sólidos Totais

O teor de umidade, massa específica e a concentração de sólidos totais das fezes frescas ou *in natura*, bem como, das fezes em diferentes estágios de decomposição são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23: Teor de Umidade (%), Massa Específica e Concentração de Sólidos em Fezes Humanas *in natura* e digeridas.

Tempo de Digestão (Td) [d]	Teor de Umidade (U) [%]	Massa Específica (μ) [g.L ⁻¹]	Sólidos Totais (ST) [g.kg ⁻¹]
0	77,6	1.030,78	224
30	82,4	1.041,13	176
67	85,5	970	145
146	76,5	1.071,43	235
157	78,5	1.054,55	215

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A umidade não sofre variação significativa ao longo do processo de digestão, visto que o grau de variabilidade encontrada para os teores de umidade foi de 4,7%, o que não implica em afirmar que o resíduo fecal sofre desidratação ao longo da digestão anaeróbia.

O teor de umidade médio é igual a $80,1 \pm 3,7\%$, de acordo com Redlinger et al (2001) quanto menor o teor de umidade ($<40\%$) menos se percebe a presença de odores agressivos.

O teor de umidade considerado ótimo para o processo fica em torno de 50% (TSUTIA et al., 2002).

Quanto a massa específica o valor médio obtido é igual a $1.033,58 \pm 38,66 \text{ g.L}^{-1}$, com variabilidade de 3,74%, Penn (2018) cita valores entre 1060 a 1090 g.L^{-1} .

A concentração de sólidos variou de 145 a 235 gST.Kg^{-1} de fezes, esses valores estão de acordo com os valores obtidos por Penn (2018) que 140 a 370 gST.Kg^{-1} de fezes

Na prática os dados indicam que não existe correlação linear simples entre o tempo de digestão e o teor de umidade, bem como, entre o tempo de digestão e a massa específica das fezes, porém essas variáveis mostram uma boa correlação quando o ajuste ocorre por meio de um polinômio do quarto grau, indicando um ciclo de variação definido entre as variáveis sob investigação, o que pode ser ratificado na Figura 41.

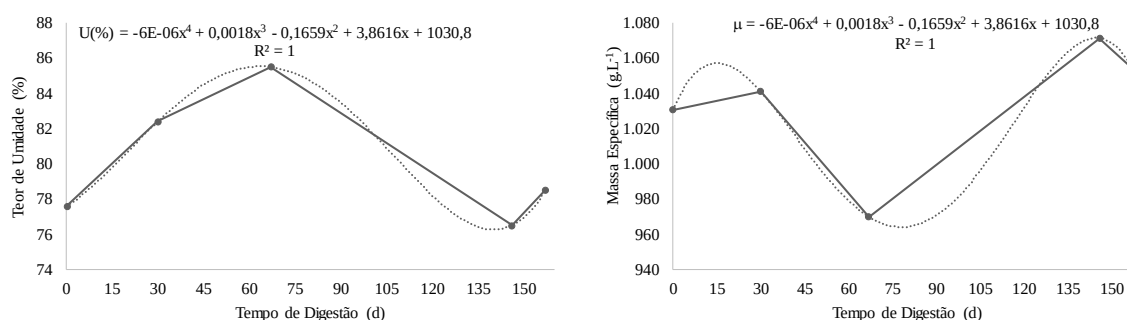


Figura 41: Modelagem Matemática do Teor de Umidade e da Massa Específica versus o Tempo de Digestão de Fezes Humanas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.3.3 Análise Termogravimétrica (TGA)

7.3.3.1 Carbono Orgânico Total (COT)

As curvas utilizadas para obtenção do teor de Carbono Orgânico Total (COT) empregando a análise termogravimétrica são apresentadas na Figura 42. A região das temperaturas de resposta, entre 100 °C e 300 °C, está descrita na mesma figura.

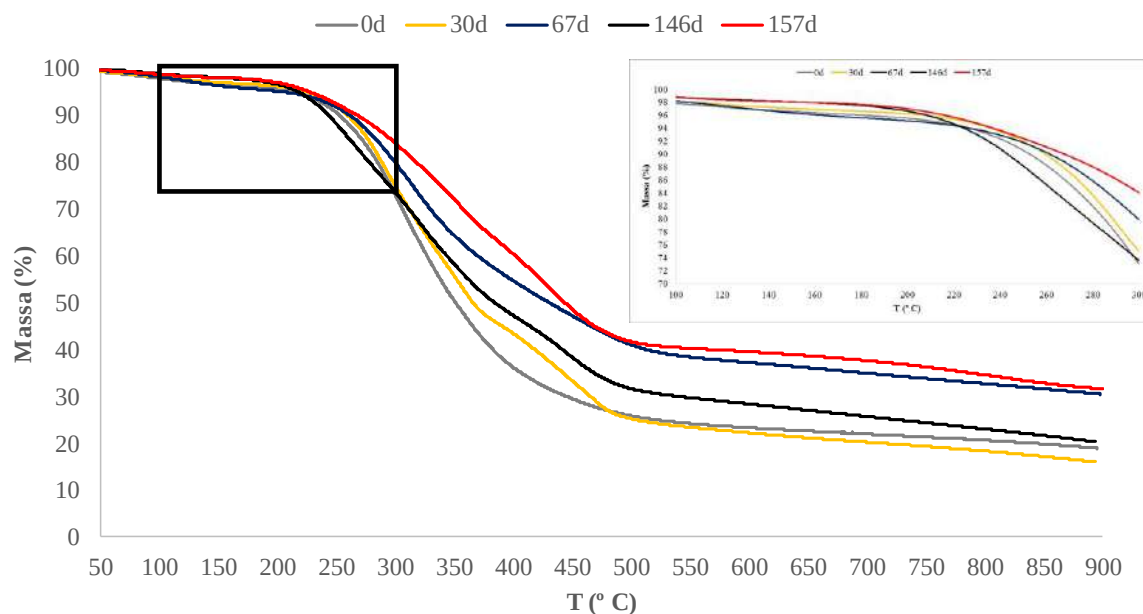


Figura 42: Curvas Termogravimétricas da Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A Figura 43 apresenta os teores de COT obtidos nos diferentes períodos de digestão, bem como a eficiência da digestão expressa na forma percentual, ou ainda, o decaimento de COT ocorrida no processo de degradação biológica.

A concentração de carbono orgânico total identificada na amostra de fezes frescas foi de 65,8 g_{COT}/kg fezes, Penn (2018) aponta concentrações entre 440 e 550 g_{COT}/kg fezes.

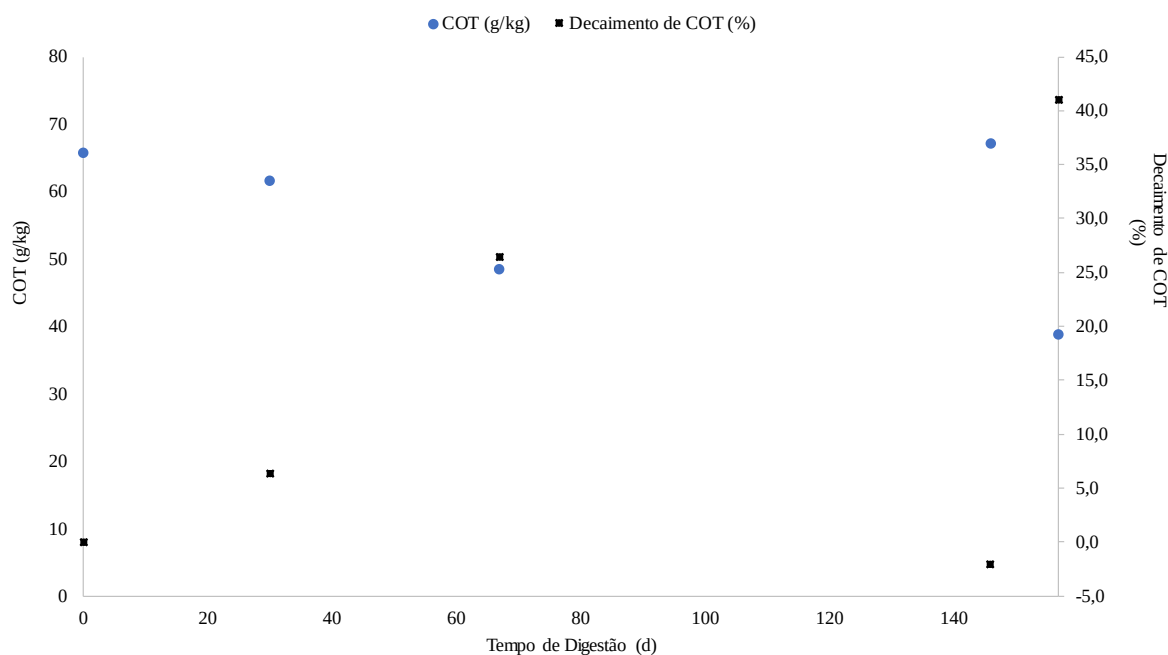


Figura 43: Concentração de Carbono Orgânico Total na Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Quanto a eficiência de digestão podemos indicar que a máxima eficiência obtida foi de 41,03% aos 157 dias de digestão, contudo aponta-se para uma anomalia sofrida no processo ao longo dos 146 dias de digestão que apresentou valores negativos de decaimento, possivelmente, influenciado por fatores externos, essencialmente, a temperatura, que fez o processo de digestão ficar inertizado/imobilizado e, por conseguinte, se reiniciasse. De acordo com Rose et al (2015) a taxa de decomposição ordinária de fezes humanas é muito lenta, com apenas 15% de redução nos sólidos voláteis e redução de 40% na taxa de consumo de oxigênio após um ano, onde condições aeróbicas são necessárias para melhorar o processo de degradação e suprimir o odor.

Assim o tempo necessário para que se obtenha a melhor eficiência de decaimento de carbono no resíduo fecal, considerando o modelo numérico, é de 128 dias, o que implica em um tempo de detenção hidráulico significativo para o dimensionamento do reator. Contudo se considerarmos o período anômalo de 146 dias e esse for descartado do processo, e ainda se verificarmos as taxas de decaimento em cada período monitorado verificamos que a eficiência ótima ocorre entre 30 e 67 dias, com 50% de remoção. Conclusivamente temos que o tempo de detenção hidráulico de um reator biológico anaeróbio deverá ser aproximadamente de 70 dias.

7.3.3.2 Características da Decomposição Térmica

A decomposição térmica de fezes humanas é apresentada na curva TG da Figura 44, com taxa de aquecimento de $20^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$ em atmosfera dinâmica de ar sintético.

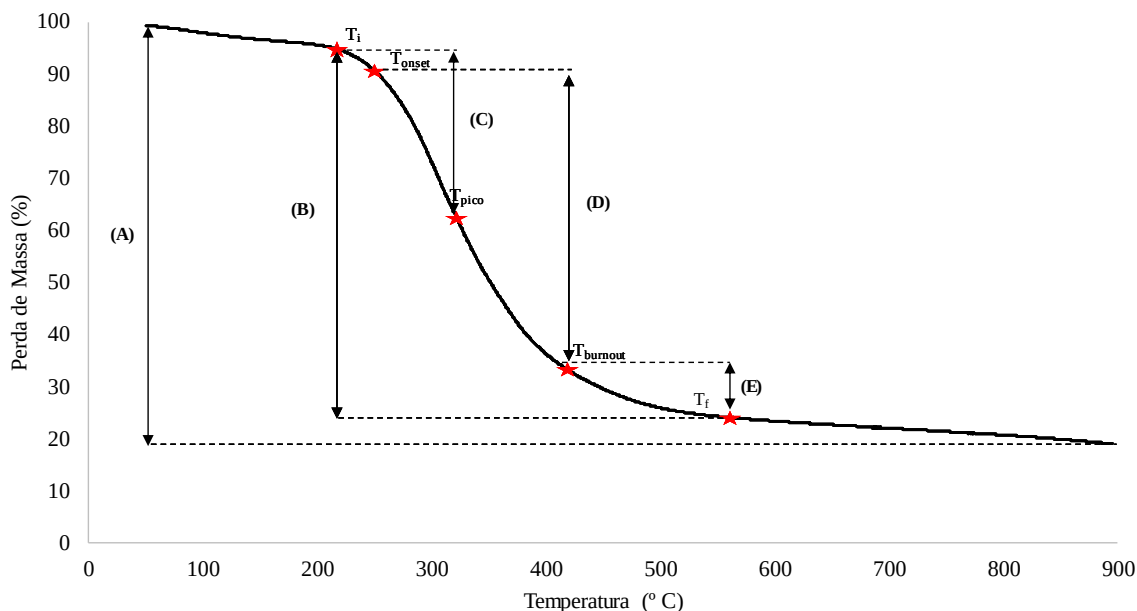


Figura 44: Curva TG de Fezes Humanas na Razão $20^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$.

Fonte: Adaptado de Canevaloro (2004).

A curva TG de fezes humanas *in natura* apresenta uma perda de massa muito significativa, da ordem de 80,4% (A), apresentando etapas bem definidas, sendo que o material não apresenta uma estabilidade térmica inicial perdendo logo massa no início do processo até a temperatura de 198°C , devido a umidade do material, que foi cerca de 3,7%. Entre as temperaturas de $218 - 567^{\circ}\text{C}$ (B), com pico em 320°C , ocorreu a perda de 70,8% do material orgânico (C), considerando a área da curva DTG.

A etapa subsequente ocorre acima de 567°C e está associado com a perda 5,9% de massa. Considerando os 70,8% de matéria orgânica podemos considerar que 9,8% é referente ao carbono fixo (E), logo podemos atribuir que 61% do material é composto por carbono volátil, que se aproxima do valor teórico obtido pelos pontos *onset* e *burnout*, nas temperaturas entre $250 - 415^{\circ}\text{C}$ (D), com perda de massa de 56,83% obtida pela área da curva DTG dos pontos.

Tecnologias térmicas eficientes têm sido o foco de muitos estudos devido ao seu potencial para economia de energia e recuperação de custos. Contudo, embora exista um

grande potencial para a produção de energia, existe o aspecto da perda de nutrientes presente nas fezes e na urina como a maioria estão indisponíveis para uso agrícola. A eficiência de custo do processo depende principalmente do teor de água dos excrementos e do seu poder calorífico (ROSE et al., 2015).

Considerando a possibilidade de um tratamento térmico para inertização do material e, fundamentalmente, a decomposição de matéria orgânica, a temperatura de 600 °C se mostra bastante promissora sendo possível a incorporação do mesmo em matrizes cerâmicas e ou outros artefatos que se utilizem da sinterização a partir de 600 °C.

7.3.4 Fluorescência de Raios X (FRX)

Os elementos encontrados na análise de fluorescência e estabelecidos pela legislação vigente são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24: Resultados Obtidos pela Fluorescência de Raios X em Fezes Humanas e Valores Legais.

Elemento	Tempo de Digestão (d)					CONAMA	SEMA	CETESB
	O	30	67	146	157	Nº357/06	Nº021/09	P4.230/99
						(mg/kg)		
As	1,2	0,7	0,8	2,1	1,5	41	41	75
Ba	21,1	11,4	17,2	46,6		1.300	1.300	
Cr	6,4	2,0	9,8		26,7	1.000	1.000	
Cu	8,6	7,9	36,5	6,9	23,2	1.500	1.000	4.300
Hg		9,6			14,0	17	16	57
Ni	3,2	1,6	4,8	5,4	3,0	420	420	420
Zn	44,4	58,9	392,5	414,5	202,6	2.800	2.500	7.500

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Os valores de metais encontrados nas amostras fecais estão abaixo dos limites estabelecidos nas legislações vigentes em território nacional, contudo, a limitação do uso *in natura* desse tipo de resíduo ocorre em função de aspectos sanitários e, por conseguinte, de aspectos de higienização (VINNERAS et al., 2006).

Foram identificados outros elementos pela mesma técnica, que são apresentados e confrontados por outros autores na Tabela 25.

Tabela 25: Concentrações de Metais Pesados em mg.kg⁻¹ Presentes em Fezes Humanas Obtidos em Diferentes Períodos de Digestão Anaeróbia Confrontada a Outras Obras.

Elemento	Tempo de Digestão (d)					Referencias (mg/kg)
	O	30	67	146	157	
Ca	1.081	2.258	3.783	1.411	6.506	1.000 Yadav et al (2010)
Fe	269,0	148,5	12.104,7	4.008,3	67.812,9	240 Yadav et al. (2010)
K	6.622,9	6.796,5	7.881,6	9.917,9	9.282,0	4.936 Eastwood et al (1984)
Mn	17,4	11,6	295,6	12,5	153,7	24.000 - 90.000 Wignarajah et al. (2006)
P	2.507,7	1.967,6	2.415,4	1.546,6	7.343,0	900 Yadav et al (2010)
S	527,5	536,9	3.392,6	754,2	2.529,0	16.000 Monhol & Martins (2014)

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

De acordo com Rose et al. (2015) o fator predominante que leva a variação nos parâmetros nas fezes foi a ingestão de alimentos não degradáveis (fibra), que impacta a taxa de produção, frequência de fezes, teor de sólidos, gordura, proteína e o valor energético das fezes.

As concentrações de substâncias contaminantes em fezes são geralmente baixas do que no fertilizante químico (por exemplo cádmio) e estrume curral (por exemplo Cromo e chumbo) (JONSSON et al., 2004).

A disponibilidade de nutrientes nas plantas no material fecal é mais baixa e vagarosa do que os nutrientes na urina. Isto é devido ao facto de que a proporção principal do P e uma grande proporção do N vem do material não digerido e este material precisa de ser segrado no solo para tornar disponível as plantas (JONSSON et al., 2004).

Portanto o material orgânico nas fezes é degradado e seus conteúdos de N e P tornam-se disponíveis para as plantas. O cálcio do fosfato também dissolve e torna

disponível para as plantas e esses cálcios de fosfatos devem estar disponíveis como os fornecidos pelos fertilizantes químicos (JONSSON et al., 2004).

O K nas fezes esta numa forma iônica, que é diretamente disponível para as plantas. Portanto, não é somente por causa do N que a disponibilidade de nutrientes fecais é consideravelmente baixa do que os fertilizantes químicos ou urina. As concentrações altas do P, K e material orgânico no material fecal podem também aumentar a colheita substancialmente, especialmente em solos fracos (JONSSON et al., 2004).

Outros elementos sem referencia foram detectados e são mostrados na Tabela 26.

Tabela 26: Concentrações de Metais Pesados Presentes em Fezes Humanas Obtidos em Diferentes Períodos de Digestão Anaeróbia.

Elemento	Tempo de Digestão (d)				
	O	30	67	146	157
	(mg/kg)				
Au	29,8	32,2	39,2	37,9	37,0
Ce	17,4		14,4		
Cl	559,7	1.366,5	1.569,2	1.637,7	1.688,9
Dy	6,0	3,4	16,9	10,2	
Ga	353,5	298,8	359,0	306,5	420,8
Gd	4,1	3,6			
Hf	1,5	0,6			
Ho	2,3			5,9	
Ir	2,7	1,5	3,2	3,8	19,4
La	19,7		27,1		132,8
Nd	7,4	3,4			
Os	2,1	0,7	6,3	6,7	3,8
Pr	11,8	6,1		18,0	
Pt	6,0	2,0	3,4	2,8	8,5
Se	1,3	0,2		1,2	0,7
Sm					10,9
Sn	386,7	212,0	211,6	586,7	
Sr			32,6		
Ti	5,9	18,2	40,9	10,7	
Tm	0,8		11,3	2,5	
V	4,7				
Yb				2,7	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.3.5 Espectroscopia de Transmissão Vibracional no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Os espectros FTIR obtidos e tratados para as fezes humanas *in natura* e digeridas em períodos distintos estão representados na Figura 45.

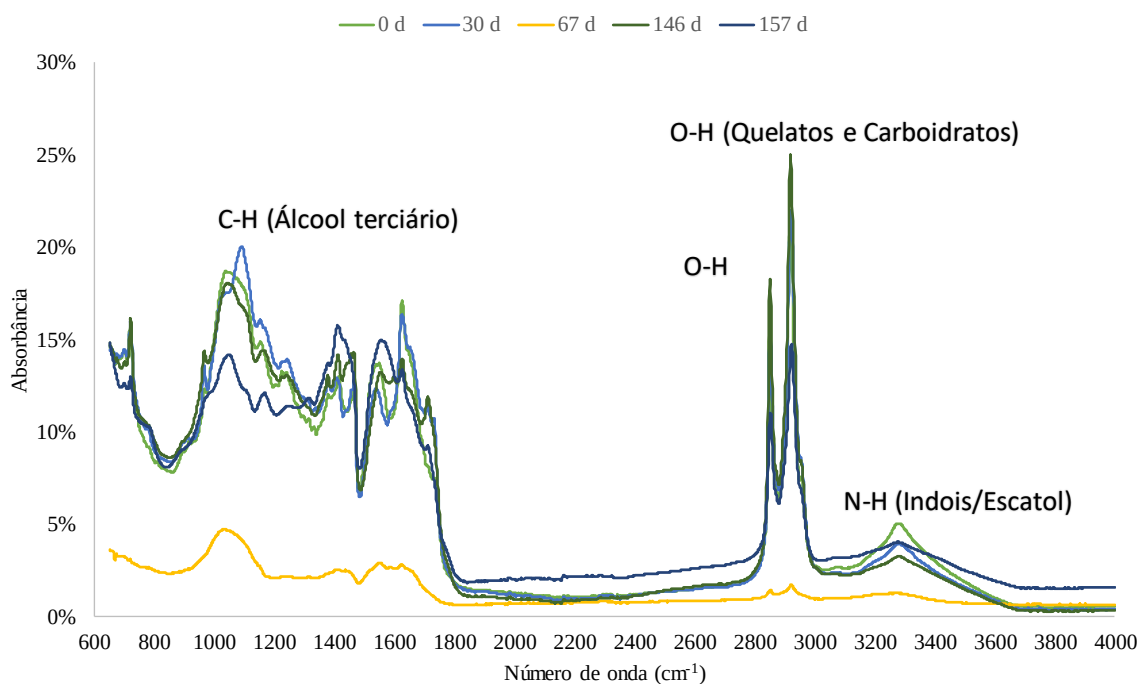


Figura 45: Espectros Normalizados Obtidos de Fezes Humanas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O perfil espectroscópico das amostras foram similares devido à presença de matéria orgânica, que é composta pelos mais variados tipos de substâncias, como celulose, substâncias húmicas, lignina, carboidratos e ácidos.

Através da análise dos espectros destaca-se a banda de estiramento em 1.082 cm^{-1} identificada nas fezes brutas e nas digeridas a 30, 146 e 157 dias de digestão, relacionada com ligações típicas C-O de ésteres alifáticos, bem como de carboidratos e Sulfato de Cálcio.

As de ligações O-H de grupos hidroxilas presentes nas vibrações de deformação axial nos átomos de hidrogênio intramolecular ligado a oxigênio dos quelatos ocorreu em todas as amostras analisadas, sendo um pico menor nas fezes em estado bruto (2.959 cm^{-1}) modo vibracional beding; um pico intermediário aos 30 dias (2.911 cm^{-1}) modo rocking;

um pico principal aos 67 dias (2.974 cm^{-1}) do stretching; aos 146 um pico menor (2.961 cm^{-1}) e aos 157 dias de digestão um pico principal (2.594 cm^{-1}).

Os espectros identificaram a presença de ligações N-H com NH_2 associados a aminas primárias e NH livre em aminas secundárias (Indois) na banda de 3.350 cm^{-1} encontradas no material digerido aos 67º e 157º dia.

As nitrilas ($\text{C} \equiv \text{C}$) foram identificadas nas amostras de fezes digeridas por 67 dias em bandas com intensidade de 2.460 cm^{-1} , vale ressaltar que as nitrilas são vulgarmente conhecidas como cianetos que são tóxicos. Dentre as nitrilas importantes do ponto de vista ambiental temos o ácido cianídrico (HCN), ou cianeto de hidrogênio, considerado um dos mais letais venenos já descobertos pela humanidade.

7.3.6 Microscopia Eletrônica de Varredura com Detecção de Energia Dispersiva de Raios X (MEV-EDS)

A Figura 46 apresenta um mosaico das fotos da análise morfológica de superfície das fezes digeridas em diferentes períodos após secas em estufa.

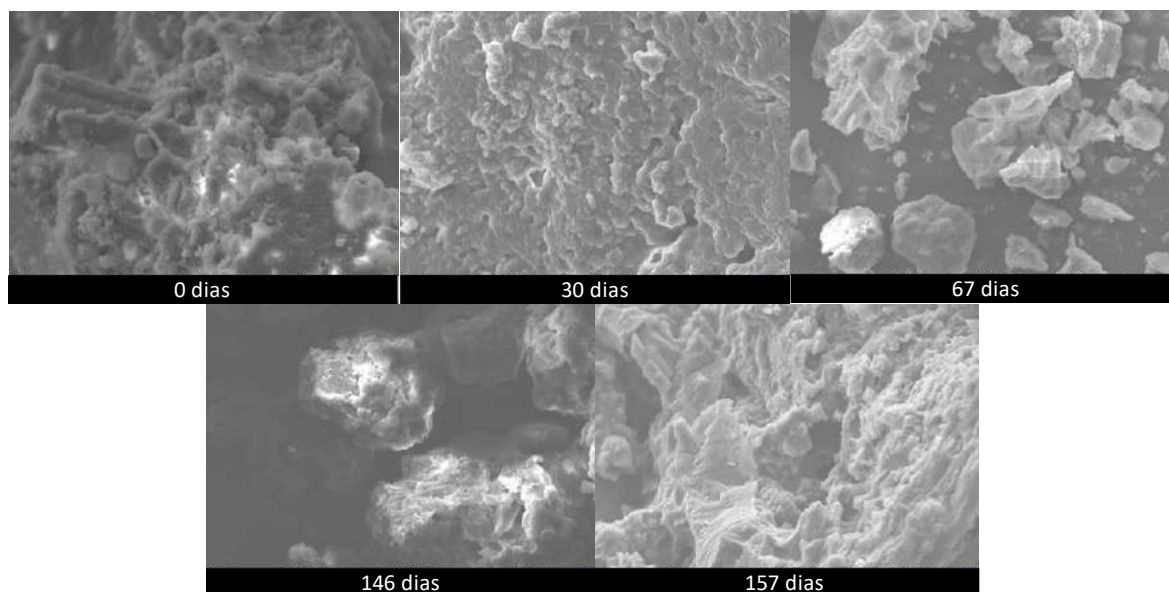


Figura 46: Fotos da Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura nas Fezes Digeridas em períodos distintos (base seca).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Considerando a secagem como um pré tratamento após a digestão podemos indicar que a morfologia das fezes em todos os períodos é extremamente heterogênea com superfícies não uniformes, com partículas diversificadas fato esse causado, possivelmente,

pela mistura de vários produtos, tais como: carbonatos, polímeros e óxidos. Tal análise aponta para uma possível indicação do uso desse material após tratamento térmico, ou mesmo, simples secagem em conformidade ao encontrado por Daré (2013). Nesse sentido temos a caracterização por espectrometria por energia dispersiva (EDS) acoplada a microscopia eletrônica de varredura (MEV) e apresentada na Tabela 27.

Tabela 27: Composição Elementar de Fezes Humanas Obtidas por EDS.

Elemento	Tempo de Digestão (d)				
	O	30	67	146	157
	Concentração (% m/m)				
Al	1,1		6,5	0,6	7,7
Au	4,3	8,1	2,4	3,7	10,8
C	51,7	62,9	59,9	70,3	67,9
Ca	0,6	1,1	2,8	0,4	0,9
Cu			0,5		
Fe			1	1,5	9,4
K	1	1,1	1	0,9	1,7
Mg	0,6	0,4	0,9	0,3	0,2
N	16,1				
Na	1,2	1,3		0,5	0,4
O	25,5	21,7	22,5	19,7	19,4
P	1,2	1,2	2,2	0,4	0,3
Pd	1	2,2		0,8	2,9
S	0,5		0,4	0,5	0,5
Si	0,3			0,5	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Um relevante fator a ser apontado é a presença de N (16,1%) nas fezes frescas ou brutas, e o não aparecimento desse elemento em outras fases da digestão, isso pode significar que o nitrogênio gasoso se transformou em amônia. Assim sendo a relação inicial de carbono e nitrogênio (C/N) é de 3,21, contudo esse valor pode estar sendo superestimado face a consideração total de carbono presente na amostra e não somente a fração orgânica de carbono que de acordo com os resultados da TG apontaram para valores de 6,58%, o que pode ser considerado como a fração orgânica da matriz fecal, desta forma passaríamos a considerar uma relação C/N igual a 0,41, valor 68% abaixo do valor inicialmente apontado. Essas frações são altamente dependentes da ingestão alimentar e disponibilidade biológica (BAI & WANG, 2011).

7.3.7 Digestão Natural de Fezes Humanas

7.3.7.1 Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)

Os compostos orgânicos voláteis identificados no processo de digestão são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28: Compostos Orgânicos Voláteis Gerados na Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.

Tempo de Digestão (d)	Compostos	Fórmula Molecular	Prob (%)	Tempo de Corrida (min)
2	2- (Aziridin) etanamina	C ₄ H ₁₀ N ₂	91,65	1,32
	Trissulfeto de dimetila	C ₂ H ₆ S ₃	95,34	8,19
	Diisobutirato de 2,2,4-trimetil-1,3-pentanodiol	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	72,60	16,56
15	2- (Aziridin) etanamina	C ₄ H ₁₀ N ₂	89,34	1,32
	Metanotiol	CH ₄ S	77,25	1,47
	Ácido Etanossulfônico	C ₃ H ₉ NO ₃ S	71,85	1,50
	Nitrogênio	N ₂	74,88	6,38
	Decametilciclopentasiloxano	C ₁₀ H ₃₀ O ₅ Si ₅	93,03	7,50
	Trissulfeto de dimetila	C ₂ H ₆ S ₃	97,82	8,18
	1-fenil-2-butanona	C ₁₀ H ₁₂ O	94,40	11,08
	Dodecаметилциклоhexasiloxano	C ₁₂ H ₃₆ O ₆ Si ₆	95,55	12,24
	1,3,5,7,9,11-Hexaetil-5,9-dioxitriciclo [5.5.1.1 (3,11)] hexasiloxano	C ₁₂ H ₃₂ O ₁₀ Si ₆	71,84	13,42
	2,4,7,9-Tetrametil-5-decino-4,7-diol	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	91,01	14,50
	Diisobutirato de 2,2,4-trimetil-1,3-pentanodiol	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	92,44	16,51
	5-fenilundecano	C ₁₇ H ₂₈	94,96	17,46
	Miristato de isopropilo	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	70,14	19,57
	2,4-Difenil-4-metil-2 (E) -penteno	C ₁₈ H ₂₀	85,45	19,55
	2,2-dimetoxi-1,2-difeniletanona	C ₁₆ H ₁₆ O ₃	81,08	20,43
	2-acetilcitrate de tributilo	C ₂₀ H ₃₄ O ₈	85,51	23,68
	Octocrileno	C ₂₄ H ₂₇ NO ₂	96,72	27,16
	Tris (2,4-ditert-butilfenil) fosfito	C ₄₂ H ₆₃ O ₃ P	91,62	29,46
16	Nitrogênio	N ₂	80,89	0,87
	2- (Aziridin) etanamina	C ₄ H ₁₀ N ₂	89,23	1,35
	dissulfeto de dimetilo	C ₂ H ₆ S ₂	97,01	4,07
	1,1,1,5,5,5-hexametil-3- [trimetilsilil) oxil] trisiloxano	C ₉ H ₂₈ O ₃ Si ₄	70,47	7,55
	Trissulfeto de dimetila	C ₂ H ₆ S ₃	98,13	8,19
	Metanotiolsulfonato de S-Metil	C ₆ H ₆ O ₂ S ₂	86,37	9,86
	Isotiocianato de ciclohexilo	C ₇ H ₁₁ NS	78,31	12,54
16	Hidroxitolueno butilado	C ₁₅ H ₂₄ O	79,82	16,00

(cont.)	Cafeína	$C_8H_{10}N_4O_2$	84,12	20,25
	2-acetilcitrato de tributilo	$C_{20}H_{34}O_8$	82,56	23,59
52	Nitrogênio	N_2	89,48	0,64
	2- (Aziridin) etanamina	$C_4H_{10}N_2$	72,65	1,37
53	Nitrogênio	N_2	88,64	0,21
	2- (Aziridin) etanamina	$C_4H_{10}N_2$	75,78	1,35
	Dissulfeto de dimetilo	$C_2H_6S_2$	98,65	4,26
	Monóxido de carbono	CO	81,20	5,29
	Trissulfeto de dimetila	$C_2H_6S_3$	98,15	8,17
	Metanotiosulfonato de S-Metil	$C_2H_6O_2S_2$	95,15	9,86
	Isotiocianato de ciclohexilo	$C_7H_{11}NS$	90,05	12,53
	Hidroxitolueno butilado	$C_{15}H_{24}O$	86,53	16,00
	2-(propyldithio)-Benzothiazole	$C_{10}H_{11}NS_3$	70,99	20,57
	2- (Aziridin) etanamina	$C_4H_{10}N_2$	88,86	2,22
118	Cloreto de metileno	CH_2CL_2	97,26	7,53
	Trissulfeto de dimetila	$C_2H_6S_3$	85,44	15,10
	Hidroxitolueno butilado	$C_{15}H_{24}O$	78,66	30,84
	Diisobutirato de 2,2,4-trimetil-1,3-pentanodiol	$C_{16}H_{30}O_4$	91,41	32,33
	1,1'-sulfonilbis (4-clorobenzeno)	$C_{12}H_8CL_2O_2S$	74,82	46,58
131	Nitrogênio	N_2	80,82	1,28
	Monóxido de carbono	CO	74,71	6,45
132	Monóxido de carbono	CO	82,59	1,29
	2- (Aziridin) etanamina	$C_4H_{10}N_2$	81,55	2,01
	Nitrogênio	N_2	87,21	2,09
	Methylamine	CH_5N	87,80	3,26
	Dodecametilciclohexasiloxano	$C_{12}H_{36}O_6Si_6$	92,70	13,17
	Hidroxitolueno butilado	$C_{15}H_{24}O$	81,28	16,00
	Nitrogênio	N_2	88,70	1,30
142	Monóxido de carbono	CO	75,22	6,38
	Isotiocianato de ciclohexilo	$C_7H_{11}NS$	74,64	12,52
	Hidroxitolueno butilado	$C_{15}H_{24}O$	77,83	15,59
	Nitrogênio	N_2	89,44	1,29
143	Oxigênio	O_2	89,97	3,01
	Dissulfeto de dimetilo	$C_2H_6S_2$	97,86	4,29
	1,1,1,5,5,5-hexametil-3- [trimetilsilil) oxi] trisiloxano	$C_9H_{28}O_3Si_4$	76,34	8,15
	Dodecametilciclohexasiloxano	$C_{12}H_{36}O_6Si_6$	88,09	13,18
	Hidroxitolueno butilado	$C_{15}H_{24}O$	80,68	16,00
	Monóxido de carbono	CO	74,72	1,10
	Nitrogênio	N_2	89,44	1,29

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Segundo Ruge (1862) nas fezes humanas existem mais de 381 compostos orgânicos voláteis, contudo, isso varia de indivíduo para indivíduo, que pode ser de 135 (PRETER et al., 2009) a 297 (GARNER et al., 2007) compostos.

Os compostos voláteis com presença de enxofre identificados no processo de decomposição das fezes humanas 26,92% que são responsáveis por emissões odoríficas, ou seja, fazem parte do grupo dos sulfurados (RUGE, 1862; ROSE et al., 2015).

Compostos com a presença de silício orgânico cíclico foram identificados 15,38% do total detectado. Esses compostos são insumos básicos de cosméticos (cremes e loções de pele, produtos de barbear, maquiagem) e fazem parte da constituição de produtos de limpeza. O Dodecametilciclohexasiloxano é um monômero responsável pela produção de silicone. (RUGE, 1862).

Os hidrocarbonetos identificados no processo de digestão das fezes humanas compõem 7,69% dos compostos, sendo todos gerados no decimo quinto dia de digestão (COSTELLO et al., 2014).

Identificou-se 15,38% de compostos nitrogenados com especial atenção para a cafeína, que é um alcaloide, pois contém nitrogênio em ciclo que normalmente apresenta a metilpirazina, piridina e o pirrol (ROSE et al., 2015).

Os voláteis oxigenados correspondem a 26,92% dos compostos registrados na pesquisa, sendo o composto modal o Hidroxitolueno butilado (CAS#128-37-0), e sendo o décimo quinto dia o período de maior geração de COV's (COSTELLO et al., 2008).

7.3.7.2 Biogás

O metano é produzido pelas arqueobactérias a partir da redução do ácido acético (70%) ou pelas arqueohidrogeotróficas através da redução do dióxido de carbono (30%) (NAVICKAS et al., 2013).

Os valores encontrados nesse estudo apontam para o pico de produção de metano ao 11º dia no BD1 (157d/0,14%), enquanto que no BD2 (146d) tal fato só ocorreu aos 74 dias de digestão (0,12%), com média de 0,04% (157d) e 0,05% (146d) isso diverge ao citado por Liang et al (2003) que aponta uma produção de metano na ordem de 10 a 60%.

A configuração do biogás gerado ao longo do processo de biodigestão é apresentado na Figura 47.

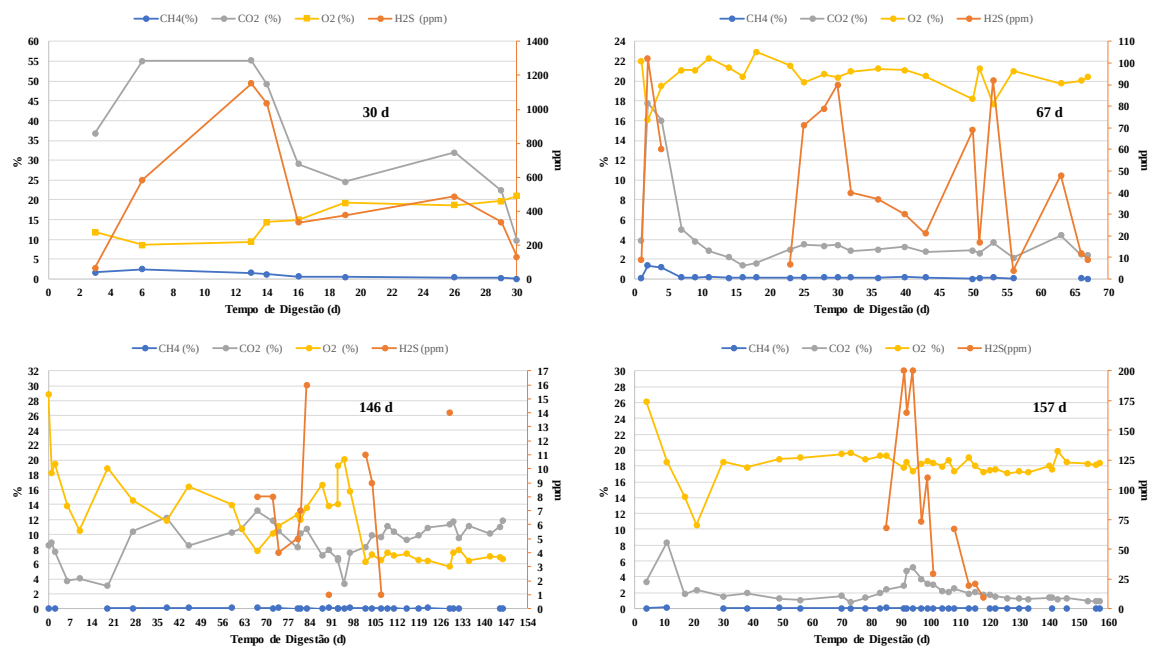


Figura 47: Geração de Biogás no Processo de Digestão Anaeróbia de Fezes Humanas.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As reações químicas e bioquímicas sofrem influência direta da temperatura, afetando o processo de digestão anaeróbia, contudo variações bruscas de temperatura podem levar o processo de digestão ao desequilíbrio e morte das bactérias digestoras (CRAVEIRO et al., 1982; NAVICKAS et al., 2013).

A Figura 48 apresenta a variação de temperatura ao longo dos 157 dias de digestão.

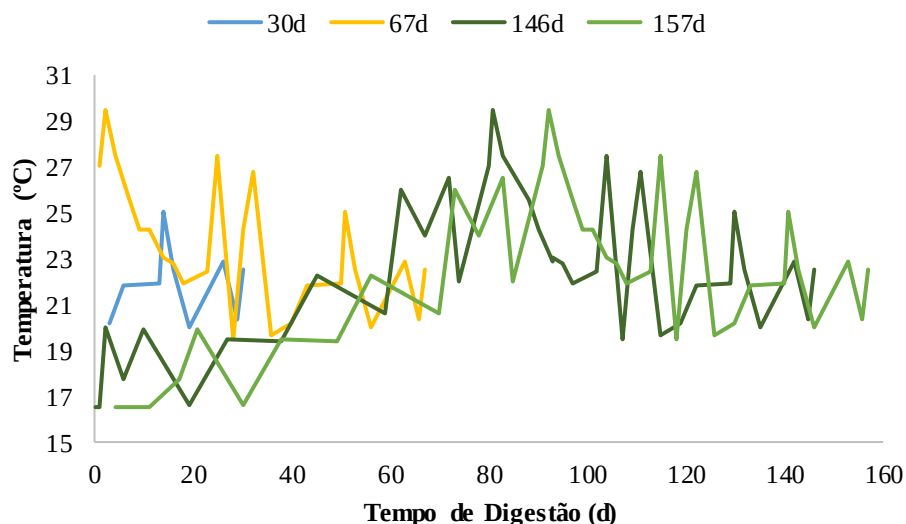


Figura 48: Comportamento Térmico Ambiental do Processo de Digestão de Fezes Humanas.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As médias de temperatura do experimento foram: 21,9±1,6 °C (CV=7,3%) para 30 dias; 23,4±2,8 °C (CV=11,8%) para 67 dias; 22,3±3,2 °C (CV=14,5%) para 146 dias e 21,2±4,1 °C para 157 dias de digestão, valores muito abaixo aos considerados ideais para o processo de digestão anaeróbia (CASTRO E CORTEZ, 1998; SOUZA, 2010).

O processo de biodigestão se faz mais efetivo na faixa mesófila em que a temperatura ideal esteja em torno de 37 °C, temperaturas baixas e/ou muitas oscilações tornam este fator limitante no processo de biodigestão anaeróbia (CHERNICHARO, 2007).

Quando a temperatura diminui, aumenta a concentração de ácidos voláteis, isto pode resultar em redução da capacidade de tamponamento do processo anaeróbio, diminuindo o pH (PINHEIRO, 2006).

Para evitar diminuição na produção de biogás, a temperatura deve ser compatível com o tipo de bactérias e as variações não devem ser bruscas (KHANAL, 2009).

Aponta-se que tal fator de interferência é minimizado na maioria dos trabalhos científicos pelo controle da temperatura, o que nem sempre é possível em situações práticas.

Tal situação, por vezes, inviabiliza sistemas ou mesmo os torna não efetivos no processo de produção e geração de biogás (ANDRIANI et al., 2015).

As características qualitativas da geração de biogás no processo de digestão anaeróbia de fezes humanas são apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29: Composição do Biogás (%) do Processo de Biodigestão Anaeróbia de Fezes Humanas sob Condições Ambientais.

Elemento (%)	Nomenclatura	Tempo de Digestão (d)			
		30	67	146	157
CH₄	Metano	1,01 (77,7%)	0,24 (140,2%)	0,05 (61,2%)	0,04 (65,6%)
CO₂	Dióxido de Carbono	34,88 (44,9%)	4,18 (95,9%)	9,14 (27,3%)	2,17 (67,3%)
H₂S	Gás Sulfídrico	0,0500 (74,5%)	0,0044 (74,7%)	0,0008 (63,1%)	0,0087 (71,78%)
O₂	Oxigênio	15,32 (30,1%)	20,47 (7,3%)	11,77 (45,2%)	18,17 (11,5%)

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As concentrações dos compostos que compõem o biogás estão abaixo dos valores preconizados na literatura, o que pode indicar caminhos para o aproveitamento desse gás a partir da matriz fecal humana. O gás metano é o mais importante dos gases gerados na decomposição anaeróbica, ou seja, o mais importante constituinte para a avaliação do aproveitamento do biogás (SALOMON, 2007).

Um fator altamente relevante a essa pesquisa são os níveis de oxigênio observados nos digestores, o que converge com a análise feita frente a temperatura do experimento. Considerando estes parâmetros, provavelmente, os digestores não saíram da fase hidrolítica, ou seja, a primeira fase da digestão anaeróbia que é realizada pela ação de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas (ROSE et al., 2015).

Uma síntese da literatura sobre a característica qualitativa do biogás gerado é mostrada na Tabela 30.

Tabela 30: Característica Qualitativa do Biogás.

Elemento (%)	Nomenclatura	Autores		
		Castanón (2002)	Oliver (2008)	Faria (2012)
CH₄	Metano	40,0 a 75,0	50,0 a 70,0	40,0 a 75,0
CO₂	Dióxido de Carbono	25,0 a 40,0	30,0 a 40,0	25,0 a 40,0
H₂S	Gás Sulfídrico	0,1 a 0,5	0,0 a 1,0	0,1 a 0,5
O₂	Oxigênio	0,1 a 1,0	0,0 a 1,0	0,1 a 1,0

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.4 Caracterização da Urina Humana

7.4.1 Caracterização Físico Química

As variáveis: sólidos dissolvidos totais (TDS); salinidade (SAL); temperatura (T), condutividade elétrica (CE) e o potencial hidrogeniônico (pH) são apresentados na Figura 49 através de *box plots*.

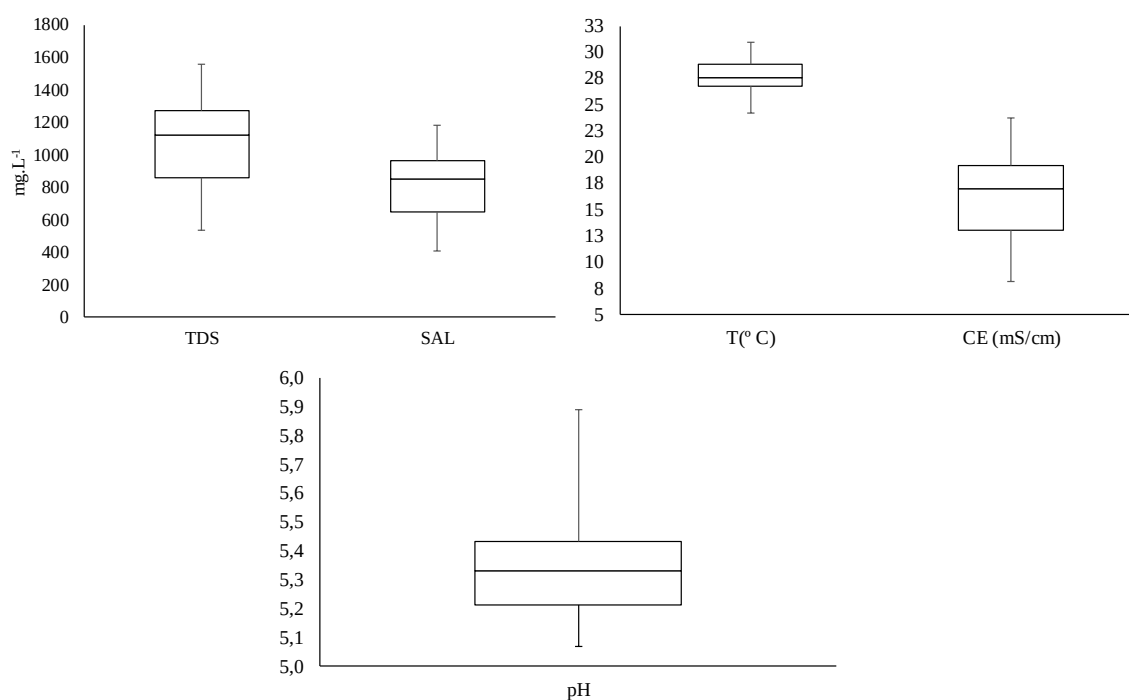


Figura 49: Caracterização da Urina – Variáveis Auxiliares.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A urina *in natura* apresenta características ácidas com pH igual a $5,35 \pm 0,21$ (CV=3,99%), enquanto que a quantidade de íons presentes na amostra, expressa na forma de sólidos dissolvidos totais, apresentaram variabilidade de 28,29% tendo sua média de $1.053,92 \pm 298,13 \text{ mg.L}^{-1}$ e salinidade (SAL) igual a $798,77 \pm 225,4 \text{ mg.L}^{-1}$ (CV=28,22%). Para a condutividade elétrica (CE) foram mensurados os valores $15,98 \pm 4,51 \text{ mS.cm}^{-1}$, indicando uma variabilidade de 28,24%. A temperatura (T) média da urina é de $27,60 \pm 2,17 \text{ °C}$ (CV=7,86%).

Em relação aos parâmetros físico-químicos a urina apresentou uma DBO igual a 9.713,90 mg.L⁻¹ ; DQO igual a 10.865±49,50 mg.L⁻¹ (n=3); concentração de sólidos totais (ST) de 35.432 mg.L⁻¹; sólidos suspensos voláteis (SSV) de 397,50 mg.L⁻¹; cor igual a 752,0 uH (Unidade de cor de Hazem); turbidez 86,70 UNT (Unidade Nefelometria de Turbidez). Em relação aos nutrientes os valores encontrados foram: Potássio (K) igual a 1.392,50 mg.L⁻¹; Cálcio (Ca) igual a 17,64 mg.L⁻¹; Fósforo total (Pt) igual a 396,20 mg.L⁻¹ e nitrogênio amoniacal total ou amônia total (NH₄⁺) igual a 432,90 mg.L⁻¹.

7.4.2 Caracterização do Armazenamento/Estocagem

A Tabela 31 apresenta os valores do teste clínico realizado na urina de acordo com o período de estocagem sob condições ambientais.

Tabela 31: Análise Clínica da Urina Humana

Tempo de Estocagem (d)	Proteína	Bilirrubina	Corpos Cetônicos	Glicose	Urobilinogênio
0	30-100	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
2	30-100	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
4	30-100	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
6	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
8	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
10	100-300	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
12	100-300	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
14	30-100	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
16	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
18	100-300	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
20	100-300	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
22	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
24	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
26	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
28	<30	Negativo	Negativo	Negativo	Normal
30	>1000	Negativo	Negativo	Negativo	Normal

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Quanto as características clínicas da urina as mesmas não sofrem variações ao longo do tempo, sendo tais características consideradas com função do nível de saúde do

indivíduo que promove a micção. Os níveis encontrados na urina sob análise indicam as características de um indivíduo saudável.

As concentrações de Ca pouco oscilam, contudo apreentam um aumento de aproximadamente 27% da concentração inicial, isso se deve ao fato da formação de óxidos de cálcio. Em relação ao fósforo total a curiosidade fica por conta do 24º dia de monitoramento em que apresenta a menor concentração do perído. Especial atenção deve ser dada ao aumento da concentração da amônia que se inicia no processo com uma concentração in natura de 432,90 mg.L⁻¹ e finaliza com uma concentração de 4.933 mg.L⁻¹, um aumento da ordem de 11 vezes o valor inicial, alteração justificada pela transformação da ureia em amônia. O aumento na concentração de potássio foi de 44,34% oriundo da formação dos precipitados de sais, em especial o cloreto de potássio (KCl).

O comportamento temporal das variáveis avaliadas no processo de estocagem e/ou armazenamento da urina são mostrados na Figura 50.

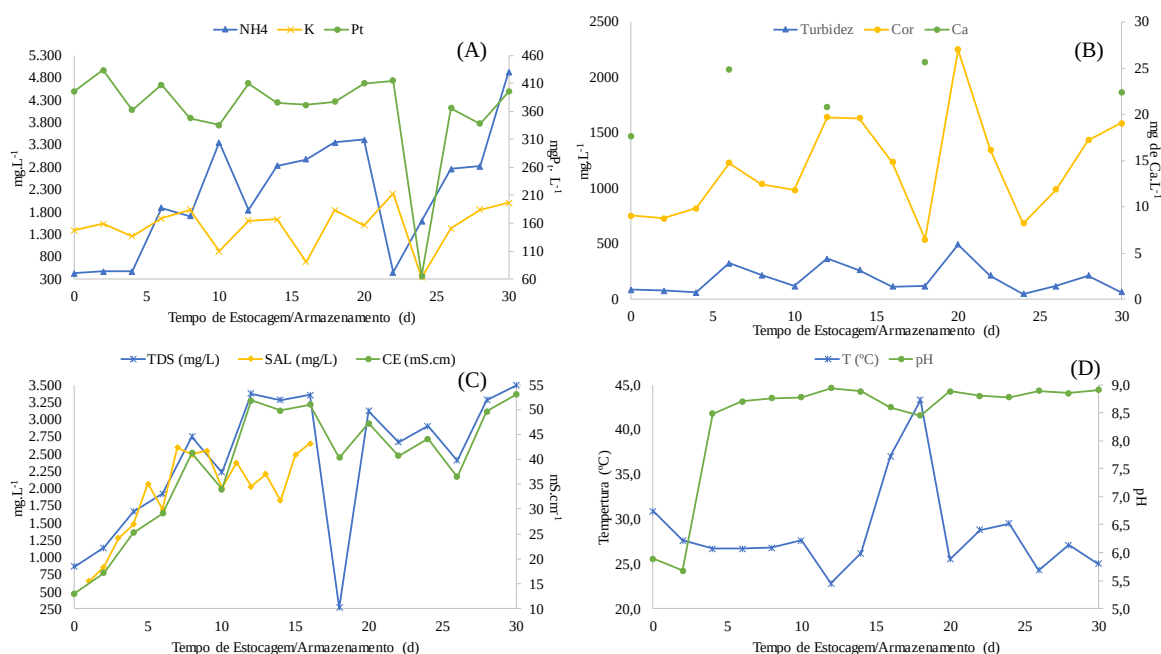


Figura 50: Efeito da Estocagem nas Características Qualitativas de Urina Humana.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A turbidez apresenta uma variabilidade ao longo do processo de estocagem de 70,41%, tendo sua maior concentração apresentada no 20º dia de estocagem, similar ao que ocorre com a cor quando sua concentração está em seu máximo igual a 2.251 uH. Uma observação relevante é o fato de que a coloração amarela da urina em presença de luz, ao

longo do tempo, vai se transformando em uma coloração mais próxima do cinza escuro com o aparecimento de pequenos flocos na massa líquida.

De acordo com Bazzarella et al. (2005) durante o período de estocagem os parâmetros físico-químicos evoluem da seguinte forma: o pH aumenta até valores próximos de 9,0. A condutividade elétrica apresenta um crescimento acentuado nos primeiros 15 dias (13,6 a 38,8 mS.cm⁻¹ em recipiente fechado e 13,6 a 43,8 mS.cm⁻¹ em recipiente aberto) e um ligeiro decaimento ao final do processo.

O comportamento da DQO ao longo do processo de estocagem está decrita na Figura 51 que traz ainda a aferição do decaimento desse parâmetro ao longo do tempo, expresso na forma de eficiência de remoção, considerando a atenuação natural de matéria orgânica em micção humana.

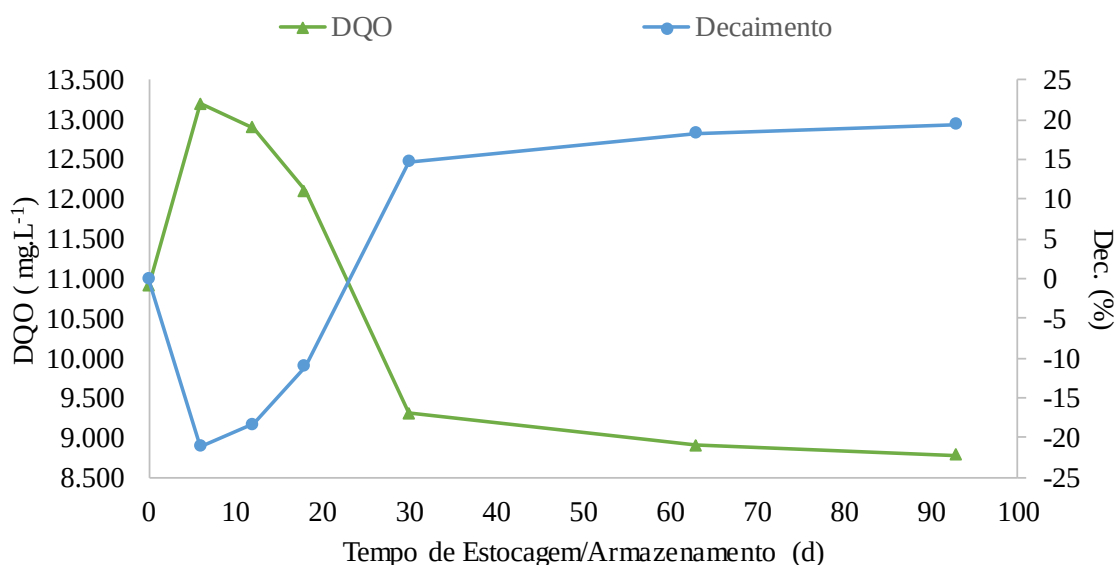


Figura 51: Efeito da Estocagem no Decaimento de DQO em Urina Humana.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O efeito da estocagem sobre a concentração de DQO apresenta uma característica evolutiva importante, visto que na primeira semana de armazenamento ocorreu o aumento da DQO, na ordem de 21%. Eficiências negativas ainda foram encontradas até o 20º dia de estocagem, porém, ainda na primeira semana o processo começa a apresentar taxas evolutivas positivas. A taxa de decaimento linear obtida para a DQO foi de 0,2511%. d⁻¹ e para a DBO de 0,0389%. d⁻¹, onde as eficiências finais foram de 19% e 28%, respectivamente.

De acordo com Bazzarella et al. (2005) os valores de DBO_5 e DQO ficam a maior parte do tempo em torno de 2.000 mg.L^{-1} e 8.500 mg.L^{-1} respectivamente, com algumas oscilações durante o período de estocagem. O efeito da estocagem sobre a série de sólidos é apresentado na Tabela 32.

Tabela 32: Série de Sólidos e Variáveis Auxiliares em Amostras de Urina sob Estocagem.

Tempo de Estocagem (d)	ST	TDS	SST	SSV	SAL	OD	pH	T	CE
	[mg.L ⁻¹]							[°C]	[μS.cm]
0	35.432	12.700	22.732	397,5	9.620	2,1	5,62	27,8	19.250
30	Indeterminado				34.900	2,14	8,91	25,0	53000
63	33.100	21.428	11.672	385	25.100	2,19	9,26	27,1	50.200
93	34.300	19.750	14.550	630	26.000	0,75	9,02	27,0	52.100

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A relação substrato/biomassa obtida da relação DQO/SSV, também conhecida como relação alimento/microrganismo (A/M) foi de 27,24 mg de DQO.mg de SSV⁻¹ na urina fresca enquanto que sofreu uma redução para 23,11 ao 63º dia e 13,94 ao 93º dia.

7.5 Caracterização dos Resíduos Combinados (Urina e Fezes)

A Tabela 33 apresenta o comportamento cinético da atenuação natural da matéria carbonácea na mistura fezes urina ao longo de 30 dias.

Tabela 33: Concentração de DBO e DQO em Mistura de Fezes e Urina Humana.

Tempo de Estocagem (d)	DQO	DBO	DQO/DBO
	[mg.L ⁻¹]		
0	279.500,00	216.895,00	1,29
30	117.500,00	90.680,00	1,30

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A taxa de decaimento linear encontrada para a DQO e DBO foram 2,34 d⁻¹ e 0,046 d⁻¹, respectivamente, enquanto que a taxa de decaimento exponencial de DQO e DBO foi 0,029 d⁻¹ e 0,029 d⁻¹. A velocidade da reação de DQO foi de 5.400 mg.L⁻¹.d⁻¹ e da DBO foi de 4.207 mg.L⁻¹.d⁻¹. As eficiências foram de 57,96% e 58,19% para DQO e DBO, respectivamente.

A Tabela 34 traz os valores da série de sólidos para o resíduo combinado de fezes e urina humanas encontrados nesse experimento.

Tabela 34: Concentração de Sólidos em Mistura de Fezes e Urina Humana.

Tempo de Estocagem (d)	ST	TDS	SST	SSV
	[mg.L ⁻¹]			
0	82.943	14.000	68.943	68.380
30	82.561	12.690	69.871	12.140

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A medida em que o tempo passa, as fezes se diluem na urina, aumentando a concentração de sólidos dissolvidos, contudo, os microrganismos existentes na amostra iniciam a degradação/decomposição desse material finamente dissolvido na porção líquida.

No início do processo os TDS representavam 16,88% da fração sólida na solução, ao final, esse valor diminuiu para 15,37% corroborando com a eficiência de matéria carbonácea via anaeróbia, a diminuição dessa variável pode ser, ainda, justificada pela

agregação de partículas fecais com a formação do oxalato de cálcio (CaC_2O_4) na urina, aumentando dessa forma o teor de SST. A redução na concentração de sólidos dissolvidos (TDS) ao final da estocagem foi de 9,36% do processo enquanto que o incremento de SST foi de 1,35%. 82% foi a redução dos SSV indicando uma baixa significativa na comunidade microbiana, assim sendo, a relação A/M inicial encontrada foi 4,09 mg de DQO.mg de SSV⁻¹, e a relação final foi igual a 9,68 mg de DQO.mg de SSV⁻¹ considerados os trinta dias do período de estocagem, fato ratificado pela redução de SSV.

Finalizando a caracterização dos resíduos combinados da bacia sanitária, fezes e urina, são mostrados os resultados obtidos para os parâmetros auxiliares ao longo do tempo na Figura 52.

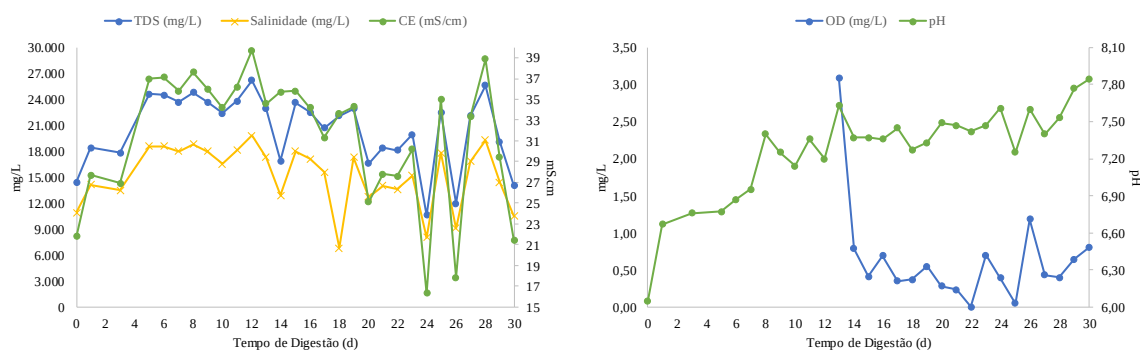


Figura 52: Comportamento de Parâmetros Auxiliares na Digestão Natural de Resíduos Combinados.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A digestão dos resíduos combinados, fezes e urina, sob condições ambientais apresenta um comportamento similar ao verificado na estocagem de urina *in natura* ou fresca quando observado sob a ótica do potencial hidrogeniônico ao longo do processo de estocagem, tal fato pode ser função do acréscimo de amônia no processo a partir da degradação da ureia existente na urina.

7.6 Caracterização do Efluente Gerado da Bacia Sanitária – Águas Negras

7.6.1 Caracterização Qualitativa

Os resultados obtidos dos parâmetros auxiliares da amostra composta de 24h são expressos na Tabela 35.

Tabela 35: Caracterização das Águas Negras – Parâmetros Auxiliares

Amostragem	OD	SAL	pH	T	CE	RES
	[mg.L ⁻¹]		ad	°C	[μS.cm ⁻¹]	[W.cm ⁻¹]
1ª campanha	0,40	7.100	8,78	29,14	1.424	7,00x10 ⁻⁴
2ª campanha	8,4	6.200	8,05	24,01	1.253	8,00 x10 ⁻⁴
3ª campanha	8,16	8.900	8,06	29,2	1.765	6,00 x10 ⁻⁴
4ª campanha	2,75	5.000	6,48	27,66	1.009	1,00 x10 ⁻⁴
5ª campanha	5,18	6.060	6,51	26,1	1.212	
6ª campanha	4,6	1.040	5,88	24,3	2.400	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As águas negras possuem uma varibilidade de OD igual a 70,33%, contudo, sua característica pode ser identificada na média das amostras analisadas ($4,92 \pm 3,46$), vale ressaltar que esse parâmetro é influenciado por vários fatores, dos quais: o método de aferição antes da coleta, método da coleta, condições ambientais e de acondicionamento. Outro relevante fator é o pH ligeiramente básico ($7,29 \pm 1,03$) com uma baixa variabilidade (14,13%), contrastando com o pH ácido encontrado na urina.

A Tabela 36 apresenta as concentrações dos macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio), a cor, a turbidez e a concentração de matéria orgânica por via indireta, DBO e DQO.

Tabela 36: Caracterização das Águas Negras – Parâmetros físico-químico.

Turbidez	Cor	DBO	DQO	P _{total}	N-NH ₃	NTK	K
[UNT]* ¹	[uH]* ²			[mg.L ⁻¹]			
744	439,10	14.046,7	29.100	45,10	215,60	330,91	120
1.015	6.748,00	1.806,42	38.000	44,60		302,63	120
2.970	3.979,00	4.906,00	64.000	93,90	239,20		83
	6.863,50	6.863,50	10.550	27,90	270,37		113

*¹Unidade Nefelométrica de Turbidez; *²Unidade de cor de Hazem.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Em relação aos sólidos as águas negras caracterizam-se por uma concentração de sólidos totais igual a $3.528 \pm 1.143,8 \text{ mg.L}^{-1}$ ($n=6$ e $CV=32,42\%$); sólidos suspensos totais (SST) de $2.472 \pm 1.114 \text{ mg.L}^{-1}$ ($n=6$ e $CV=46,3\%$); sólidos dissolvidos totais (SDT) igual a $923 \pm 304 \text{ mg.L}^{-1}$ ($n=6$ e $CV=32,98\%$); sólidos fixos totais igual a 654 mg.L^{-1} ($n=2$ e $CV=0\%$); sólidos voláteis totais (SVT) da ordem de $2.731 \pm 654 \text{ mg.L}^{-1}$ ($n=3$ e $CV=23,95\%$); sólidos suspensos voláteis (SSV) de $2.650 \pm 293 \text{ mg.L}^{-1}$ ($n=3$ e $CV=11,06\%$), sólidos sedimentáveis (MS) igual a $25 \pm 17 \text{ mL.L}^{-1}$ ($n=3$ e $CV=67,49\%$).

A caracterização microbiológica aponta para uma concentração de $1,42 \times 10^7 \pm 1,10 \times 10^7 \text{ UFC.100 mL}^{-1}$ ($n=3$ e $CV=78\%$) de coliforme totais, de $1,37 \times 10^7 \pm 2,15 \times 10^7 \text{ UFC.100 mL}^{-1}$ ($n=4$ e $CV=157\%$) para coliformes termotolerantes enquanto que para a E.coli o valor identificado foi de $3,31 \times 10^6 \pm 8,25 \times 10^6 \text{ UFC.100 mL}^{-1}$ ($n=4$ e $CV=250\%$).

7.6.2 Atenuação Natural

O comportamento das variáveis avaliadas no processo de atenuação natural de águas negras está apresentado na Figura 53.

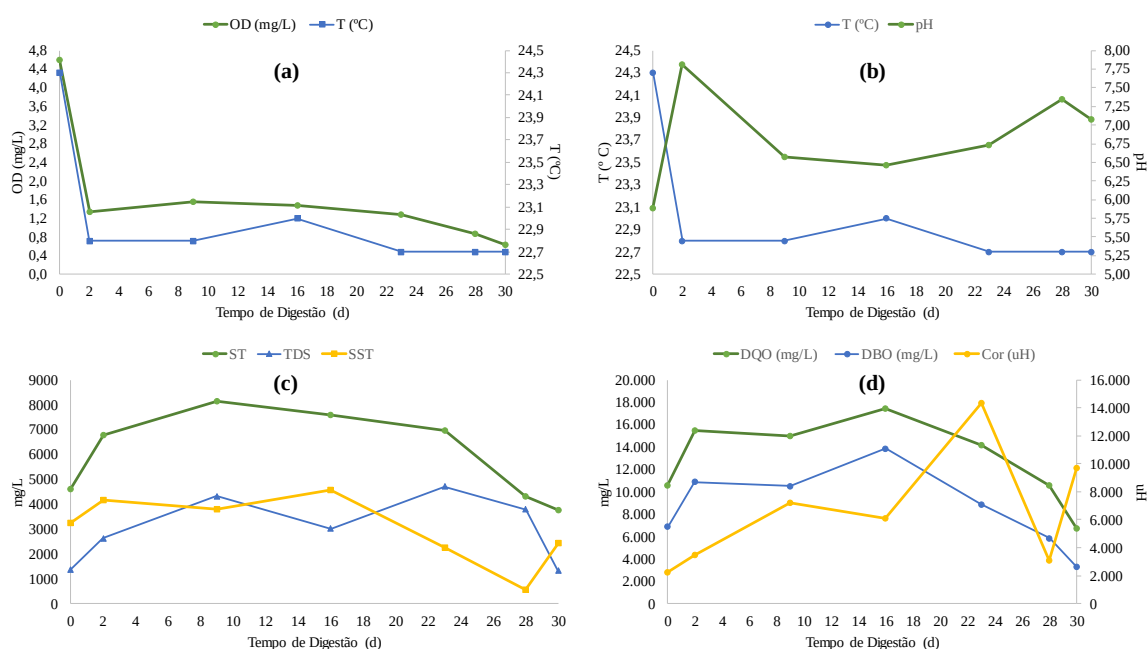


Figura 53: Caracterização do Processo de Atenuação Natural de Águas Negras.
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A queda do teor de oxigênio dissolvido nas águas negras, indicado na Figura 53(a), ocorre com maior expressão nos primeiros dois dias de digestão, paradoxalmente, esse fenômeno ocorreu com a diminuição da temperatura, que no experimento ficou na faixa de

22,7 a 24,3 ° C, e com o aumento de pH, explicitado na Figura 53(b), ratificado na Figura 53(c) com a indicação da elevação da concentração de sólidos, bem como, na concentração de matéria carbonácea e da cor, mostrados na Figura 53(d). Tal fenômeno aponta a necessidade de melhor compreensão do processo nos instantes iniciais da digestão anaeróbia sob condições ambientais.

O fenômeno anômalo citado acima pode ser função do sistema fechado em que foi realizado o experimento. Pois esse não permitia a liberação dos gases gerados no processo, possibilitando que os mesmos se misturassem ao efluente, alterando assim, suas características em função da modificação da rota de digestão, em especial atenção ao CO₂.

Confrontando-se os valores encontrados no final do período de digestão das águas negras com a resolução CONAMA 430/11 pode-se acusar que: - o oxigênio dissolvido possui valores muito baixos para lançamento em corpos hídricos lânticos, mesmo não sendo considerado na referida resolução; - a cor, outro parâmetro não preconizado na legislação, dispõe de significativos valores considerando valores citados por Tonani (2010) que variam de 250 a 585 uH para lançamentos em coleções hídricas, de toda e qualquer natureza, apontando para a necessidade de uma tecnologia que venha a considerar a redução do teor de sólidos dissolvidos, logo, a remoção de cor; - a temperatura está inferior a 40 ° C, o indicado na referida norma; - ao se tratar da remoção de sólidos a eficiência encontrada foi de 18,7% para ST, 3,6% para TDS e 25% para SST sendo este último superior ao preconizado na norma (20%); - apresentou eficiência de degradação de matéria orgânica da ordem de 36,5% para DQO e de 51,8% para DBO, valores que se apresentam abaixo dos 60% mínimos indicados pelo instrumento normativo regulador.

Se considerarmos a preposição de uma tecnologia inovadora para o tratamento de águas negras a partir do experimento citado, é importante considerar os seguintes aspectos: - um tempo de detenção superior a 30 dias; - um dispositivo para liberação dos gases gerados no processo; - isolamento térmico, ou mesmo, a inserção de um sistema de aquecimento que permita a manutenção da temperatura na faixa ótima de operação, em torno de 37°C e – um sistema que permita a mistura do efluente propiciando a redução do tamanho do bolo fecal, transformando-o em partículas de menores dimensões, facilitando a atividade microbiana.

7.7 Prospecção Tecnológica de Métodos, Processos e Tecnologias e sua Sistematização das Vantagens, Desvantagens e a Especificação do Estado da Arte

7.7.1 Prospecção Tecnológica em Bancos de Patentes

Aqui são mostradas alguns dos depósitos em âmbito nacional e internacional, a saber:

7.7.1.1 Depósitos de Patentes em Âmbito Nacional

No âmbito nacional das tecnologias desenvolvidas é possível apontar as iniciativas relacionadas às patentes apresentadas na Tabela 37, semelhantes ou correlacionadas à tecnologia aplicadas ao meio rural que foram encontradas na base de patente do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Tabela 37: Pedidos de Patentes junto ao INPI Correlatos ao Tratamento de Efluentes oriundos da Bacia Sanitária (BS).

Título	Número do Documento	Data de Depósito	Diferença(s)	Problema(s) técnico(s) da tecnologia já existente
Reator anaeróbio de fluxo ascendente com filtro separador – Fossa Ecológica	BR 202015009315-8 U2	24/04/2015	- Nenhuma flexibilidade operacional; - Geometria cilíndrica oblíqua.	- Não possui dispositivo de tratamento e destinação final do lodo gerado; - Contato direto do efluente com o solo, com possibilidade de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.
Biodigestor Helicoidal para tratamento de dejetos do vaso sanitário	BR 202014013397-1 U2	03/06/2014	- Uso exclusivo de uma única técnica de tratamento.	- Limitação no tratamento; - Pouca flexibilidade operacional; - Não há aproveitamento do lodo.
Equipamento modular compacto de tratamento de esgotos domésticos	BR 202014013398-0 U2	03/06/2014	- Limitação no arranjo e na quantidade de unidades que compõe o sistema.	- Não indica o tratamento da fase líquida composta por água e urina.
Separador contínuo de dejetos do vaso sanitário	BR 202014013394-7 U2	03/06/2014	- Uso exclusivo de uma única técnica de tratamento.	- Limitado ao processo físico de separação.
Sistema modular compacto de decantação para tratamento de efluentes provenientes de diversas fontes	MU 8701195-6 U2	23/07/2007	- Aplicação difusa (residencial e industrial); - Uso exclusivo de uma única técnica de tratamento.	- Limitação no tratamento; pouca flexibilidade operacional; - Pouca ou nenhuma interação da tecnologia ao meio rural.

Tabela 37: Pedidos de Patentes junto ao INPI Correlatos ao Tratamento de Efluentes oriundos da Bacia Sanitária (BS) – Continuação.

Título	Número do Documento	Data de Depósito	Diferença(s)	Problema(s) técnico(s) da tecnologia já existente
Disposição introduzida em fossa séptica	MU 8700771-1 U2	01/06/2007	- Tecnologia tradicional.	- Baixa eficiência na digestão de matéria orgânica.
Sistema de Tratamento de Efluentes com filtro biológico e zona de raízes	PI 0503416-7 A	27/07/2005	- Utilização de conjunto moto-bomba; - Consumo de energia elétrica; - Material filtrante de conchas de moluscos; - Nenhuma flexibilidade operacional.	- Complexidade na aquisição do material filtrante; - Consumo de energia elétrica.
Fossa séptica e filtro anaeróbio conjugados	MU 8302430-1 U	29/09/2003	- Tecnologia tradicional do sistema fossa filtro.	- Pouca integração ao homem do campo; - Possibilidade de contaminação do solo e de águas subterrâneas.
Fossa séptica	MU 7703003-6 U	19/06/1997		
Tanque séptico e fossa absorvente	PI 9605507-3 A	31/10/1996		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.7.1.2 Depósitos de Patentes em Âmbito Internacional

Na Tabela 38 são apresentadas tecnologias patenteadas semelhantes ou correlacionadas ao tratamento de águas negras que foram encontradas em base de patente dos Estados Unidos (USPTO – *United States Patent and Trademark Office's*).

Tabela 38: Pedidos de Patentes Junto ao USPTO.

Título	Número Documento	Data de Depósito	Diferença(s)	Problema(s) técnico(s) da tecnologia já existente
Black water processing system with high pressure flash vessel	US 10005679 B2	26/06/2018	Utilização de trocadores de calor	Elevado consumo de energia; Complexidade operacional Significativos custos operacionais
Black water solar disk	US4611577	16/09/1986	Uso exclusivo de uma única técnica de tratamento	Nenhuma flexibilidade de operação
Method for treating human waste by solidification	US4615810	07/10/1986	Sistema na própria bacia sanitária Sistema via seca Nenhuma flexibilidade de operação e instalação	Utilização de energia elétrica Impossibilidade do uso contínuo do vaso sanitário Utilização de um agente solidificante
Method and apparatus for filtering industrial and human waste	US4457849	03/06/1984	Utilização para efluentes industriais	Utilização de energia elétrica Alguma complexidade operacional, Risco de acidentes

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Na Tabela 39 são apresentadas tecnologias patenteadas semelhantes ou correlacionadas ao tratamento de águas negras que foram encontradas na base de patente do Instituto europeu de patentes (EPO - *European Patent Office*).

Tabela 39: Pedidos de Patentes Junto ao EPO.

Título	Número Documento	Data de Depósito	Diferença(s)	Problema(s) técnico(s) da tecnologia já existente
Domestic Sewage tank applicable to rural resident	CN107857377 (A)	30/03/2018	Nenhuma flexibilidade de instalação e operação; Uso exclusivo de uma única técnica de tratamento	Não possui dispositivo de tratamento e destinação final do lodo gerado; Contato direto do efluente com o solo, com possibilidade de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos
Rural ecological ization sewage treatment system	CN206970333 (U)	06/02/2018	Nenhuma flexibilidade de operação	Necessidade de grandes áreas Possibilidade de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e do solo
Miniature purifier of rural casual household's domestic sewage solar energy	CN206828301 (U)	02/01/2018	Bomba de aquecimento solar	Necessidade de energia elétrica
A rural domestic waste water treatment system	CN107365011 (A)	21/11/2017	Nenhuma flexibilidade de operação;	Possibilidade de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e do solo
Rural domestic sewage who is fit for northern water deficient area cuts dirty device	CN206142878 (U)	03/05/2017	Uso exclusivo de uma única técnica de tratamento	
Rural domestic sewage treatment system	CN205590524 (U)	21/09/2016		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Assim, de modo geral, pode-se constatar a existência de vários gargalos, limitações e problemas técnicos nas tecnologias de tratamento de águas negras, especificamente as oriundas da bacia sanitária, tais como:

a) as tecnologias que visam o aproveitamento das fezes ou mesmo a segregação na fonte geradora, consideram a bacia sanitária via seca o que por vezes acarreta o surgimento de moscas e mosquitos (vetores), além de mau cheiro;

b) com relação ao sistema via seca nos banheiros compostáveis, faz-se necessário, na operação diária do equipamento, a inserção de cinzas ou serragem após a defecação, gerando dificuldade operacional, ou mesmo, um desconforto e/ou constrangimento, contrastando, com a praticidade da sociedade pós moderna, o que pode ser agravado quando da presença de hóspedes na unidade familiar (visitantes na residência);

c) as tecnologias convencionais não oferecem facilidade de operação e manutenção, como por exemplo, os biorreatores, que apresentam dificuldades de controle dos parâmetros operacionais, e também nas atividades de manutenção, principalmente quando do tratamento e descarte do lodo gerado;

d) pouca ou inexistente segregação na fonte geradora, gerando um grande volume de efluente, levando a necessidade de grandes sistemas e, por conseguinte, de grandes obras e por fim grande montas financeiras;

e) a utilização de água potável no transporte de material fecal bem como de urina;

f) a dificuldade de aproveitamento e reutilização dos resíduos gerados na bacia sanitária;

g) o grande e impetuoso preconceito no manuseio com os dejetos humanos;

h) a necessidade de grandes áreas, empregadas em sistemas coletivos de tratamento, podendo ser citada as lagoas de estabilização;

i) a própria escassez de métodos, técnicas e sistemas de tratamento segregado, tanto dos diversos tipos de efluentes de uma residência (águas negras, amarelas, cinzas e azuis), como de unidades residências (sistemas privados), sendo os efluentes, normalmente, tratados em sistemas coletivos o que acarreta elevados custos de construção/instalação, operação e manutenção;

j) a falta de integração dos sistemas com a realidade do homem do campo, ou seja, a proposição de sistemas que integrem não somente o cenário da paisagem das propriedades rurais, mas que integrem as atividades correlatas a atividade rural,

proporcionando, desta forma uma integração da tecnologia empregada com as inúmeras tarefas cotidianas do meio rural;

k) a necessidade de fontes de energia térmica e/ou elétrica;

l) a utilização de produtos químicos;

m) a elevada complexidade existente na tecnologia.

7.7.2 Estado da Arte - Bibliometria

A Figura 54 apresenta uma descrição temporal das publicações associadas a “*blackwater*”, na base de dados SCOPUS.

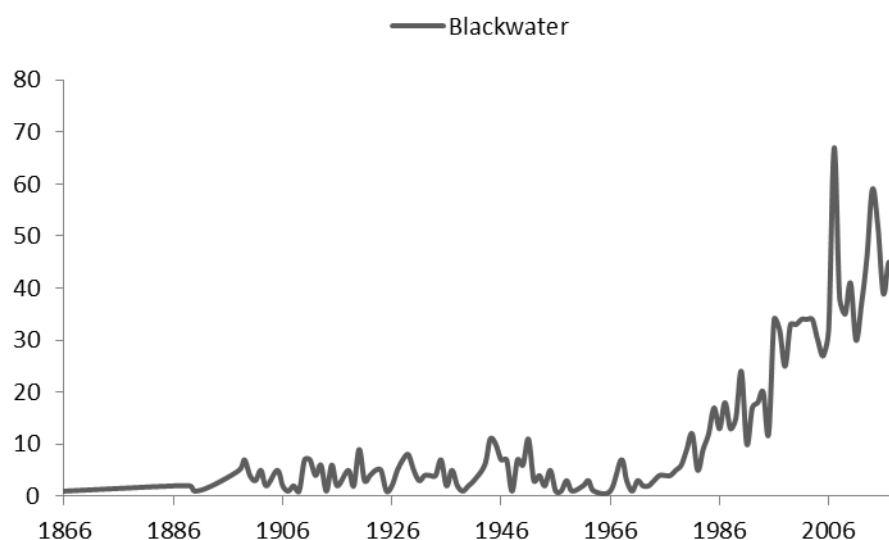


Figura 54: Evolução Temporal das Publicações sobre blackwater (1866 – 2019).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

O tema águas negras (*blackwater*) tem seu início de divulgação em 1866 com um único artigo associado a área de geologia, perfazendo um total de 1.420 artigos no período de 1866 a 2019.

O apogeu para essa temática ocorre em 2007 com a divulgação de 67 documento, que representam 4,7% do total de documentos. Em 2014 ocorrem um número similar de estudos com 59 ocorrências, representando 4,1%.

Dos países que aparecem como estudiosos do tema os Estados Unidos possuem 30% dos documentos (426) seguido pelo Reino Unido com aproximadamente 14% das divulgações (193).

O Brasil aparece na 5ª colocação com 4,5% das publicações (64). As divulgações nacionais tiveram início em 1986, ou seja, 20 anos após o início das publicações mundiais, sendo a produção de artigos científicos responsável por 95,3% dos documentos, seguido de revisão em 3,1% dos casos e por fim capítulos de livro, aproximadamente, 1,6% das ocorrências. A área agrícola é a principal fonte de disseminação desse conhecimento com 49,5%, seguida pelas ciências ambientais em 23,2% dos casos.

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) aparece como líder do ranking com 60,93%. Dentre os pesquisadores nacionais de destaque apresenta-se Adalberto Luís Val, afiliado ao Laboratório de Ecofisiologia e Evolução Molecular do INPA.

Refinando-se a análise, especificamente, ao tratamento de águas negras (*blackwater treatment*) chega-se a um total de 323 documentos que são distribuídos temporalmente conforme Figura 55.

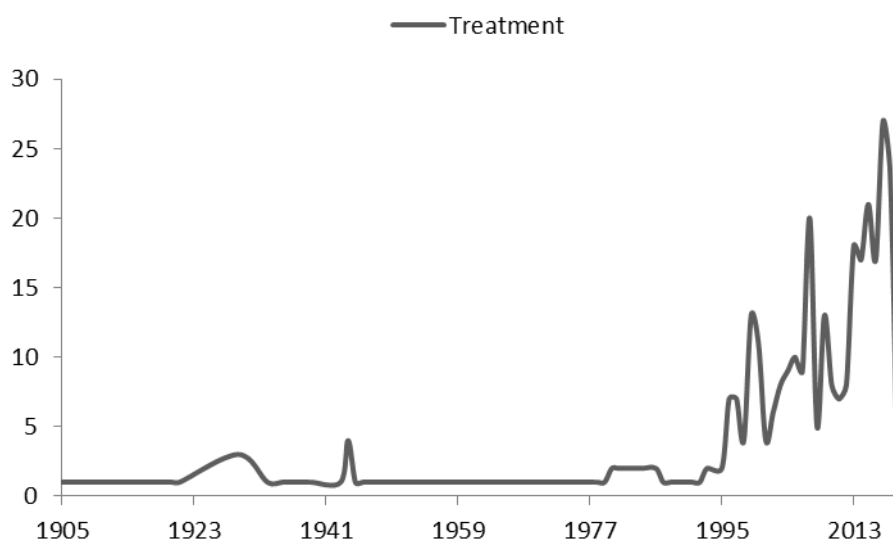


Figura 55: Evolução Temporal das Publicações sobre *blackwater treatment* (1905 – 2019).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As divulgações têm seu início em 1905 e ficam, praticamente, constantes até 1999 onde ocorre um primeiro pico com 13 (4,02%) das 323 divulgações do período. A maior produtividade ocorre em 2017 com 27 documentos (8,35%).

Os países com maior inserção ao tema são Estados Unidos, Alemanha e Reino Unido, com 27,86%; 10,22% e 7,12%, respectivamente. 32,4% das divulgações estão

associadas as ciências ambientais, enquanto que 20,3% a área da medicina, os demais documentos estão divididos em 9 outras grandes áreas. Dentre as formas de divulgação 81,7% são artigos científicos em revistas seguida de 10,2% de artigos publicados em eventos (congressos, simpósios, seminários, etc.). A *Universitetet for Miljø- og biovitenskap*, na Noruega, aparece como líder das instituições disseminadoras dessa temática, com 12 documentos, dos quais 11 são artigos publicados em revistas científicas.

O Brasil aparece com 0,93% das publicações sendo 3 artigos publicados em revistas, nos anos de 2012, 2013 e 2014, distribuídos uniformemente.

A Universidade de São Paulo, a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Universidade Cidade de São Paulo e o INPA são as instituições que aparecem como responsáveis por tais trabalhos, sendo a área de ciências biológicas e agricultura responsável por 40% dessas divulgações. Os 60% restantes são igualmente divididos pelas ciências ambientais, ciências planetária e da terra e pela biologia molecular, genética e bioquímica.

7.8 Desenvolvimento da Tecnologia Alternativa para o Tratamento dos Efluentes Gerados na Bacia Sanitária por Meio do Planejamento, Projeto e Construção de um Protótipo

7.8.1 Planejamento

O sistema de aproveitamento/tratamento é constituído das etapas de separação de fases onde as fezes são separadas da urina e da água (SAUF - processo físico) sendo a fase líquida levada a um tanque de armazenamento e a fase sólida (fezes) são conduzidas a um biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo para a digestão e estabilização da matéria orgânica das fezes (processo biológico - anaeróbio).

O sistema denominado “EQUIPAMENTO MODULAR COMPACTO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS” está protegido junto ao INPI sob o código BR 202014013398-0 U2 publicada em 12/01/2016 de autoria de Morejon; Silva e Mendoza.

O equipamento “SEPARADOR CONTÍNUO DE DEJETOS DO VASO SANITÁRIO” publicado na mesma data está protegido sob o código BR 202014013394-7 U2, enquanto que a invenção chamada de “BIODIGESTOR HELICOIDAL PARA TRATAMENTO DE DEJETOS DO VASO SANITÁRIO” data de 27/02/2018 está sob o código BR 202014013397-1 U2, todos sob mesma autoria.

A prova de conceito foi limitada ao estudo das operações unitárias constituintes do sistema, sendo verificadas as necessidades funcionais e operacionais de acordo com cada especificidade unitária, a saber: Bacia Sanitária ou Vaso sanitário (BS ou VS) – verificação de aspectos hidráulicos (vazão); Separador de dejetos da BS (SAUF) – avaliação do ângulo de contato, do diâmetro crítico, do balanço material e da eficiência de separação sólido-líquido e o Biorreator anaeróbio helicoidal (BAH) - avaliação da eficiência da remoção de matéria orgânica.

Como citado na metodologia do trabalho para otimização dos experimentos, foi confeccionado um banheiro móvel em que o sistema foi acoplado e instalado inicialmente na empresa Digital Plus, e em seguida na Metalúrgica Pico, em função de aspectos logísticos-operacionais.

7.8.2 Projeto, Construção e Instalação

7.8.2.1 Memorial de Cálculo

O sistema foi dimensionado considerando uma residência unifamiliar no meio rural com dois adultos (um homem e uma mulher) e duas crianças (um homem e uma mulher). Para feitos de projeto da tecnologia em desenvolvimento foram consideradas as contribuições fecais e miccionais apresentadas na Tabela 40.

Tabela 40: Estimativa de Geração de Resíduos da Bacia Sanitária (BS).

Cat.	Adulto	Criança	Total (g/dia)
Masc NDC= 2 NDP= 6	$q_{MAF} = 300 \text{ g/descarga}$	$q_{MCF} = 150 \text{ g/descarga}$	
	$q_{MAU} = 187,5 \text{ g/descarga}$	$q_{MCU} = 125 \text{ g/descarga}$	
	$C_{MAF} = (300 \times 2) + (6.000 \times 2) + (187,5 \times 2) = 12.975 \text{ g/dia}$	$C_{MCF} = (150 \times 2) + (6.000 \times 2) + (125 \times 2) = 12.550 \text{ g/dia}$	$C_{MF} = 25.525$
	$C_{MAU} = (187,5 \times 6) + (3.000 \times 6) = 19.125 \text{ g/dia}$	$C_{MCU} = (125 \times 6) + (3.000 \times 6) = 18.750 \text{ g/dia}$	$C_{MU} = 37.875$
Subtotal (1) g/dia	$C_{MA} = 12.975 + 19.125 = 32.100$	$C_{MC} = 12.550 + 18.750 = 31.300$	$C_M = 32.100 + 31.300 = 63.400$
Fem NDC= 1 NDP= 7	$q_{FAF} = 200 \text{ g/descarga}$	$q_{FCF} = 100 \text{ g/descarga}$	
	$q_{FAU} = 87,5 \text{ g/descarga}$	$q_{FCU} = 125 \text{ g/descarga}$	
	$C_{FAF} = (200 \times 1) + (6.000 \times 1) + (187,5 \times 1) = 6.387,5 \text{ g/dia}$	$C_{FCF} = (100 \times 1) + (6.000 \times 1) + (125 \times 1) = 6.225 \text{ g/dia}$	$C_{FF} = 12.606,5$
	$C_{FAU} = (187,5 \times 7) + (3.000 \times 7) = 22.312,5 \text{ g/dia}$	$C_{FCU} = (125 \times 7) + (3.000 \times 7) = 21.875 \text{ g/dia}$	$C_{FU} = 44.187,5$
Subtotal (2) g/dia	$C_{FA} = 6.387,5 + 22.312,5 = 28.700$	$C_{FC} = 6.225 + 21.875 = 28.100 \text{ g/dia}$	$C_F = 28.700 + 28.100 = 56.800$
Total g/dia	$C_A = 32.100 + 28.700 = 60.800$	$C_C = 31.300 + 28.100 = 59.400$	$C_{TD} = 120.200$

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

A bacia sanitária empregada foi do tipo caixa acoplada de duplo acionamento, com descarga completa (massa de água de 6.000 g), utilizada na ocorrência de fezes, e a descarga parcial utilizada somente nas micções (massa de água de 3.000 g). As siglas representam: NDC é o número de descargas completas (6.000 g); NDP é o número de descargas parciais (3.000 g); q_{ijk} onde indicam q é a geração per capita (g/descarga); i é o gênero (Masculino – M, Feminino - F); j é o usuário (Adulto – A, Criança – C); k é o tipo de resíduo (Fezes – F, Urina – U). C_{ijk} representa C é a produção/geração diária (g.d^{-1}); i é o gênero (Masculino – M, Feminino - F); j é o usuário (Adulto – A, Criança – C); k é o tipo de resíduo (Fezes – F, Urina – U).

A contribuição total diária é a vazão mássica efluente da bacia sanitária e, por conseguinte, a vazão mássica influente do SAUF, sendo assim, a carga diária a ser processada no separador é igual a 120,2 kg.d⁻¹. Os parâmetros no dimensionamento do sistema, bem como, a marcha de cálculo empregada no projeto seguido de suas referências é apresentada na Tabela 41.

Tabela 41: Parâmetros de Projeto e Marcha de Cálculo Impressos no Dimensionamento das Unidades do Sistema de Tratamento de Águas Negras.

Parâmetro	Legenda	Unidade	Valor Empregado	Referencia
Contribuição Total Diária – Vazão Mássica de Entrada do Sistema e/ou Saída da BS.	$C_{TD} = Q_{mE}$	kg.d ⁻¹	120,2	Esta Pesquisa
Diâmetro do SAUF	D_{SAUF}	m	0,10	Fixado
Perímetro do SAUF	P_{SAUF}	m	$D_{SAUF} \cdot \pi = 0,314$	Calculado
Diâmetro critico	D_c	m	0,005	Silva (2014)
Taxa de aplicação superficial do SAUF	T_{AS}	t.H ⁻¹ .m ⁻²	0,53	Silva (2014)
Comprimento de Peneiramento	L_{SAUF}	m	0,60	Fixado
Largura de Peneiramento	B_{SAUF}	m	0,50. $P_{SAUF} = 0,1571$	Calculado
Área de Peneiramento do SAUF	S_{SAUF}	m ²	$L_{SAUF} \cdot B_{SAUF} = 0,09426$	Calculado
Diâmetro do Biorreator Anaeróbio Helicoidal (BAH)	D_{BAH}	m	0,25	Fixado
Área da Secção Transversal do BAH	S_{SBAH}	m ²	0,0491	Calculado
Tempo de Detenção Hidráulico do BAH	TDH_{BAH}	d	30	Silva (2014)
Eficiência do SAUF	ε	%	80	Silva (2014)
Massa específica da água marrom	ρ_G	kg.m ⁻³	1.033,8	Esta Pesquisa
Vazão mássica de entrada do BAH	Q_{mG}	kg.d ⁻¹	$= 0,2 * C_{TD} = 24,04$	Calculado
Vazão volumétrica de entrada do BAH	Q_G	m ³ .d ⁻¹	$= Q_{mG} / \rho_G = 0,02325$	
Volume Util do BAH	V_{BAH}	m ³	$= Q_G \cdot TDH_{BAH} = 0,6975$	
Comprimento do BAH	L_{BAH}	m	$= V_{BAH} / S_{SBAH} = 14,2$	

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Esses dados referem-se ao dimensionamento da versão original da patente de Silva et al. (2014). O dimensionamento das demais etapas evolutivas criacionais e respectivos incrementos seguem sob a tutela do sigilo industrial.

7.8.2.2 Memorial Descritivo

a) Banheiro Móvel

O banheiro móvel foi construído em chapa de ACM (alumínio composto), sendo o módulo estrutural de perfis quadráticos de 30 mm. Foi instalada uma cuba para higienização das mãos e uma balsa, na porção traseira, para ventilação. A escada e o piso interno foram desenvolvidos em chapa metálica preta. Outro aspecto considerado foi a flexibilidade para o transporte, sendo confeccionado em estrutura modular que permite a instalação/desinstalação com maior praticidade. Foi considerada a mobilidade individual e conforto interno, bem como, a facilidade para a higienização da unidade.

O projeto construtivo do banheiro considerou um vão livre de fundo para a instalação de equipamentos na saída da bacia sanitária e para a manutenção e monitoramento do sistema, vide Figura 56.



Figura 56: Aspectos Construtivos do Banheiro Móvel.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

b) Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF)

Para a construção da primeira versão do separador líquido/sólido foram adquiridas latas de manteiga em supermercados da região com a furação executada em furadeira semiprofissional. A primeira versão do separador é mostrada na Figura 57.



Figura 57: Versão Construtiva 1.0 do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF).

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Ressalta-se que na versão 1.0 do SAUF não foram realizados ensaios de qualquer natureza, sendo o mesmo utilizado para a verificação observacional dos principais intervenientes construtivos tais como: pontos de junção entre elementos constituintes (colagem ou soldagem), técnica de furação, inserção de peças acessórias (curvas, registros e cotovelos) para o monitoramento e a observação da funcionalidade dos dispositivos de entrada e saída. Isso permitiu uma primeira inovação incremental na tecnologia proposta, representada pela inclusão dos furos da peneira de separação por toda a secção tubular, o que anteriormente não era considerada pelos autores, sendo levada em conta somente, a parte inferior do conduto com área de peneiramento, desprezando o escoamento rotacional das águas negras e diminuindo a região de separação.

A partir do entendimento construtivo e das necessidades inerentes a concepção e idealização dos autores do SAUF na Versão 1.0, foi possível incrementá-lo, dessa forma o projeto da versão incrementada, Versão construtiva 1.1, é apresentado na Figura 58.

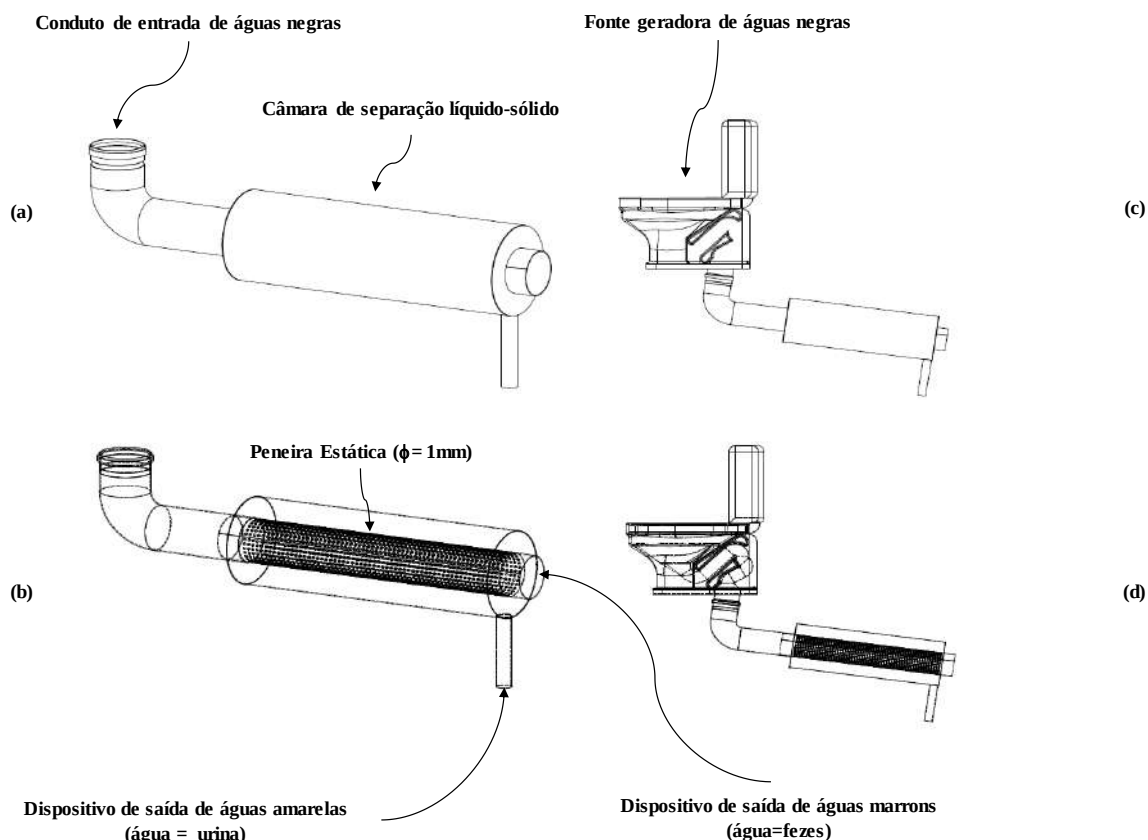


Figura 58: (a) Perspectiva Isométrica; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas; (c) Vista Lateral Sólida e (d) Vista Lateral com Linhas Ocultas do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) Versão 1.1.

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

A construção do separador foi em aço inox AISI 304 de 1,2 mm de espessura, sendo esse confeccionado pela Alffainox, uma das empresas colaboradoras tecnológicas do projeto. A parte externa do separador foi feita em uma tubulação de 200 mm de diâmetro de mesmo material da peneira.

Para a instalação junto a bacia sanitária foi acoplado ao SAUF uma curva de 90° e na saída da parte fina (F) Ponto P2, uma tubulação de 50 mm (Figura 59(a)). Na curva de 90° foi adicionada um registro de gaveta para a coleta de amostras de águas negras, de acordo com a Figura 59(b). Os furos do separador foram executados por uma puncionadeira de diâmetro de furação de 5 mm e espaçamento de 2,5 mm (Figura 59(c)).

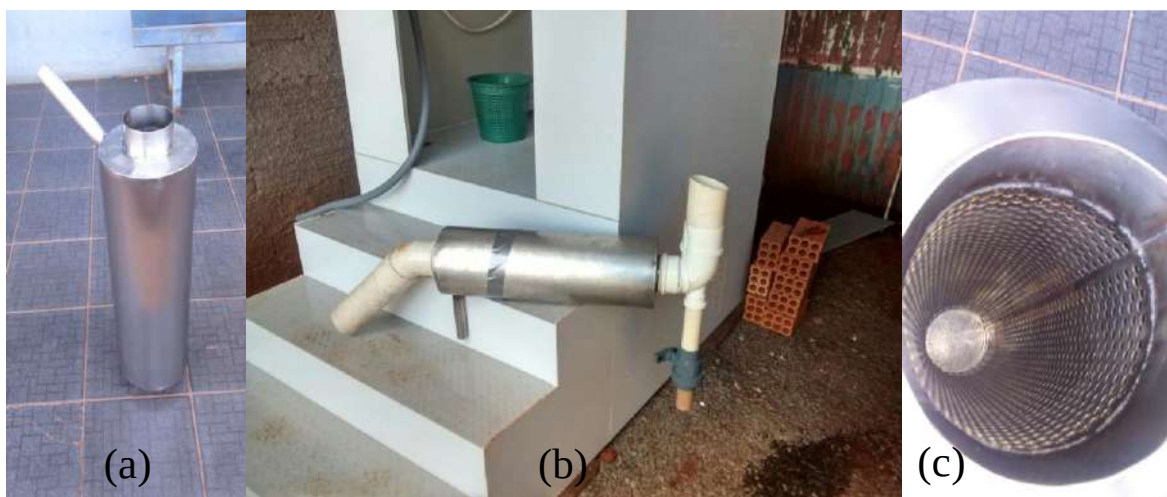


Figura 59: (a) Dispositivo de Saída de Águas Amarelas ($\phi=50$ mm); (b) Registro de Gaveta para Coleta de Amostras e (c) Orifícios da Peneira Estática ($\phi= 5$ mm) da Versão Construtiva 1.1 do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF).

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Após a realização dos ensaios com o SAUF versão 1.1 e da verificação de possíveis gargalos tecnológicos, foi possível a idealização, projeto e construção de um novo separador seguindo o mesmo princípio da versão 1.1. O projeto da versão 2.0 do separador de água, urina e fezes (SAUF) está representada na Figura 60.

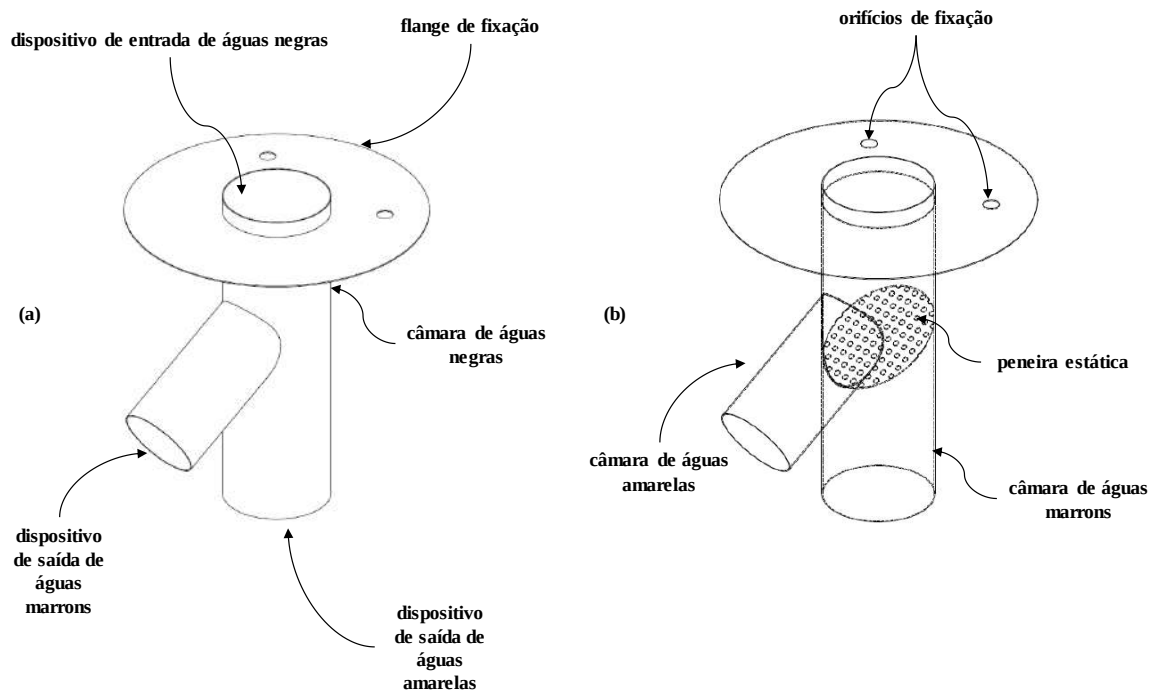


Figura 60: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) Versão 2.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A Versão 2.0 do SAUF é composta por um dispositivo de entrada de águas negras que foi acoplada a bacia sanitária; um dispositivo de saída de águas amarelas, um dispositivo de saída de águas marrons, um flange de fixação do separador com a bacia sanitária, os orifícios de fixação, uma câmara de água negras, uma câmara de águas marrons, uma câmara de águas amarelas e uma peneira separadora de líquido-sólido do tipo estática com diâmetro crítico (d_c) de 5 mm e ângulo de contato e/ou inclinação (α) de 30°. A versão construtiva 2.0 do SAUF é mostrada na Figura 61.

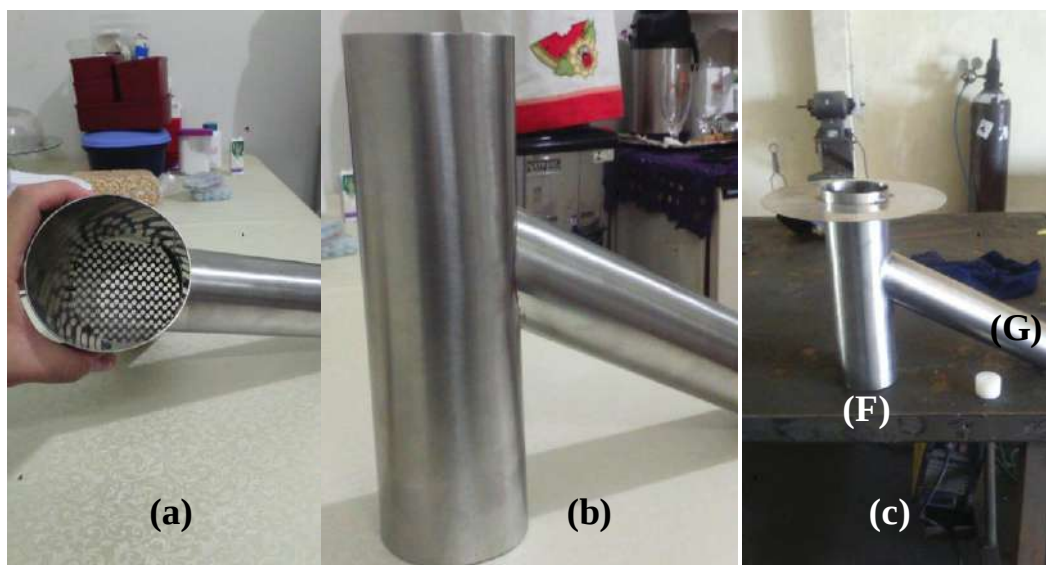


Figura 61: (a) Peneira de Separação líquido-sólido; (b) Inclinação do Dispositivo de Saída de Águas Marrons e (c) Foto Lateral do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) da Versão Construtiva 2.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os elementos incrementais implantados estão associados a geometria do equipamento, a dimensão, configuração de peneiramento e o método de fixação na bacia sanitária, assim os demais elementos são análogos as versões anteriores, considerando: o diâmetro do orifício da peneira de separação de 5 mm, mostradas na Figura 61(a), ângulo de repouso ou contato de 30° de acordo com a Figura 61(b) e flange de fixação com a bacia sanitária e respectivos dispositivos de saída de águas marrons (G) com diâmetro de 75mm, e de águas amarelas (F) de 100 mm segundo Figura 62(c).

Para a versão superior do SAUF 2.0, ou seja, a Versão 2.1 foi incorporada uma peneira de orifícios de 1 mm de diâmetros, onde os demais elementos permaneceram intactos. Uma variação maior do separador foi a versão 3.0 onde foi considerada uma peneira diferente as versões anteriores. Nesse caso a separação foi feita por uma peneira do tipo grelha, com espaçamentos entre as barras de 5 mm, disposta no sentido do fluxo.

Os aspectos construtivos do SAUF versão 3.0 são apresentados na Figura 62.



Figura 62: (a) Separador Tipo Grelha; (b) Camara de Separação; (c) Secção Transversal Reta de Saída do SAUF e (d) Versão Construtiva 3.0 do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) - Separador Tipo Grelha.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

c) Biorreator anaeróbio de fluxo pistão (BAH)

O projeto do protótipo do BAH é apresentado na Figura 63. Essa configuração segue a preconizada no depósito de patente, configurando a Versão 1.0 do BAH.

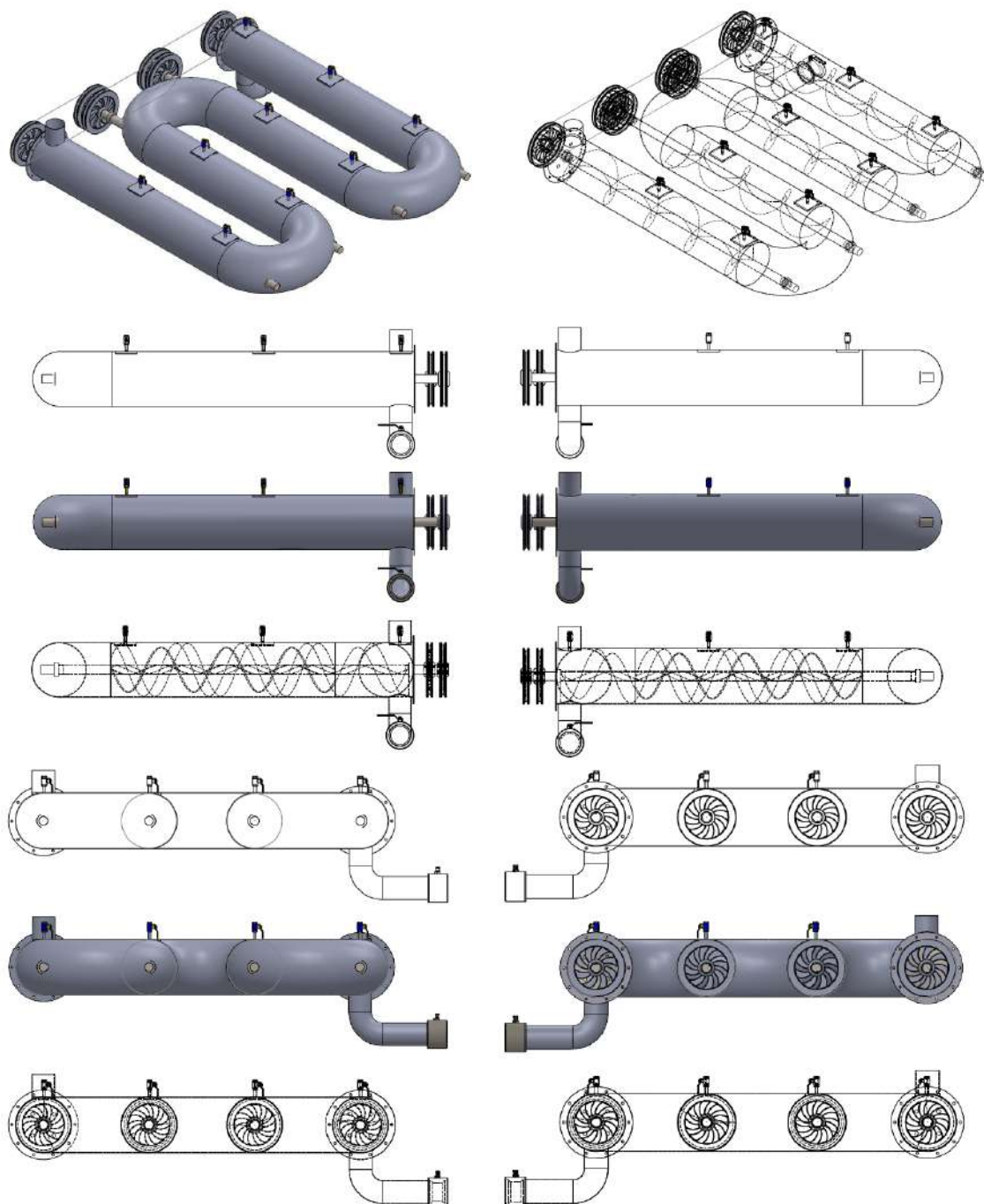


Figura 63: Projeto do Protótipo do Biorreator Anaeróbio Helicoidal – BAH Versão 1.0

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os helicóides e os condutos adquiridos foram encaminhados para a construção de um módulo do BAH, onde os condutos foram cortados em varas de 1 m. Objetivando a compreensão dos aspectos construtivos e as dificuldades de confecção do protótipo do biorreator anaeróbio helicoidal (BAH), este foi desenvolvido, inicialmente, a partir de

material reciclável, com dimensões fixas de diâmetro de 250 mm e eixo de 50 mm e executado apenas um dos módulos do BAH, sendo os elementos constituintes do helicóides apresentados na Figura 64.

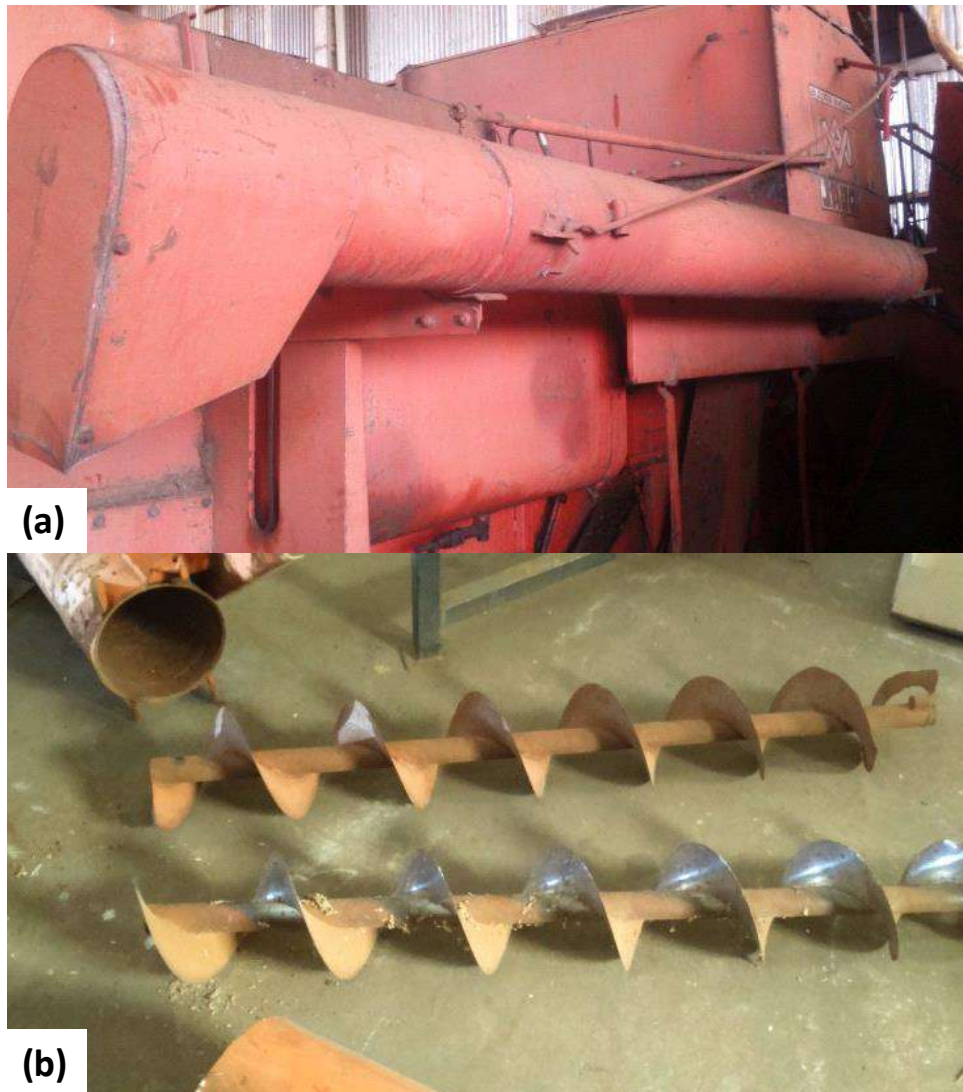


Figura 64: (a) Helicóide de Colheitadeira; (b) Helicóide Extraído da Colheitadeira para Confecção do Biorreator.

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Um dos primeiros desafios encontrados na construção do módulo do BAH foi a curva de ligação entre os condutos transportadores helicoidais do equipamento, que possui características específicas, tais como: pouco acentuada, áreas de fixação sem bordas ou ranhuras, formas de fixação (colagem ou soldagem), baixa ou nenhuma rugosidade e inexistência de inclinação. Assim as curvas do helicóide foram feitas em chapas de aço inox, soldadas nas varas dos dutos de 1 m e consideradas a partir de um raio longo (raio da curva igual ou superior ao diâmetro do conduto, $d=250$ mm).

Os aspectos construtivos das curvas do BAH 1.0 são apresentados na Figura 65.



Figura 65: Detalhes Construtivos das Curvas entre os Módulos do BAH - Versão 1.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Um segundo desafio encontrado foi a forma do mecanismo de transporte do biorreator considerando o corte unidirecional do helicóide utilizado.

Assim foi instalado um sistema de catracas nos eixos dos helicóides, visando promover a rotação do helicóide, em sentidos opostos, de forma manual. Essas mesmas catracas foram atreladas a correntes em sentido invertido, visando o sentido duplo de transporte do conjunto de condutos. Os detalhes construtivos do sistema de transporte tipo catracas é apresentado na Figura 66.



Figura 66: Detalhes Construtivos do Sistema de Transporte de Material do BAH - Versão 1.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Uma adaptação foi feita a concepção original do sistema de captação e coleta de gases, idealizado na patente. O sistema era constituído de um caixa coletora com um dispositivo de armazenagem seguido de um registro. Esse dispositivo de armazenagem, no protótipo, foi eliminado sendo instalado um registro de gaveta.

Para a captação e coleta de gases foram implantadas válvulas de passagem de gás, onde serão instaladas mangueiras que convergirão a um único ponto de saída permitindo a amostragem dos gases do processo. A Figura 67 mostra os detalhes construtivos do sistema de captação e coleta de gases do protótipo do módulo do BAH, bem como a versão 1.0 do BAH.



Figura 67: Detalhes Construtivos do Sistema de Captação e Coleta de Gases do BAH – Versão 1.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Após os ensaios de estanqueidade, testes de vazamentos, funcionamento e capacidade de carga e transporte do helicóide, funcionamento do sistema de catracas, avaliação dos dispositivos de entrada e saída de efluentes e coleta de gás, foram elencadas as modificações necessárias dos elementos de melhorias pertinentes a construção do BAH em conformidade ao projeto proposto e proferidas sendo descritas na Figura 68.



Figura 68: Detalhes Construtivos do Protótipo do BAH – Versão 1.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Esse modelo foi aprimorado a medida que os resultados aferidos e/ou observados foram sendo obtidos e se constituindo em uma poderosa ferramenta de inovação.

Assim é apresentada na Figura 69 a versão 2.0 do BAH com os seguintes elementos incrementais: conduto de entrada de forma oblíqua com ângulo similar ao separador a ser instalado, câmara de águas amarelas, dispositivo de saída tipo barrilete para controle do nível do reator acoplado ao dispositivo de saída de fundo do reator, peneira interna ao BAH com abertura de 1 mm e registro de gaveta para controle de vazão de saída.

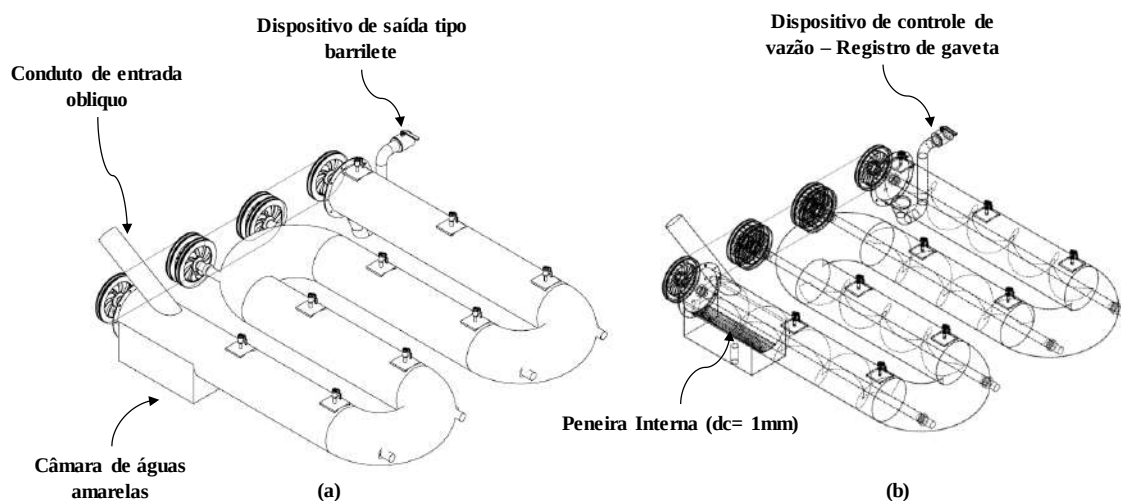


Figura 69: (a) Perspectiva Isométrica Solida e (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas do BAH – Versão 2.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os aspectos construtivos da versão 2.0 do BAH e os mecanismos de instalação são apresentados na Figura 70.



Figura 70: Detalhes Construtivos e Instalação do Protótipo do BAH – Versão 2.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Considerando a otimização dos tempos e prazos foi configurado um BAH de terceira geração com diminuição do volume, sendo seu projeto mostrado na Figura 71.

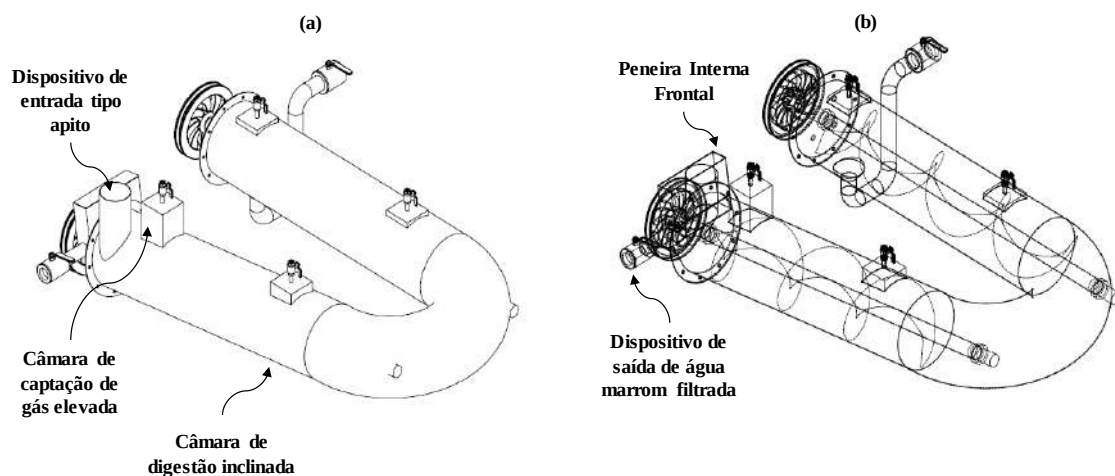


Figura 71: (a) Perspectiva Isométrica Solida; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas do BAH – Versão 3.0

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os elementos incrementais inseridos na Versão 3.0 do biorreator foram: o dispositivo de entrada tipo apito; a câmara de captação de gás elevada, a inclinação da câmara de digestão, a inserção de uma peneira separadora frontal ao reator com dispositivo de saída de águas marrons filtrada.

O dispositivo de entrada tipo apito atua tangencialmente a câmara de digestão e/ou a carcaça do reator, evitando a destruição do resíduo fecal pelo choque com o helicóide.

A câmara de captação de gás elevada atua na compensação de nível de águas marrons interna ao BAH, devido a inclinação da câmara de digestão.

A inclinação da primeira parte da câmara digestão foi inserida para imputar uma fase de decantação primária no sistema, em que ocorre o acúmulo de lodo na primeira porção do reator que terá a separação da fase líquida e sólida pelo peneiramento frontal e, por conseguinte, maior aproveitamento do carreamento de sólidos pelo helicóide.

Os aspectos construtivos do BAH 3.0 são ilustrados na Figura 72, que apresenta ainda a instalação do BAH 3.0 no sistema de separação acoplado a bacia sanitária.



Figura 72: Detalhes Construtivos e Instalação do Protótipo do BAH – Versão 3.0.
 Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

d) Sistema de Tratamento de Águas Negras (STAN).

O sistema foi instalado na Metalúrgica Pico sendo inicialmente construída uma Fossa Séptica (FS) para o esgotamento do efluente obtido, bem como, para o descarte de amostras, alíquotas e ou resíduos do momento da pesquisa.

Assim, é mostrado na Figura 73 os aspectos construtivos da fossa séptica e da instalação do STAN.



Figura 73: Instalação do Sistema de Tratamento de Águas Negras.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A seguir a construção da FS o sistema foi instalado com a colocação do banheiro móvel seguido do BAH e do SAUF, contudo a finalização e/ou os ajustes ocorreram a posteriori em função da inclinação necessária ao funcionamento do SAUF.

Nesse momento se inicia a operacionalização do STAN, com o acompanhamento do enchimento do reator e o monitoramento das variáveis de controle.

Uma primeira tentativa de inovação foi a inclusão da etapa de separação, ou peneiramento, no próprio reator biológico de acordo com o projeto da Figura 74, ou seja, a primeira geração do STAN foi configurada pelo BAH versão 2.0 acoplado diretamente a bacia sanitária.

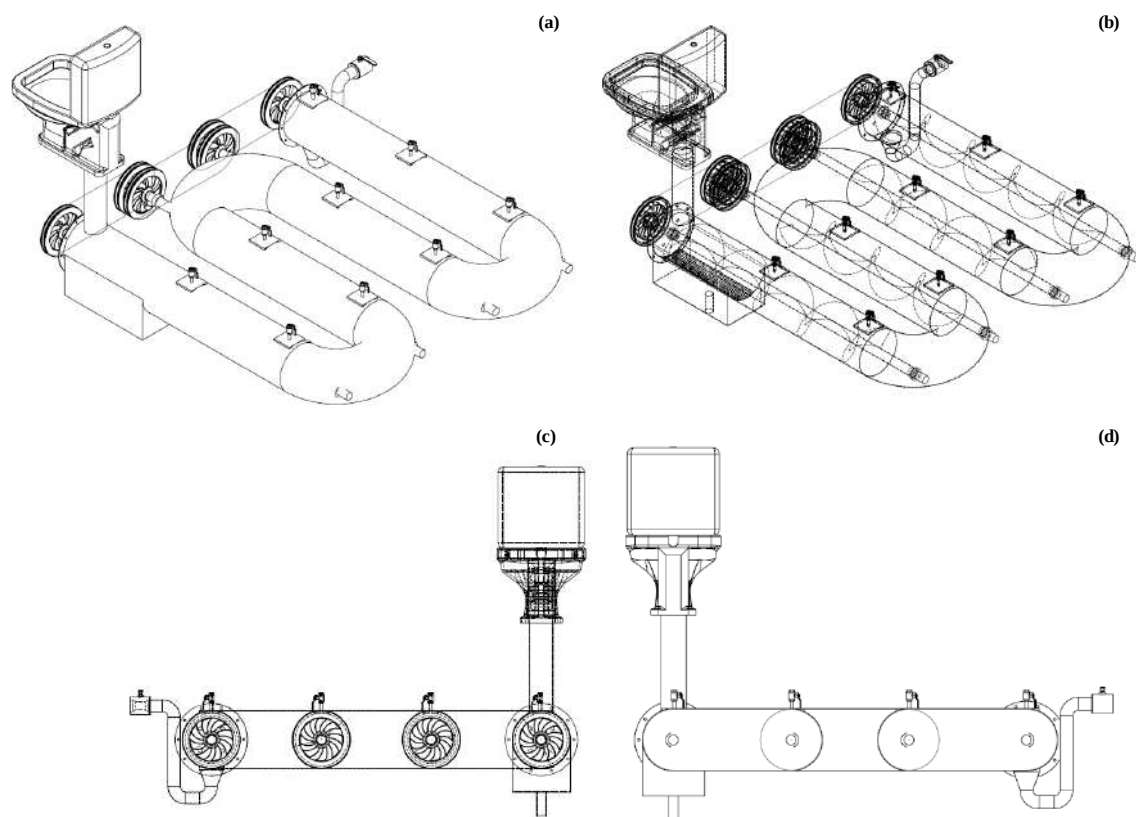


Figura 74: (a) Perspectiva Isométrica Sólida; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas; (c) Vista Frontal com Linhas Ocultas e (d) Vista Posterior Sólida do STAN – Versão 1.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Para o peneiramento foi instalada uma tela com malha de 1 mm na primeira porção inferior do BAH, Figura 75(a), sendo o reator instalado diretamente a bacia sanitária, vide Figura 75(b).

É importante ressaltar que não ocorreu acúmulo de material sólido no reator, sendo inicialmente atribuído ao desnível, entre a bacia sanitária e o BAH, aplicado na instalação, o que foi solucionado com a diminuição do mesmo, mostrado na Figura 75(c), o que não foi suficiente para resolução do problema, Figura 75 (d), sendo essa proposta descartada, ou seja, os testes seguiram desconsiderando o peneiramento interno inferior.

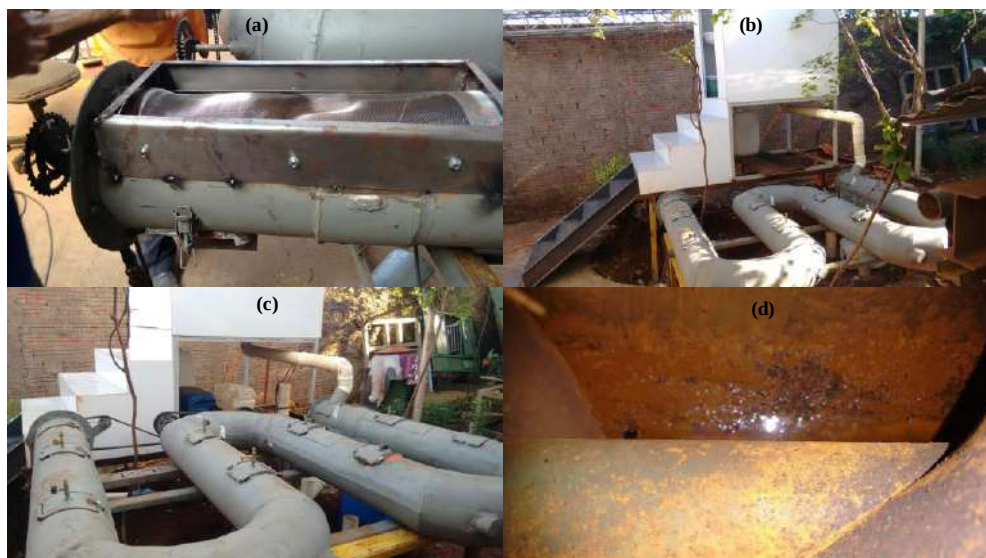


Figura 75: (a) Peneira Interna Inferior; (b) Instalação Inicial do BAH a Bacia Sanitária com Desnível de 500 mm; (c) Instalação Otimizada com Redução de Desnível (200 mm); (d) Ineficiência da Peneira Interna Inferior pela Falta de Acúmulo de Material.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A sequência da prova de conceito foi feita sob o separador inovado, com peneira de 1mm, Versão 2.1 com o BAH inovado com peneira interna (Versão 2.0), havendo a tentativa de uma dupla separação.

O projeto desse sistema configurado como Versão 2.0 do STAN é mostrado na Figura 76.

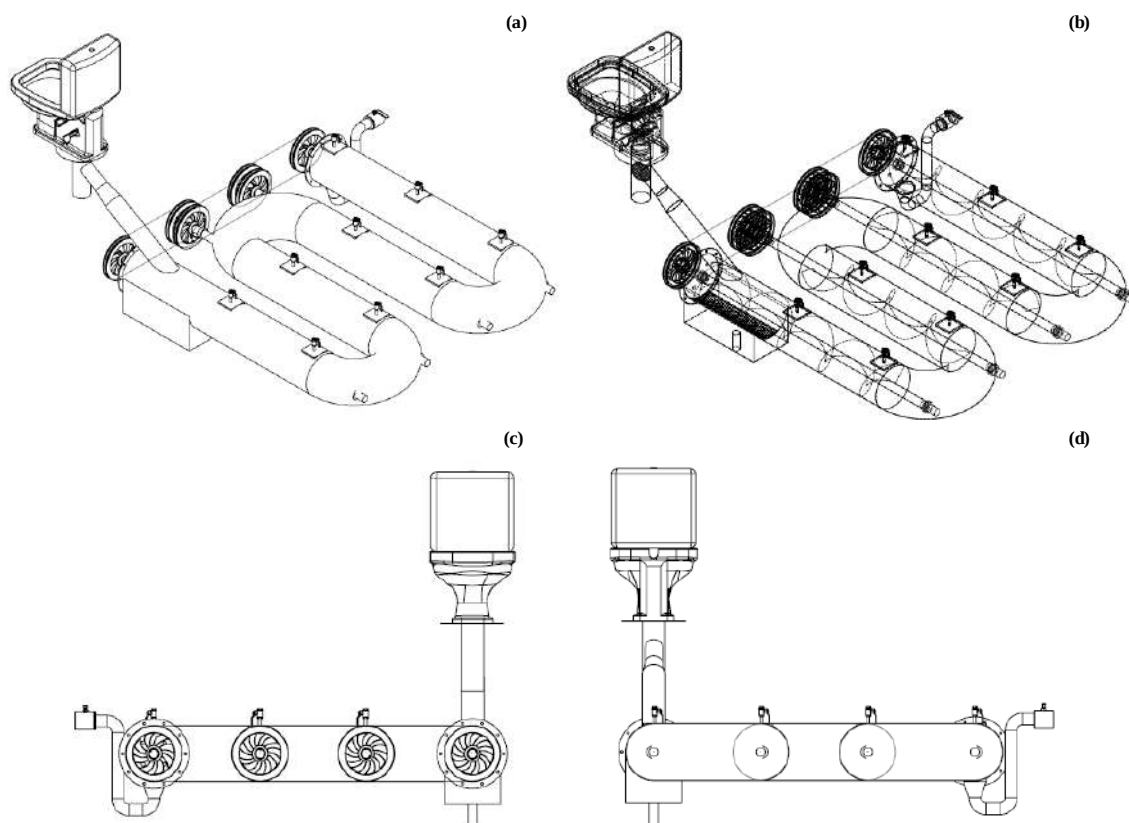


Figura 76: (a) Perspectiva Isométrica Sólida; (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas; (c) Vista Frontal Sólida e (d) Vista Posterior Sólida do STAN – Versão 2.0.
 Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Os aspectos construtivos e operacionais do STAN 2.0 estão ilustrados na Figura 77.



Figura 77: Aspectos Construtivos e Operacionais do STAN - Versão 2.0.
 Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A versão 2.1 do STAN é composta pelo separador 2.0, ou seja, com peneira de 5mm e o BAH inovado, Versão 2.0.

A versão do STAN 3.0 é composta pelo separador com peneira de 1 mm, SAUF 2.1 e o biorreator com modificações incrementais radicais, BAH 3.0. A Figura 78 apresenta o projeto do STAN 3.0.

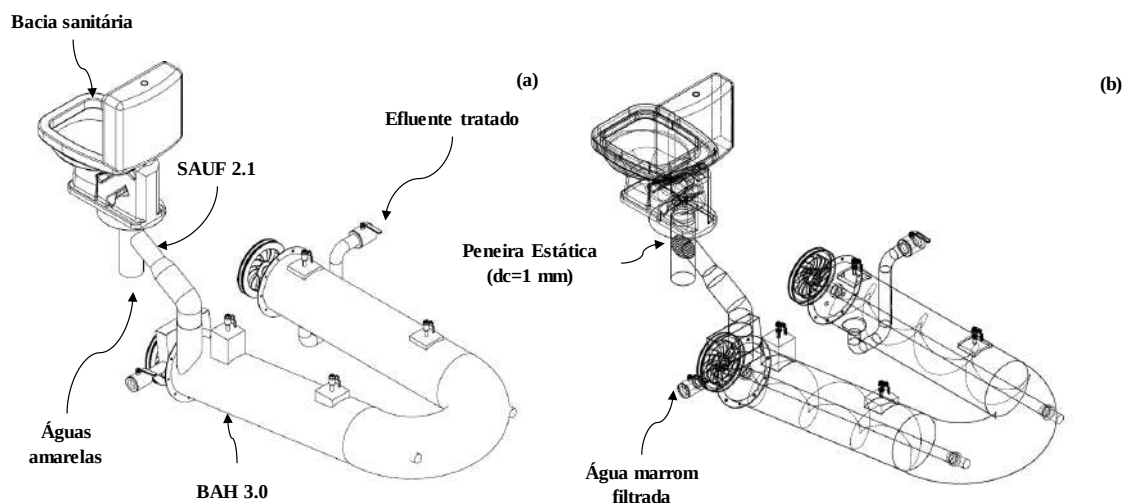


Figura 78: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Perspectiva Isométrica com Linhas Ocultas do STAN – Versão 3.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

Uma variante desse sistema foi avaliada, sendo instalada a peneira da versão 2.0, com orifício de peneiramento de 5 mm, perfazendo a versão 3.1 do STAN.

A quarta geração do sistema de tratamento avaliada foi a constituída pelo separador tipo peneira estática, em sua Versão SAUF 1.1 seguida do biorreator em sua versão BAH 3.0, conforme projeto apresentado na Figura 79.

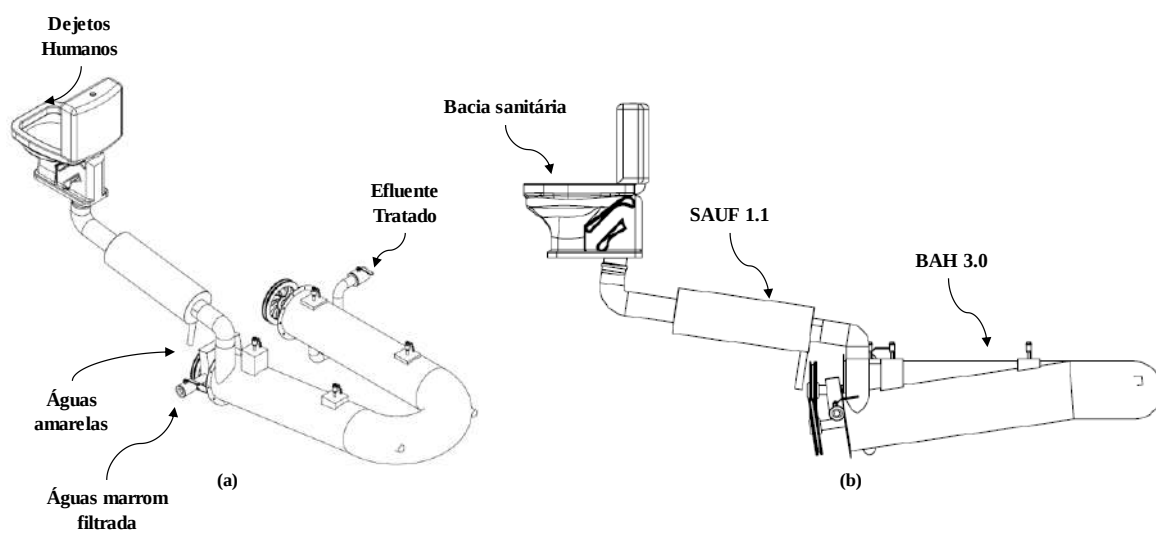


Figura 79: (a) Perspectiva Isométrica Sólida e (b) Vista Lateral Sólida do STAN 4.0.
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.9 Avaliação e Testagem do Comportamento da Tecnologia Alternativa sob Diferentes Condições Operacionais

7.9.1 Bacia Sanitária (BS)

Os testes preliminares apontaram para uma vazão da BS na descarga completa de $0,348 \pm 0,399 \text{ kg.s}^{-1}$ (CV=114,635%) e para descarga incompleta de $0,319 \pm 0,332 \text{ kg.s}^{-1}$ (CV=104,08%), possibilitando a verificação de dois aspectos fundamentais, a saber: primeiramente, não existe diferença de vazão quanto ao tipo de acionamento, completo ou incompleto; apresentando diferença, única e exclusivamente de volume, contudo como a variabilidade dos dados foi muito significativa optou-se pela aquisição de uma nova BS.

Desta feita os ensaios foram realizados para flush único com capacidade máxima de 6L.flush^{-1} . Nessa nova BS foi obtida uma vazão mássica de $1,046 \pm 0,037 \text{ kg.s}^{-1}$ (CV=3,5%), sendo esses valores utilizados na marcha de cálculo para a implementação de inovações.

Algumas observações foram feitas frente a operação da BS: - o fluxo é tanto quanto variável, quanto a forma de acionamento da descarga pelo usuário, promovendo dessa forma volumes distintos para um mesmo acionamento; - a caixa acoplada é muito suscetível a pequenos vazamentos, por vezes imperceptíveis, o que aumenta o consumo de água da residência; - o vazamento pode ser propiciado pela instalação inadequada da BS, por vezes uma pequena inclinação; - o sistema de higienização visa a escovação do vaso, propiciando, na maioria dos casos a destruição do “bolo fecal” (aprioristicamente um fator limitante da tecnologia proposta ou em desenvolvimento).

Como conclusão desses testes aponta-se a necessidade da confecção de uma bacia sanitária que otimize o consumo de água ou que considere o reuso da água na própria instalação, outrossim para a indicação de bacias segregadoras análogas as existentes em países da Europa que, além de não existirem com tecnologia nacional, não são usuais no Brasil.

7.9.2 Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF)

A Figura 80 apresenta os resultados do SAUF Versão 1.1.

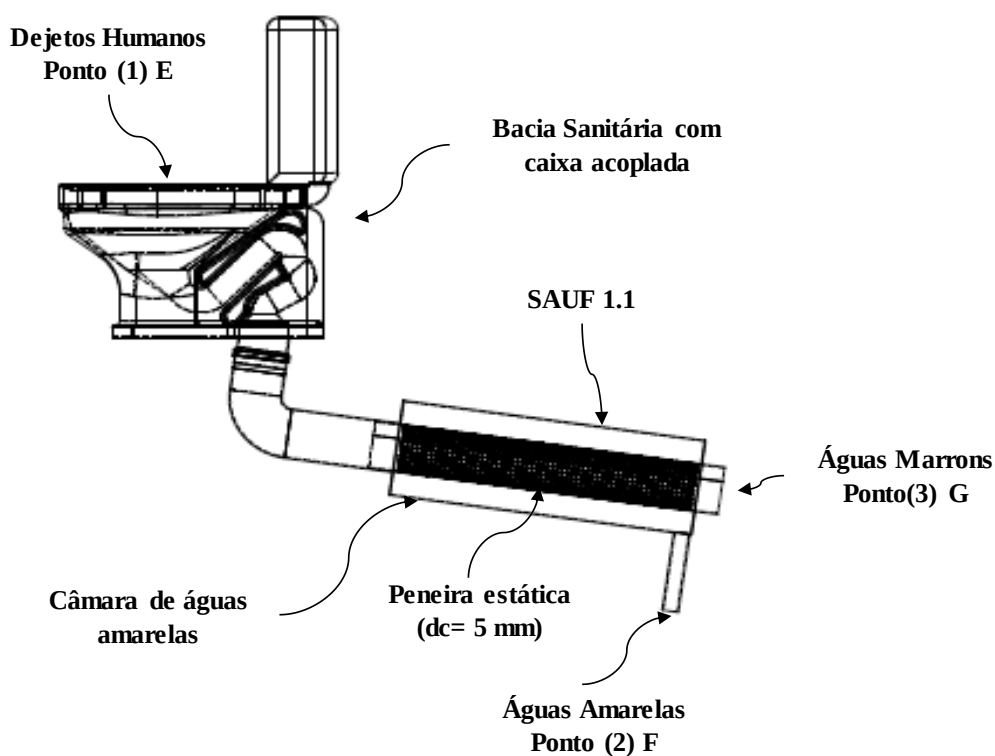


Figura 80: Representação do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) – Versão 1.1.
Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

Os resultados obtidos nos ensaios de percentual de material passante no Ponto 3(G), e as observações verificadas ao longo dos testes estão descritos na Tabela 42.

Tabela 42: Eficiência de Retenção de Material do SAUF - Versão 1.1.

Ângulo de Contato (α)	Material Passante no Ponto 3 (G) (%)	Observações
6°	28,18	Acúmulo de material Todos os ângulos apresentam material passante no ponto 3 (G) em eventos de vazamento.
8°	29,15	
10°	30,07	
15°	44,68	
20°	47,65	
27°	53,71	
30°	33,82	

Fonte: Elaborada pelo autor (2016).

A eficiência de separação só foi aferida para a melhor situação obtida no material passante, ou seja, o menor valor operacional e para a situação descrita por Silva (2014), ou seja, 30° de inclinação.

Desta forma os ensaios de separação sólido-líquido foram realizados para os ângulos de 30° (Versão 1.1) e 8° (Versão 1.2) do separador de água, urina e fezes idealizado por Silva (2014).

A eficácia de separação da Versão 1.1 apresentou média igual a 43,57% com grau de dispersão de 2,6% (n=5).

Para a Versão 1.2, ou seja, com ângulo de contato igual a 8°, a eficiência média foi de 42,4% com dispersão relativa igual a 29,1% (n=4).

Para efeitos de testes a Versão 1.1, foi evoluída para as Versões 1.2 que é a peneira de 5 mm de diâmetro, ângulo de contato de 8° e diâmetro de saída de águas amarelas igual a 40 mm.

Para a Versão SAUF 1.3, temos: diâmetro de saída de líquido (Ponto 2(F)) igual a 50 mm, com ângulo de contato de 8°.

A Versão SAUF 1.4 considerou um diâmetro de saída de líquido de 75 mm, com ângulo de contato de 8° e finalmente a Versão 1.5 com diâmetro de saída de líquido de 75 mm e ângulo de 30°.

A representação das intervenções sofridas no separador e alguns dos testes realizados são apresentados na Figura 81.

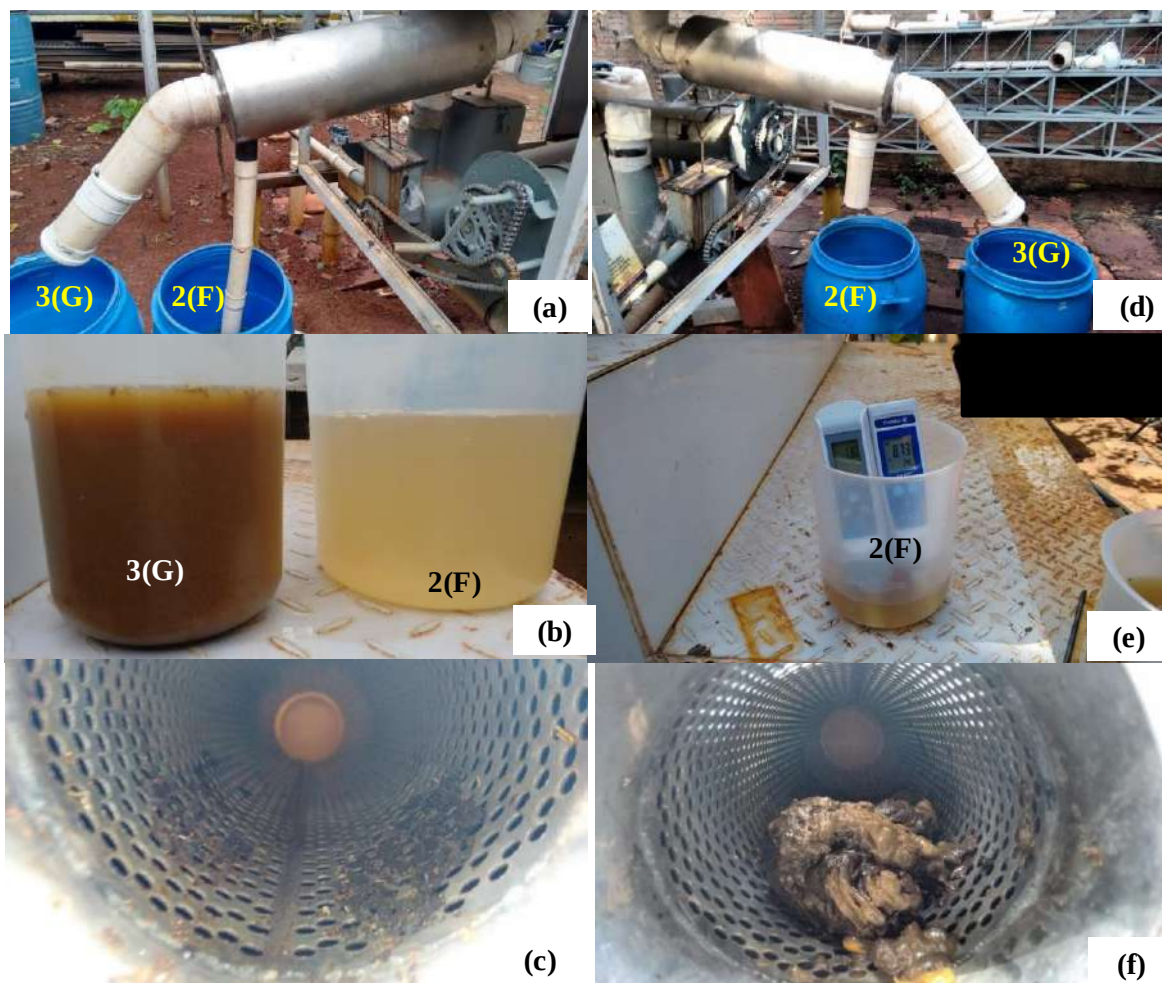


Figura 81: (a)SAUF 1.3; (b) Característica de Águas Amarelas (Ponto 2(F)) e Marrons (Ponto 3(G)) do SAUF 1.3; (c) Retenção de Material Fecal no SAUF 1.3; (d) SAUF 1.4; (e) Característica de Águas Amarelas (Ponto 2(F)) do SAUF 1.4 e (f) Retenção de Material Fecal no SAUF 1.4.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A Versão SAUF 1.3, mostrada na Figura 81(a), apresentou 20,81% de massa passante no ponto 3(G) podendo ser evidenciado pelas características do efluente na Figura 81(b), com pequena retenção de material, dado a Figura 81(c).

Para o SAUF 1.4, indicada na Figura 81(d), foi obtido 16,43% de passagem de material em 3(G) observada na Figura 81(e), com significativo acúmulo de material, caracterizado na Figura 81(f).

Já na Versão 1.5 o percentual de material passante foi de 37,2%, com material fecal retido ao longo do SAUF.

Isso implica dizer que com a ampliação do conduto de saída de 40 mm para diâmetros comerciais imediatamente superiores o SAUF deverá sofrer uma diminuição no

comprimento de peneiramento, diminuindo assim, a perda de carga e aumentando a pressão de saída de material sólido. Um aspecto positivo observado foi que nessas versões não ocorreu passagem de material em vazamentos. Considerando a prerrogativa que ocorreu acúmulo de material, não foi realizado o ensaio de eficiência de separação sólido-líquido, já que os resultados estariam mascarados por um aspecto operacional inadequado.

Para a compreensão dos testes da Versão SAUF 2.0 é apresentada a Figura 82 do projeto dessa versão.

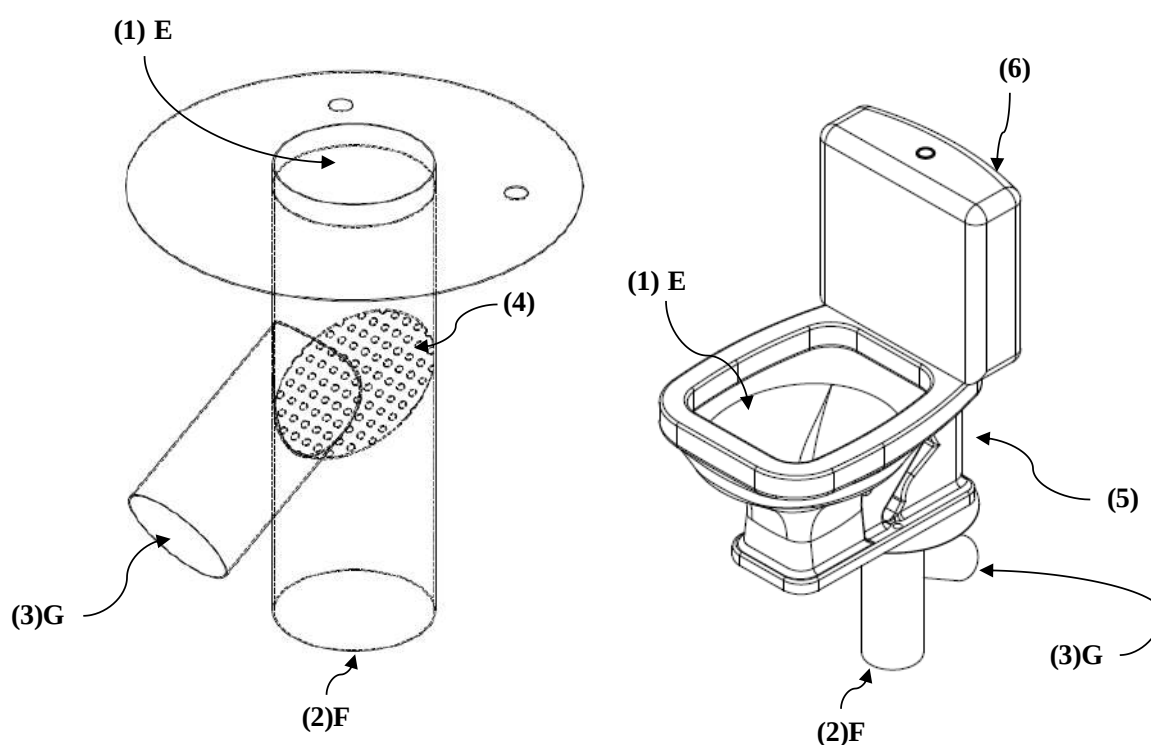


Figura 82: Representação do Separador de Água, Urina e Fezes (SAUF) – Versão 2.0.
Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A Versão 2.0 do SAUF, ou seja, com inclinação da peneira de 30° e orifícios com diâmetros críticos de 5 mm (4) apresentou 36,25% de material passante para o ponto 3(G), média de eficiência do peneiramento (η) de 45,25% variando 9,7% ($n=4$).

A versão 2.1 com peneira de 1 mm de dc e mesma inclinação apresentou 77,6% de material passante para o ponto 3(G) e média de eficiência de peneiramento de 12,78% com variabilidade de 3,5% ($n=3$).

Uma nova versão foi criada considerando o princípio da separação por grelhas, sendo essa, a terceira geração de separadores, então denominado de separador tipo grelha,

ou Versão 3.0. Um resumo dos percentuais retidos no ponto de saída de sólidos (G) é apresentado na Figura 83.

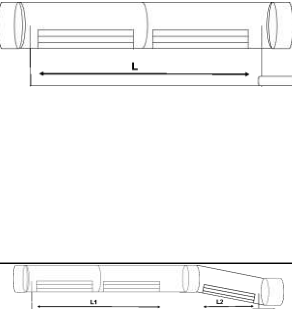
Tipo do Separador	Comprimento da Grelha	Ângulo de Contato (α)	Massa Retida em G (%)	Versão	Observação
	L= 300mm	0,6°	16,4	3.0	Não foi realizado ensaio com material fecal não ficando retido massa de macarrão
		3,6°	17,8	3.1	
		8,8°	21,1	3.2	
	L= 430 mm	4,8°	1,39	3.3	
		5,5°	2,5	3.4	
		6,8°	1,39	3.5	
		8,7°	1,11	3.6	
		10,5°	1,94	3.7	
		12,1°	4,72	3.8	
		15,4°	7,22	3.9	
	L= 570 mm	2°	0	3.10	Não foram realizados testes com material sólido
		6°	0	3.11	
		8°	0	3.12	
		10,5°	0	3.13	
		14°	5,08	3.14	
		18,5°	7,42	3.16	
	L=600 mm	1°	20,83	3.17	
		2,5°	29,2	3.18	
		10°	52,7	3.19	
	L=600 mm	12,2°	37,5	3.20	
		5°	11,46	3.21	Não foi realizado ensaio com material fecal não ficando retido massa de macarrão
		7°	0,77	3.22	
		10°	1,89	3.23	
		15°	11,46	3.24	
	L1= 480 mm e L2=220 mm	a1=7,7° e a2=17,7°	0	3.25	Foi instalado um sentido invertido na grelha não sendo realizado ensaio com material sólido
		a1=10,2° e a2=20,2°	1,04	3.26	
		a1= 13° e a2=23°	9,08	3.27	

Figura 83: Avaliação da Eficiência do SAUF – Versão 3.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.9.3 Biorreator Anaeróbio Helicoidal (BAH)

Em todas as versões testadas quanto a estanqueidade e durabilidade do material o BAH se apresentou eficaz, não tendo vazamento de nenhum tipo. Quanto a durabilidade o material em aço inox permite uma durabilidade significativa e também poderá ser confeccionado em Teflon. Os testes de decomposição de matéria orgânica são descritos na composição do sistema de tratamento de águas negras.

7.9.4 Sistema de Tratamento de Águas Negras (STAN)

Para o STAN 1.0 a eficiência média do separador foi de 18,2% de separação sólido-líquido com variabilidade de 3,6% (n=7) aferido ao longo de 40 dias de funcionamento e 118 flushes. Nessa versão do sistema não foi possível a caracterização do efluente final, face ao não enchimento do reator pela não retenção de material pela peneira de fundo do BAH.

O STAN Versão 2.0 foi operado com peneira dupla por 14 dias, ou seja, com peneiramento interno e externo ao BAH, verificado a ineficácia do procedimento, a peneira interna foi isolada imediatamente e após 24 dias o reator entrou em regime permanente, ficando sob operação ao longo de 40 dias.

Aos 7 dias de enchimento do reator biológico uma estrutura exógena apareceu junto ao ponto de saída da unidade de tratamento, não sendo essa identificada, mas apresentada

na Figura 84. Essa estrutura permaneceu ao longo do experimento e foi retirada e levada ao laboratório de Microbiologia da UTFPR/MD na tentativa de identificação, o que não aconteceu.



Figura 84: Estrutura Exógena Aparecida no Sistema de Tratamento de Águas Negras- Versão2.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

O sistema apresentou uma eficiência para a remoção de matéria orgânica da ordem de 39,3% para DQO com variabilidade de 47,9% (n=4); 40,5% para cor com dispersão relativa de 101,7% (n=3); 74,6% para a turbidez com grau de relatividade de 4,2% e uma redução de 54,8% no teor de sólidos totais (n=4 e CV=28,2%). O efluente apresentou um pH médio de 8,7 (n=5 e CV=13,3%); a uma temperatura de 13,0 °C (n=5 e CV=40,3%) com 1.410,6 mg.L⁻¹ de STD (n=5 e CV=29,3%) e 987,5 mg.L⁻¹ de Sólidos Totais Voláteis (STV) (n=5 e CV=36,5%). Quanto a eficiência de separação para esse sistema, foi de 13,7% com variação de 28,2% (n=3) e percentual passante para o ponto sólido (grosso),

ponto 3(G) igual a 80,7% em média, com dispersão relativa de 7,1% (n=3). Foram aferidos os efluentes gasosos gerados no STAN 2.0 e descritos na Tabela 43.

Tabela 43: Gases Gerados no STAN 2.0.

Compostos	Fórmula Molecular	Prob (%)	Tempo de Corrida (min)
Nitrogênio	N ₂	84,60	0,17
2- (Aziridinietil) amina	C ₄ H ₁₀ N ₂	89,36	1,37
Oxigênio	O ₂	95,21	2,13
Isotiocianato de ciclohexilo	C ₇ H ₁₁ NS	79,86	12,53
Hidroxitolueno butilado	C ₁₅ H ₂₄ O	83,38	15,98

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A ocorrência de compostos nitrogenados é justificada pelo processo de desnitrificação na transformação dos nitratos a nitrogênio gasoso.

O odor característico dos efluentes é aqui retratada pela presença de Isotiocianato de ciclohexilo, pertencente à família dos isotiocianatos, formado a partir de vegetais como o repolho, couve flor, brócolis etc. São tóxicos e provocam queimaduras na pele e lesões oculares graves, e além de serem corrosivos, podem causar alergias ou asma ou dificuldades respiratórias quando inalado.

A presença de oxigênio no sistema é evidenciada pela presença do gás bem como no valor médio de OD do efluente final que apresentou média igual a 2,1 mg.L⁻¹, com variação relativa de 118,1% (n=5), isso se deve ao fato da constante abertura do reator para efeitos de monitoramento e pelo tirante do reator (y/D) relação entre a lâmina d'água e o diâmetro do conduto do BAH, que no caso era de 75%.

Na sequência da avaliação dos sistemas o separador tipo peneira Versão 2.1 foi trocado pela Versão 2.0, ou seja, a peneira de separação de 1 mm foi substituída pela de 5 mm, caracterizando a Versão 2.1 do STAN. O início do monitoramento se deu pelo start de 40 dias de acomodação do separador inserido.

Assim o STAN 2.1 apresentou uma eficiência na remoção de DQO de 65,2% com variabilidade de 18,7% (n=3); cor de 40,3% e 75% de variabilidade (n=3) e turbidez com 81,3% e dispersão de 15% (n=3). A redução média de ST foi de 68% (n=3 e CV=32%). A média de separação de sólido-líquido foi de 52% (n=4 e CV=30,1%) e para o percentual

passante para o ponto de grosso, ponto 3(G), ou água marrons, foi de 28,7% variando 10,4% (n=4).

Para o STAN 3.0 aos 15 dias de funcionamento, a peneira interna do BAH apresentou entupimento e vazamento sendo o mesmo esvaziado para as intervenções e melhorias. Após uma semana de reparo e 27 dias de enchimento o reator entrou em regime permanente e foi operacionalizado por mais 43 dias, totalizando 70 dias de experimentação.

Quanto a dupla separação pode-se afirmar que a separação feita internamente do reator, novamente, não apresentou resultados satisfatórios, com eficiências abaixo de 2,5% para a separação sólido-líquido, ratificado na característica do efluente do Ponto 4(F'), visto na Figura 85(c) e (d), assim sendo, o sistema foi monitorado com o isolamento da peneira interna, face a grande complexidade operacional, baixa eficiência da peneira interna e aspectos construtivos mais rebuscados.

A eficiência de separação externa ao reator para essa versão do sistema, apresentou eficiências de passagem de material para o ponto 3(G) da ordem de 37,5% evidenciado pelas características do efluente da Figura 85(c), no ponto 2(F), bem como pela quantidade de matéria sólida encontrada na entrada do BAH, vide Figura 85(b).

A baixa eficiência na remoção de matéria orgânica, da ordem de 20,1% na remoção de DQO e 37,6% na remoção de DBO (n=2) já estava evidenciada na característica do efluente final, rica em sólidos ($ST=2.760 \text{ mg.L}^{-1}$), mostrada no Ponto 5(S) da Figura 85(d). Nesse sentido, fez-se desnecessário o monitoramento de cor e turbidez, passando a ser parâmetros meramente observacionais.

O insucesso desse sistema levou a consideração das seguintes situações: - melhoria do dispositivo de saída, passando a ser eliminado a saída pelo fundo do BAH, -eliminação sumária da tentativa de peneiramento interno; -eliminação de peneiramento duplo e -acolhimento da ideia de inclinação da câmara helicoidal de tratamento biológico. A falta de embasamento estatístico para esse experimento foi em função dos inúmeros problemas técnicos encontrados ao longo do período, e pela complexidade da peneira instalada, havendo a necessidade de inúmeros reparos, parando o funcionamento do reator.

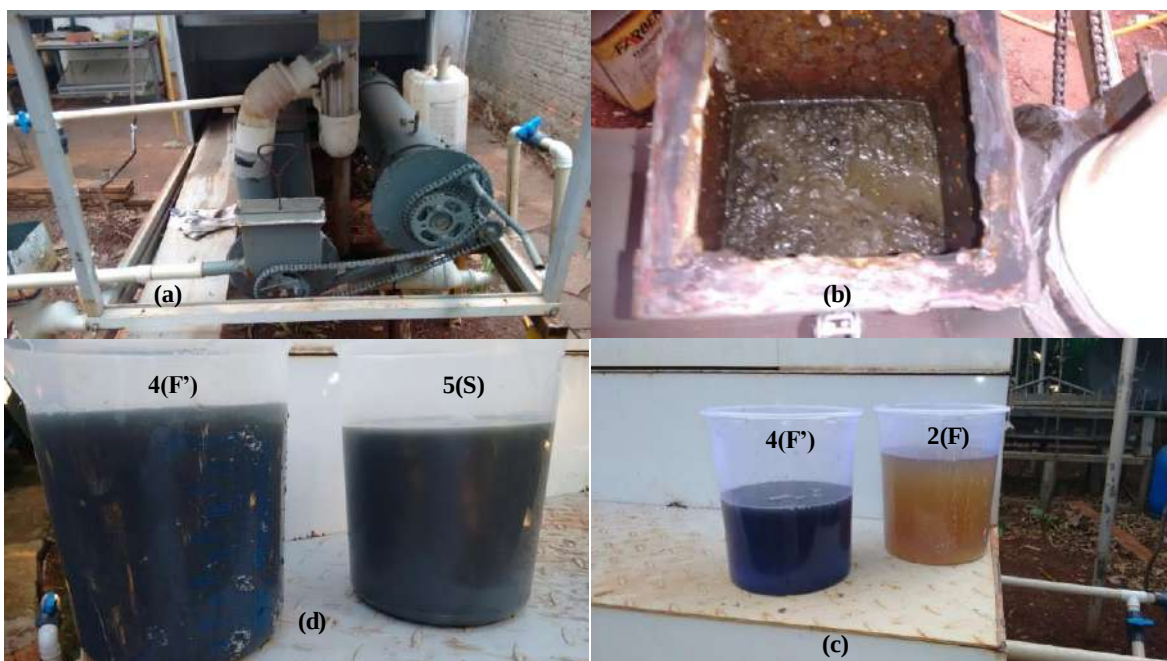


Figura 85: (a) BAH com Peneiramento Interno na Face Frontal; (b) Material Sólido Retido no BAH; (c) Amostras do Efluente Oriundos do Processo de Separação; (d) Amostras do Efluente Final do STAN 3.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

A Versão STAN 3.1 foi testada por mais 30 dias, sendo trocada a peneira do separador e instalada a de 5 mm de diâmetro, levando a valores de eficiência de separação sólido-líquido de 63%(n=2); 23,5% de material passante para o reator (ponto 3(G) remoção de DQO da ordem de 65% (n=2); cor da ordem de 40,7% (n=2) e turbidez de 86% (n=2). A redução de ST foi de 72% (n=2).

Para a avaliação do STAN 4.0 foi necessário um tempo de enchimento do BAH de 28 dias.

Ao longo dos 231 dias de monitoramento o STAN apresentou eficiência de remoção de DQO de 47,8% com variabilidade de 38,9% (n=8). Para a remoção de cor o STAN resultou em 89,2% de média, com dispersão de 1,9% (n=6) e turbidez 79,5%, variando 11,2% (n=6). A redução média da concentração de sólidos totais foi igual a 40,7% (n=3 e CV=13,4%).

O efluente final apresentou pH médio igual a 7,7; sob uma temperatura média de 18,1°C, com oxigênio dissolvido de 2,0 mg.L⁻¹; sólidos totais dissolvidos de 404,1 mg.L⁻¹ e sólidos suspensos voláteis de 325,8 mg.L⁻¹.

Quanto aos aspectos de separação o SAUF na Versão 1.1, aplicado a esse sistema, apresentou eficiência média de 14,6% na separação sólido-líquido (n=3 e CV= 6,8%) e 29,5% de material passante para dentro do BAH (n=4 e CV=21,1%).

Quanto aos efluentes gasosos foram identificados os compostos descritos na Tabela 44.

Tabela 44: Gases Gerados no STAN 3.0.

Compostos	Fórmula Molecular	Prob (%)	Tempo de Corrida (min)
Nitrogênio	N ₂	89,44	0,61
Monóxido de Carbono	CO	82,95	1,58
1,1,1,5,5,5-hexametil-3- [trimetilsilil) oxil] trisiloxano	C ₉ H ₂₈ O ₃ Si ₄	70,31	7,83
Isotiocianato de ciclohexilo	C ₇ H ₁₁ NS	56,58	12,53
Dodecametilciclohexasiloxano	C ₁₂ H ₃₆ O ₆ Si ₆	93,80	12,78
Hidroxitolueno butilado	C ₁₅ H ₂₄ O	83,93	15,98

Fonte: Elaborada pelo autor (2017).

7.10 Identificação dos Elementos de Melhoria e Incorporação das Inovações Incrementais na Tecnologia em Fase de Desenvolvimento

A identificação dos elementos de melhoria e as inovações que foram incrementadas nos testes/ensaios na bacia sanitária e nos separadores na prova de conceito são apresentados na Tabela 45.

Tabela 45: Identificação dos Elementos de Melhoria da Bacia Sanitária e dos Separadores de Sólido – Líquido.

Dispositivo	Versão	Elementos de Melhoria/ Gargalos Tecnológicos	Inovações
Bacia Sanitária	Comercial	- Necessidade de grande volume de água para higienização; - Desperdício de água na descarga para micção	- Inserção de uma bacia segregadora, que separe urina de fezes e funcione com feixo hídrico.
Separador	1.0	- Peneira de separação com furos somente na secção inferior do conduto; - Ângulo de contato muito íngreme (30°);	- Furação da peneira em toda secção transversal do conduto; - Peneira com ângulo de contato igual a 8°
	1.1	- Pequeno orifício de saída de líquido	- Ampliação do diâmetro de saída de líquido para 50 ou 75 mm
	1.2	- Retenção material líquido no ponto de saída	- Ampliação do diâmetro de saída de líquido para 50 ou 75 mm
	1.3	- Retenção de sólido	- Diminuir o comprimento da peneira
	1.4		
	1.5		
	2.0	- Pequena área de peneiramento; - Retenção de material sólido.	- Diminuir o diâmetro crítico;
	2.1	- Retenção de material sólido	-Aumentar o ângulo de contato; -Abaular as bordas de saída de águas amarelas.
	3.0		-Diminuir o comprimento de peneiramento
	4.0	- Adoção do separador com melhor eficiência	- Objeto de proteção intelectual.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A identificação dos elementos de melhoria e de inovações que foram incrementadas nos testes/ensaios no biorreator anaeróbio helicoidal na prova de conceito são apresentados na Tabela 46.

Tabela 46: Identificação dos Elementos de Melhoria e Inovações do Biorreator Anaeróbio Helicoidal.

Versão	Elementos de Melhoria/ Gargalos Tecnológicos	Inovações
1.0	- Sistema de coleta de gases com grandes complexidades construtivas e operacionais; - Dispositivo de entrada com queda vertical, favorecendo a destruição do bolo fecal; - Dispositivo de saída de efluente de fundo; - Câmara de digestão não favorável ao acúmulo de material no reator.	- Coleta direta de gases; - Dispositivo de entrada oblíquo; - Sistema de separação interna ao reator no fundo na porção inicial do reator
2.0	- Sem acúmulo de material na peneira interna de fundo; - Dispositivo de entrada com destruição do bolo fecal; - Distribuição homogênea da fase suspensa no reator; - Dispositivo de saída, tipo barrilete, que favorece a captura de material dissolvido.	- Sistema de separação interna na face frontal do reator, porção superior; - Dispositivo de entrada tangente a seção transversal do conduto de entrada; - Inclinação da primeira câmara de digestão anaeróbio helicoidal.
3.0	- Sem eficiência na peneira interna; - Dispositivo de entrada com destruição do bolo fecal; - Dispositivo de saída de efluente por barrilete, via fundo.	- Eliminação do sistema de separação interna ao reator; - Dispositivo de entrada tangente a seção transversal e oblíquo a bacia sanitária; - Dispositivo de saída composto por uma descarga de fundo para coleta de lodo e uma seção de 40 mm na porção superior da face posterior da câmara de digestão; - Dispositivo de isolamento térmico, junto as câmaras de digestão anaeróbia.
4.0	- Inseridas as inovações incrementais supracitadas	- Objeto de proteção intelectual.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

7.11 Avaliação dos Requisitos de Proteção Intelectual da Tecnologia Desenvolvida

O trabalho está concentrado em esforços para a geração de um produto tecnológico portador de inovação, o qual será objeto de proteção intelectual. A proteção intelectual será reivindicada ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), órgão responsável pelo exame de pedidos de patentes no Brasil. O processo de solicitação de patente envolve um fluxo de procedimentos, dentre os quais destacam-se o envio do relatório descritivo e submissão dos desenhos.

Com relação ao projeto do equipamento os respectivos desenhos do projeto estão subdivididos a seguir em partes conforme os elementos que se reivindica junto ao INPI e o NIT-UNIOESTE.

O Apêndice 2 traz o formulário do NIT-UNIOESTE do Anexo B denominado “Avaliação de Anterioridade”. Neste documento estão descritas as tecnologias patenteadas e a proposta de invento deste trabalho com a caracterização dos desenhos encaminhados sob a ótica da separação.

7.12 Sistematização dos Resultados

Os resultados foram sistematizados a partir das dimensões científicas e tecnológicas objetivando a busca de parâmetros de projeto (construtivos e operacionais) para o tratamento de efluentes da bacia sanitária, por aqui, denominada de águas negras, assim temos para a dimensão científica a disposição apresentada na Tabela 47.

Tabela 47: Sistematização dos Resultados – Dimensão Científica.

Gestão de Dejetos Humanos em Meio Rural	
Meio Rural	Desdobramentos
- 14% da população brasileira reside no meio rural sendo, aproximadamente, 28 milhões de habitantes.	Melhoria da infraestrutura com a inserção de sistemas simplificados e unifamiliar de tratamento de esgoto doméstico.
- De 2015 a 2018 foram lançados sem qualquer tipo de tratamento aproximadamente 4,8 trilhões de metros cúbicos de esgoto doméstico.	
- O lançamento de esgoto doméstico <i>in natura</i> , provavelmente, é a terceira maior causa de impacto ambiental no meio rural brasileiro, ficando atrás, apenas, da poluição por agrotóxicos e os processos erosivos do solo.	Segregação dos resíduos na fonte geradora com aproveitamento de fezes e urina.
Bacia Sanitária	Desdobramentos
- Para uma residência com 4 moradores a bacia sanitária é utilizada, em média, 22 vezes por dia.	Estimativa da Vazão de Projeto
- O consumo médio de água potável para descarga da bacia sanitária é de 132 L.dia ⁻¹ (para residência com 4 indivíduos).	Parâmetro de Projeto
Fezes	Desdobramentos
- Existe uma infinidade de microrganismos e parasitas de interesse biológico.	- Limitação sanitária quanto ao aproveitamento e utilização de contato primário.
- As fezes têm umidade média de aproximadamente 77% e não perdem água no processo de digestão anaeróbia (batelada).	- Possibilidade de desidratação para a redução do volume a ser tratado; - Faixa ótima para aplicação de compostagem.
- A variabilidade de métodos para a quantificação de carbono incide em resultados extremamente adversos o que levam a análise equivocadas.	- Estabelecimento de um método padrão as áreas específicas (saneamento, agrícola, etc.)
- Fezes <i>in natura</i> demoraram mais de 70 dias para se decomporem	- Parâmetro de projeto que auxilia no cálculo do volume do biodigestor ou biorreator.
- As fezes sofrem significativa decomposição quando submetidas a temperaturas superiores a 600°C	- Possibilidade de tratamento térmico; - Possibilidade de aproveitamento na indústria cerâmica.

Fezes	Desdobramentos
- Os metais pesados detectados nas amostras fecais cumprem os valores legais.	- Possibilidade de aproveitamento quanto a condicionante de solo
- Os Indoís são responsáveis por parte do odor desagradável a partir de amins secundárias	- Limita o aproveitamento do biogás
- Na digestão de fezes <i>in natura</i> existe a formação de compostos tóxicos, como as nitrilas.	- Fator limitante da forma de aproveitamento dos efluentes gasosos.
- A maior formação de compostos ocorre ao 15º dia.	- Parâmetro de projeto que auxilia no cálculo do volume do reator
- A produção de biometano é baixa.	- Inviabiliza economicamente o aproveitamento do biogás em escala industrial limitando-o ao aproveitamento na propriedade rural
- Não ocorre liberação de gás sulfídrico em todas as etapas da digestão anaeróbia.	- Fator limitante no aproveitamento do biometano
- A temperatura ambiente é fundamental no processo de digestão anaeróbia.	- Indica a necessidade de um rígido controle de temperatura
Urina	Desdobramentos
- A urina é rica em nitrogênio e ácida.	- Parâmetro de projeto que indica a característica do material a ser aplicado no equipamento a ser desenvolvido
- Na estocagem é gerado o oxalato de cálcio e cloreto de potássio	- Indicação de princípios de tratamento através da sedimentação e/ou decantação.
- Existe matéria orgânica na urina?	- Indica que a estocagem não pode ocorrer o aprisionamento dos gases pois gera/forma açucares que são detectados na DQO; - Apontam para uma tecnologia de tratamento de águas amarelas que propiciem a exaustão dos gases.
- É fotossensível	- A tecnologia para tratamento deverá impedir a luminosidade, parâmetro construtivo.
- A estocagem funciona com um bom processo de tratamento.	- Alternativa de tratamento.
Resíduos Combinados	Desdobramentos
- As fezes e urina apresentam excelente biodegradabilidade.	- Indicação de tratamento biológico.

Águas Negras	Desdobramentos
- Possuem grande biodegradabilidade.	- Indicação de tratamento biológico.
- No processo de tratamento não pode ocorrer o encapsulamento dos gases.	- Sistema de exaustão de gases no biorreator.
- A temperatura ambiente é fator fundamental na digestão anaeróbia.	- Indicação do severo controle desse parâmetro e, da necessidade de um dispositivo inserido na tecnologia.
- O tempo de decomposição de matéria carbonácea, no processo de digestão anaeróbia, é superior a 30 dias.	- Parâmetro de projeto que indica o tempo de detenção hidráulico do reator e auxilia no cálculo do volume do reator e da área necessária para implantação do mesmo.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

A sistematização dos resultados em sua dimensão tecnológica tem sua Genesis no desenvolvimento e aprimoramento de cada uma das etapas da prova de conceito aplicada na tecnologia previamente existente e a partir das inovações incrementais imputadas posteriormente as verificações realizadas, assim os resultados sistematização da dimensão tecnológica são descritos na Tabela 48.

Tabela 48: Sistematização dos Resultados – Dimensão Tecnológica.

Desenvolvimento da Tecnologia Inovadora para Tratamento de Efluente da Bacia Sanitária				
Versão do Sistema	Composição	Características	Avaliação	Desdobramentos
1.0	BAH2.0 (Biorreator anaeróbio helicoidal) de fluxo pistão com peneira interna na parte inferior	Separação de sólido-líquido da ordem de 18%, sem capacidade de acúmulo de material no reator.	Sem funcionalidade	Fechamento/isolamento da peneira interna
1.1.	BAH2.0 (Biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão com peneira interna na parte inferior fechada).	Muito líquido no reator perdendo o sentido prático do transporte de sólido pelo helicóide. Material em suspensão homogêneo ao longo do comprimento do reator.	Nenhuma inovação, pois não trata o efluente de forma segregada.	Instalação de um sistema de separação externo
2.0	SAUF 2.1 + BAH2.0 (separador com peneira de 1mm e inclinação de 30° + biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão com peneira interna na parte inferior fechada).	Separação = 13,7% de eficiência da separação sólido líquido; 80,7% de massa passante para o reator. Reator = 39,3% remoção de M.O; 40,5% remoção de cor; 74,6% remoção de turbidez e 54,8% remoção de ST.	Percentual muito significativo de material passante para o reator. Baixa eficiência da remoção de M.O.	Instalação da peneira 2.0
2.1	SAUF 2.0 + BAH2.0 (separador com peneira de 5 mm e inclinação de 30° + biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão com peneira interna na parte inferior fechada).	Separação = 52% de eficiência da separação sólido líquido; 28,7% de massa passante para o reator. Reator = 65,2% remoção de M.O; 40,3% remoção de cor; 81,3% remoção de turbidez e	Sistema com eficiências razoáveis.	Implementação de melhorias no BAH; Nova tentativa de peneiramento interno, desta feita na face dianteira; Inclinação da câmara de águas negras permitindo a sedimentação de material e, por conseguinte, acúmulo e transporte via helicóide, alteração no dispositivo de

		68% remoção de ST.		entrada e saída.
3.0	SAUF 2.1 + BAH3.0 (separador com peneira de 1 mm e inclinação de 30° + biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão com peneira interna na face dianteira e com câmara de digestão com 8° de inclinação).	Separação interna com eficiência inferior a 2%, e externa com menos de 20% de separação sólido-líquido e 47,5% de material passante. Complexidade no sistema de peneiramento interno seja operacional ou construtivo.	Ineficiente, não atende ao requisito de simplicidade construtiva e operacional. Existe a possibilidade de vazamentos.	Fechamento da peneira e instalação de um outro sistema de separação externo.
3.1	SAUF 2.0 + BAH3.0 (separador com peneira de 5 mm e inclinação de 30° + biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão com câmara de digestão com 8° de inclinação).	Separação = 63% de eficiência da separação sólido líquido; 23,5% de massa passante para o reator. Reator = 65% remoção de M.O; 40,7% remoção de cor; 86% remoção de turbidez e 72% remoção de ST.	Sistema com boas eficiências e atendem aos requisitos de simplicidade operacional. Melhorias a partir da alteração do dispositivo de saída de efluente tratado e inserção de aproveitamento do lodo	Troca do sistema de separação. Instalação da peneira concebida na patente sob algumas inovações.
4.0	SAUF 1.1 + BAH3.0 (separador com peneira de 5 mm e inclinação de 30° da concepção da patente original+ biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão com câmara de digestão com 8° de inclinação).	Separação = 14,6% de eficiência da separação sólido líquido; 29,5% de massa passante para o reator. Reator= 47,8% remoção de M.O; 89,2% remoção de cor; 79,5% remoção de turbidez e 40,7% remoção de ST.	Baixa eficiência de separação sólido-líquido, boa quantidade de material que entra no reator. Baixa remoção de M.O.	Incremento no sistema de separação; Mudança no dispositivo de saída de efluente; Instalação de um dispositivo de coleta e aproveitamento de lodo; Incorporação das melhorias; Criação do Projeto final; Avaliação das anterioridades e encaminhamento para proteção intelectual na Versão 5.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Na Figura são mostradas as unidades de tratamento, bem como o sistema de tratamento de efluentes da bacia sanitária para o meio rural, ou ainda, sistema de tratamento de águas negras em sua Versão 5.0, STAN5.0, proposta pela pesquisa (tecnologia inovadora).

A Figura 86(a) apresenta a Versão SAUF 2.3 em que (1) representa o conduto de entrada de efluente da bacia sanitária; (2) representa o orifício de saída da câmara de águas amarelas; (3) representa o orifício de saída da câmara de águas marrons; (4) representa a aba fixadora ou flange de fixação do separador a bacia sanitária; (5) representa a câmara de águas amarelas, (6) representa a coifa de águas negras; (7) representa a câmara de águas negras ou do efluente da bacia sanitária; (8) representa a peneira separadora de furação oblíqua com 5 mm de diâmetro e 30° de inclinação, (9) representa a câmara de águas marrons. O elemento de inovação desse equipamento está inserido no encaixe da câmara de águas negras (5) com a câmara de água marrons (7) que possui seção transversal quadrática reta com saída quadrada convergida por uma coifa (6) que permite o retorno a tubulação de seção circular reta. Essa inovação impede o acúmulo de material no canto do encaixe, que se apresentou com um gargalo tecnológico na eficiência da unidade de separação.

A Figura 86(b) mostra o biorreator anaeróbio helicoidal de fluxo pistão em sua Versão BAH 3.2, que é composto por: (10) representa o dispositivo de entrada do reator na forma de apito oblíquo (elemento de inovação); (11), (12), (13) e (14) representam as válvulas de captação de gás; (15) válvula de controle do dispositivo de efluente tratado; (16) representa o dispositivo de saída de efluente tratado na porção superior da face posterior do biorreator (inovação incremental); (17) representa o dispositivo de descarga de lodo fresco (elemento de inovação); (18) representa o módulo 1 da câmara de digestão anaeróbio helicoidal do reator, instalado com inclinação de 8° para sedimentação de material (elemento inovador); (19) representa a interligação entre o módulo 1 e 2 da câmara de digestão anaeróbio helicoidal, curva de raio longo; (20) representa o módulo 2 da câmara de digestão anaeróbio helicoidal do reator. Os elementos adicionais que são mostrados na Figura 86(c) são: (21) representa a válvula de saída de descarte de lodo fresco.

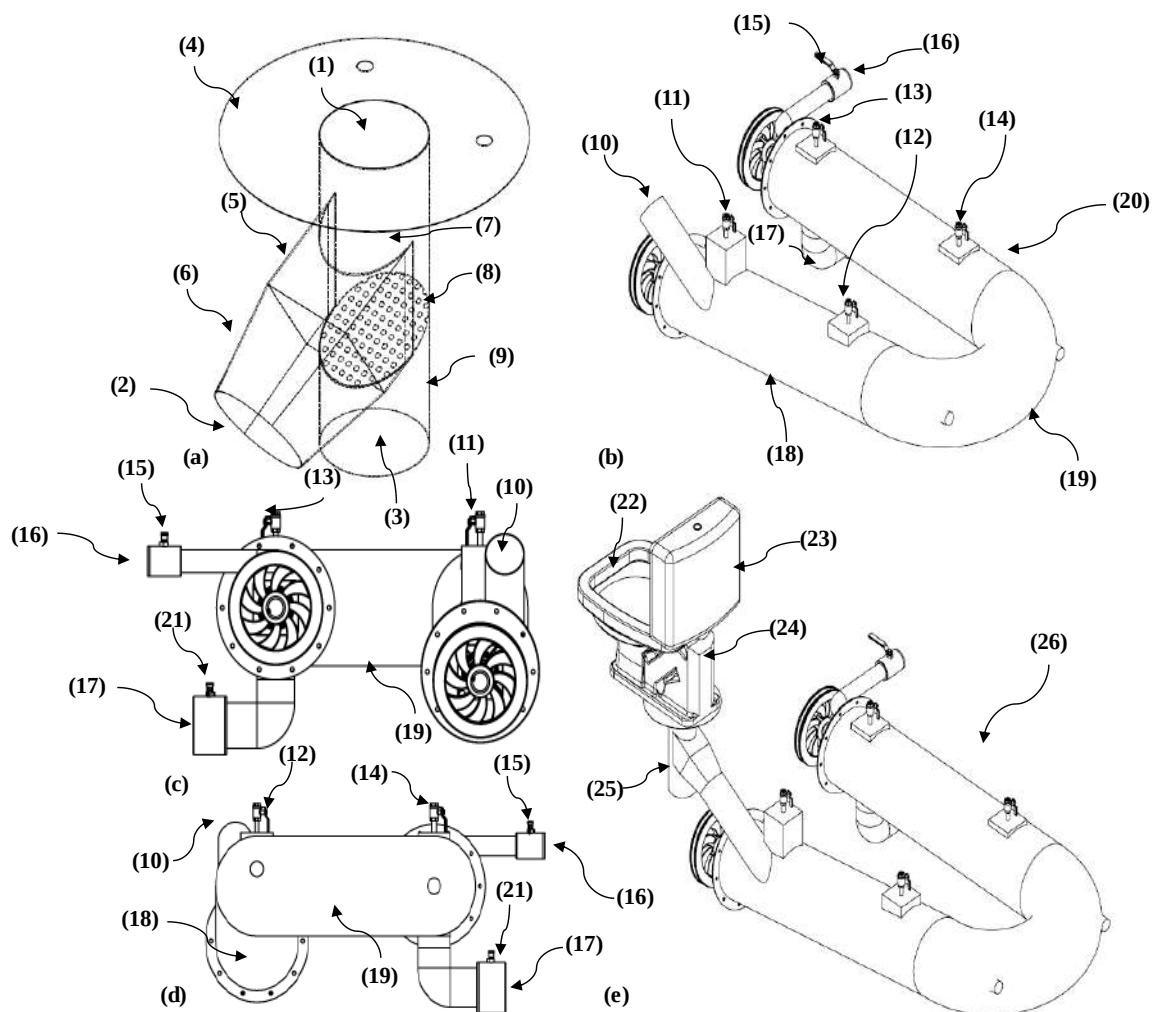


Figura 86: Sistema de Tratamento de Águas Negras e seus Constituintes Proposta Final – STAN5.0.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Assim sendo o STAN 5.0 está representado na Figura 86(e) onde (22) representa a câmara de recepção de dejetos humanos; (23) representa a caixa de descarga da bacia sanitária, podendo ser de qualquer tipo; (24) representa a bacia sanitária preferencialmente de fluxo vertical, com sistema de funcionamento por ação sinfônica ou arraste; (25) representa o separador de água, urina e fezes inovado incrementalmente – SAUF 2.3; (26) representa o biorreator anaeróbio helicoidal incrementado tecnologicamente – BAH 3.1

Quanto a de instalação da unidade de tratamento biológico, o biorreator anaeróbio helicoidal (26), deverá ser recoberto por camada de solo argiloso promovendo um isolamento térmico da unidade o que minimiza os efeitos da variação de temperatura sobre o tratamento anaeróbio.

Quanto a operacionalidade o BAH deverá ter seu helicóide acionado uma vez por semana, no início da manhã, antes da primeira utilização matutina, visando o transporte de material sólido acumulado na entrada do reator para o módulo 2 de digestão (20). A descarga de fundo (17) deverá ocorrer anualmente com redução máxima de volume de 30%, sendo lançada em leito de secagem para posterior aproveitamento na propriedade.

As águas amarelas provenientes da unidade de separação SAUF 2.3 (2) devem ser armazenadas em bombonas de polietileno ou poliuretano opacas, ou ainda, podem ser utilizadas como solução nutritiva para desenvolvimento de culturas hidropônicas. O efluente tratado (16) deverá ser lançado em camada arenosa de 1 m de espessura.

8 CONCLUSÃO

As dimensões científicas e tecnológicas permitiram a obtenção das seguintes conclusões.

- 14% da População Brasileira reside no meio Rural sendo, aproximadamente, 28 milhões de habitantes;

- De 2015 a 2018 foram lançados, sem qualquer tipo de tratamento, aproximadamente 4,8 trilhões de metros cúbicos de esgoto doméstico;

- O lançamento de esgoto doméstico in natura é a terceira maior causa de impacto ambiental no meio rural brasileiro, ficando atrás, apenas, da poluição por agrotóxicos e os processos erosivos do solo;

- Para uma residência com 4 moradores a bacia sanitária é utilizada, em média, 22 vezes por dia e o consumo médio de água potável para descarga da bacia sanitária é de 132 L.dia⁻¹. Nesse sentido, as mulheres utilizam mais a bacia sanitária do que os homens e esses não utilizam a bacia sanitária somente para a defecação;

- As fezes humanas se caracterizam pela grande variabilidade de formas, cor, consistência e constituição, contudo, apresentam uma umidade média de 77%, não perdem água no processo de digestão anaeróbia (batelada), são ricas em organismos patogênicos, fator limitante no aproveitamento direto e/ou de contato primário, porém, não apresentam metais pesados que causem riscos à saúde humana;

- O tempo de decomposição anaeróbia das fezes humanas em condições ambientais é superior a 70 dias, e considerando esse tempo, não é recomendável a decomposição de fezes sem presença de água, e aceitável que se tenha uma proporção de 15 a 30% de água, logo o tratamento térmico se apresenta como uma alternativa promissora para o tratamento desse dejetos humano, principalmente em processos que utilizem a temperatura acima de 600°C;

- A geração de biogás no processo de decomposição anaeróbia de fezes humanas em condições ambientais é pequena, porém, alguns compostos são originados, com substancial consideração ao décimo quinto dia do processo, existe ainda a geração de nitrilas que são compostos tóxicos como subproduto dessa decomposição, sendo os Indois

os principais responsáveis pela promoção dos odores desagradáveis, nesse sentido, a temperatura é o fator limitante do funcionamento desse processo;

- Dentre os compostos voláteis identificados no processo de decomposição das fezes humanas 26,92% são responsáveis por emissões odoríficas, ou seja, fazem parte do grupo com presença de enxofre. Compostos com a presença de silício orgânico cíclico foram identificados em 15,38% das amostras. Os hidrocarbonetos compõem 7,69% dos compostos. Identificou-se 15,38% de compostos nitrogenados com especial atenção para a cafeína. Os oxigenados correspondem a 26,92% dos compostos registrados na pesquisa.

- A urina humana é rica em nitrogênio, na forma amoniacal ($NH_4^+ = 432,9 \text{ mg.L}^{-1}$), e tem característica ácida ($\text{pH}=5,35 \pm 0,21$). Quando submetida a processo de estocagem, decompõem a amônia e geram N_2 elevando o pH da amostra e formando o óxido de cálcio e cloreto de potássio;

- O armazenamento de urina humana é uma técnica interessante para o aproveitamento da urina, com o cuidado que no armazenamento a urina não deverá ser submetida a luz, pois é fotossensível, passível de utilização como solução nutritiva para o desenvolvimento de culturas que não sejam de contato primário ou de consumo cru;

- As águas negras possuem OD igual a $4,92 \pm 3,46 \text{ mg.L}^{-1}$; pH igual a $7,29 \pm 1,03$; ST igual a $3.528 \pm 1.143,8 \text{ mg.L}^{-1}$; SST igual a $2.472 \pm 1.114 \text{ mg.L}^{-1}$; SDT igual a $923 \pm 304 \text{ mg.L}^{-1}$; SFT igual a 654 mg.L^{-1} ; SVT da ordem de $2.731 \pm 654 \text{ mg.L}^{-1}$; SSV concentrações de $2.650 \pm 293 \text{ mg.L}^{-1}$; MS igual a $25 \pm 17 \text{ mL.L}^{-1}$ ($n=3$ e $\text{CV}=67,49\%$); uma concentração de $1,42 \times 10^7 \pm 1,10 \times 10^7 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$ ($n=3$ e $\text{CV}=78\%$) de coliforme totais, de $1,37 \times 10^7 \pm 2,15 \times 10^7 \text{ UFC}/100 \text{ ML}$ para coliformes termotolerantes enquanto que para a E.coli o valor identificado foi de $3,31 \times 10^6 \pm 8,25 \times 10^6 \text{ UFC}/100 \text{ ML}$, fator que limita seu aproveitamento direto ao solo ou a um contato primário;

- Quanto ao processo de atenuação em condições naturais de águas negras o tempo é superior a 30 dias, quando se trata da decomposição de matéria orgânica levando em consideração um reator biológico anaeróbio isso se torna um agravante frente ao expressivo tempo de detenção hidráulico do biorreator. Para essa técnica apresentou eficiência de degradação de matéria orgânica da ordem de 36,5% para DQO e de 51,8% para DBO, valores que se apresentam abaixo dos 60% mínimos indicados pelo instrumento normativo regulador.

- Em relação a prospecção de métodos e técnicas para o gerenciamento do efluente da bacia sanitária, muito ainda pode ser feito, principalmente, no aproveitamento dos dejetos humanos, na segregação dos dejetos, na simplificação dos processos e na concepção de produtos. Nesse sentido ainda a de ser desenvolvida uma bacia sanitária segregadora de fezes e urina com tecnologia nacional.

- Quanto a prova de conceito realizada em tecnologia já existente, foi a base para o desenvolvimento e preposição de uma alternativa diferenciada viável e foi fundamental para a incorporação de elementos que venham a melhorar a eficiência, simplificar o funcionamento e, sobretudo, garantir a veracidade.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de digestão anaeróbia de fezes humanas é influenciado pela temperatura e pelo tipo de fezes. É fundamental que os sistemas de tratamento de esgoto tenham um controle eficaz, principalmente, sobre a temperatura, uma vez que essa variável tem significativa interferência no processo. Assim, sendo em regiões temperadas o reator deverá vir seguido ou acoplado de um elemento que input energia térmica ao meio, uma vez que a temperatura ótima operacional é de 37°C.

O processo de digestão anaeróbia das fezes é um processo lento e que pode levar a grandes dimensões de reator, dessa forma é muito importante a consideração da codigestão no processo.

A desidratação das fezes humanas se apresenta como uma importante ferramenta do gerenciamento de excretas, bem como, a incorporação desses resíduos desidratados em matrizes cerâmicas ou cimenteira.

Os processos térmicos se apresentam como uma ferramenta importante, sobretudo, no tratamento da patogenicidade do material, obtendo-se a partir desse processo um material com características sanitárias mais adequadas.

A segregação na fonte geradora, ou seja, a separação de líquido e sólido é de fundamental importância para a minimização do potencial poluidor do efluente de bacias sanitárias, com a separação das fezes da água e urina, tem-se a possibilidade de reuso de ambas as excretas. As tecnologias empregadas na água amarela oriunda do processo de

segregação não deverão ser transparentes uma vez que a urina é fotossensível, propiciando a formação de óxidos na mistura (água e urina) o que promove um aumento da cor, ou seja, transforma a mistura de uma coloração amarelada, clara ou escura, em cinza e/ou preta.

O homem, em um passado não muito distante, realizava o aproveitamento de fezes e urina diretamente no solo, contudo com o passar dos anos e o entendimento microbiano e exigências sanitárias que preservem a qualidade alimentar e a saúde da população em muito foi restringido o uso das fezes humanas como insumos agrícolas, ficando restrito a alguns países da África e Tailândia.

Uma outra potencialidade de aproveitamento é a utilização das fezes humanas como carvão, dado o seu significativo poder calorífico. Nesse sentido recomenda-se que estudos da potencialidade calorífica das fezes versus a composição dos gases gerados e os possíveis patógenos resultantes sejam desenvolvidos com vistas a gestão das excretas humanas.

Uma outra linha de pesquisa que se apresenta muito fortemente é o estudo da aplicação de micro-ondas nas fezes humanas, sendo desenvolvidos bacias sanitárias em que esse processo ocorra, entretanto, ressalta-se a importância de estudos que apontem e garantam o isolamento dessas ondas, nocivas a saúde humana.

Uma maior interlocução entre as áreas de tratamento e aproveitamento de resíduos e a área de geração/aproveitamento de biogás, deverá ocorrer, sob pena de produzirmos lodos com alta carga poluidora pelos biodigestores, uma vez que esses pesquisadores pouco se preocupam com o processo de tratamento e/ou gerarmos gases extremamente tóxicos nos reatores biológicos.

Para o tratamento da fase líquida, águas amarelas (água e urina) indica-se a estocagem por um período superior a 45 dias, para a redução da ureia a amônia a níveis aceitáveis para natureza, sobretudo para o solo e/ou produção de hortifruti.

Faz-se necessária a aplicação de modelos específicos para o decaimento de matéria carbonácea em reatores biológicos a partir do efeito da temperatura e de um outro efeito de perturbação no processo, o que seria considerado como termo aleatório.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Instalações prediais de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1999.

ANDRIANI, D.; WRESTA, A.; SAEPUDIN A.; PRAWARA, B. **A review of recycling of human excreta to energy through biogás generation**: Indonesia case. *Energy Proc*, 68, 219–25. 2015.

ANNACHHATRE, A.P. **Anaerobic treatment of industrial wastewaters**. *Resources, Conservation And Recycling*, v. 16, p. 161-166, 1996.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington: American Public Health Association, 1995.

ASTM E1252. **Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis**, 2002.

BAI, F.; WANG, X. Study on dynamics model of biodegradation of organic matter in aerobic mesophilic composting reactor for sanitary disposal of human feces. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL, BIOMEDICAL AND BIOTECHNOLOGY, 3, 2011, Shanghai. **Anais...** Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/3d40/e39f3177a768d788464765e04a518faa048c.pdf>>. Acesso em: 22 junho 2016.

BALDOCHI, V. M. Z. **Resíduos Sólidos Urbanos**: aspectos básicos das transformações de compostos orgânicos em sistemas anaeróbios mesofílicos com elevada concentração de sólidos totais. São Carlos, 1997. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997. 136 p. Tese (Doutorado).

BARBOSA, D. B. B. **Uma introdução à propriedade intelectual**. Rio de Janeiro: Lumen Júris; 2003.

BARRETTO, J. A. **Comparação de eficiência de evaporadores de urina e estudo da variação das propriedades da urina durante o ciclo da evaporação**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2009. 90 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação).

BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. 165p. Dissertação (Mestrado).

BAZZARELLA, B. B.; DIAS, G.B.; BASTOS, F.P.; WIGNER, P.L.; GONÇALVES, R.F. Caracterização quali-quantitativa da urina humana com vistas ao aproveitamento agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. **Anais...** 2005.

BERMUDEZ, J.A.Z, EPSZTEJN, R, OLIVEIRA, M.A, HASENCLEVER, L. **O Acordo TRIPS da OMC e a proteção patentária no Brasil: mudanças recentes e implicações para a produção local e o acesso da população aos medicamentos**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz; 2000.

BERNARDES, F.S. **Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (TEvap)**. *Revista Especialize On-line IPOG*, v. 1, n. 7, 2014.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. EESC/USP, São Carlos, 120 p. 1999.

BOE, K.; BATSTONE, D.J.; STEYER, J.P.; ANGELIDAKI, I. **State indicators for monitoring the anaerobic digestion**. *Water Research*, v. 44, n. 20, p. 5973 – 5980. 2010.

BOHRZ, G. I. **Geração de metano em lagoa anaeróbia:** um estudo de caso em abatedouro de bovinos. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, 2010. 153 p. Dissertação (Mestrado).

BOPP, C. A., F. W. BRENNER, P. I. FIELDS, J. G. WELLS, AND N. A. STOCKBRINE. **Escherichia, Shigella, and Salmonella.** In: Murray, P. R., E. J. Baron, J.H. Jorgensen, M. A. Tenover, and R. H. Tenover (ed.). Manual of clinical microbiology, 8th ed. American Society for Microbiology, Washington, D.C. 2003.

BRASIL, A.L.; et al. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas:** referencial para a escolha de soluções. -- Campinas, SP. Biblioteca /Unicamp, 2018.

BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SILVA, C.M.; CECOM, P.R.; SOARES, A.A. **Modeling of pollution removal in constructed wetlands with horizontal subsurface flow.** *Agricultural Engineering Research*, v.13, n.2, p.48-56, 2007.

BRASIL. EMBRAPA. **Fossa Séptica Biogestora.** São Carlos, 2001.http://www.municipais/default_indicadores_sociais_municipais.shtm. Acesso: 22/05/2016.

BRASIL. Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI. **Relatório de gestão de 2009.** Rio de Janeiro: Inpi/MDIC, 2009. Disponível em: <www.inpi.gov.br>.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento:** Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2015. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos** – 2016. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2018

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996.** Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília, DF: Brasil.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF: Brasil.

BRASIL. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016.** Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, a Lei nº 6.815, de 19 de agosto de 1980, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011, a Lei nº 8.745, de 9 de dezembro de 1993, a Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994, a Lei nº 8.010, de 29 de março de 1990, a Lei nº 8.032, de 12 de abril de 1990, e a Lei nº 12.772, de 28 de dezembro de 2012, nos termos da Emenda Constitucional nº 85, de 26 de fevereiro de 2015. Diário Oficial da União, Brasília, 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/gjDTBT>>.

BRUKER NANO GMBH. **S2 picofox™ User Manual.** 2013.

CANEVALORO JR, S. V. coord. **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. São Paulo. Artliber Editora. 2004.

CARNEIRO, A. **Inovação, Estratégia e Competitividade**. LISBOA: TEXTO EDITORA, 1995.

CASTANÓN, N. J. B. **Biogás, originado a partir dos rejeitos rurais**. Trabalho apresentado na disciplina: Biomassa como Fonte de Energia - Conversão e utilização. São Paulo: Universidade de São Paulo, 66 p. 2002.

CASTRO, L. R.; CORTEZ, L. A. B. **Influência da temperatura no desempenho de biodigestores com esterco bovino**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 1, p. 97-102. 1998.

CETESB. **Norma P4.230/99**. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação (manual técnico). São Paulo, ago. 1999.

Chem-Technics. Jesse R. Conner. **Method for treating human waste by solidification**. CO2F 11/14. US4615810. 07/10/1986.

CHERNICHARO, C.A.L. et al. **Reatores anaeróbios**. In: CAMPOS, J. R. (coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES, Cap. 7, p. 155-198. 1999.

CHERNICHARO, C.A.L. **Anaerobic Reactors**. IWA Publishing. London, UK.190 p. (Biological Wastewater Treatment Series, v. 4). ISBN: 1 84339 164 3. 2007.

CHRISTENSEN, C.M. **The innovator's dilemma**: the revolutionary national bestseller that changed the way we do business. New York: HarperBusiness, 2002.

COELHO, C.; CARVALHO, A.R. **Manual de parasitologia humana**. Canoas. Ed. ULBRAS. 2 ed. 263 p. 2005.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Uso de Água Cinza para Fins não Potáveis: um Critério Racional para Definição da Qualidade. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

CONAMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF: Publicação Dou, 16 maio 2011. n. 92, p. 89-89.

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. **Saneamento rural no Brasil:** impacto da fossa séptica biodigestora. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Edição Especial, p. 51-60, 2014.

COSTELLO, D.L.; EWEN, R.; EWER, A.K.; GARNER, C.E.; PROBERT, C.S.J.; RATCLIFFE, N.M.; SMITH, S. **An analysis of volatiles in the headspace of the faeces of neonates.** *Journal of Breath Research*, v. 2, n. 3, set. 2008.

COSTELLO, D.L.; AMANN, A.; AL-KATEB, H.; FLYNN, C.; FILIPIAK, W.; KHALID, T.; OSBORNE, D.; RATCLIFFE, N.M. **A review of the volatiles from the healthy human body.** *Journal of Breath Research*, v. 8, n. 1, p. jan. 2014.

CRAVEIRO, A.M.; LA IGLESIAS, M.R.; HIRATA, Y.S. **Manual de biodigestores rurais.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 61 p. 1982.

CUMMINS, J. G. **A new approach to the valuation on intangible capital.** (NBER Working Paper, n. 9.924). 2003

DARÉ, D. **Estudo térmico, caracterização e análise de compostos orgânicos em amostras de lodo de esgoto das cidades de São Carlos-SP e Jaú-SP.** Araraquara: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2013. 86 p. Dissertação (Mestrado).

DE PAULI, A. R., ESPINOZA-QUIÑONES, F. R., TRIGUEROS, D. E. G., MÓDENES, A. N., DE SOUZA, A. R. C., BORBA, F. H., & KROUMOV, A. D. **Integrated two-phase**

purification procedure for abatement of pollutants from sanitary landfill leachates.
Chemical Engineering Journal, v. 334, p. 19-29, fev. 2018.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: an introduction.** Wiley-VCH, Weinheim, 472p., 2008.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources: an introduction.** 2º ed. Weinheim: Wiley-Vch, 2011.

EASTWOOD, M.A.; BRYDON, W.G.; BAIRD, J.; ELTON, R.; HELLIWELL, S.; SMITH, J.; PRITCHARD, J. **Fecal weight and composition, serum lipids, and diet among subjects aged 18 to 80 years not seeking health care.** *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 40, n. 3, p. 628 – 634, 1984.

ECKE, H. **Carbonation for fixation of metals in municipal solid waste incineration (MSWI) fly ash.** Lulea: Division of Waste Science & Technology, Luleå University of Technology, 2001. Thesis (Doctoral).

ESREY, S.A., GOUGH, J., RAPAPORT, D., SAWYER, R., SIMPSON-HÉBERT, M., VARGAS, J., WINBLAD, U(ed.). **Ecological sanitation.** Swedish International Development Cooperation Agency - SIDA, Stockholm, 1998.

ESREY, S. et al., **Ecological sanitation: revised and enlarged edition.** Stockholm Environment Institute. 2004.

FARIA, R.A.P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento de esgoto – estudo de caso.** Cascavel, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2012. 63p. Dissertação (Mestrado)

Fernando Antônio de Padua Lage. Fernando Antônio de Padua Lage. **Disposição introduzida em fossa septica.** E03F 5/00. MU8700771-1 U201/06/2007.

FITTSCHEN, I.; HAHN, H.H. **Chacaracterization of the municipal wastewaterpart human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion.** *Institute of Aquatic Environmental Engineering*, v. 38, n. 6, p. 9-16, 1998.

FOGLER, H.S. **Elements of Chemical Reaction Engineering.** 2nd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1992.

FUNASA. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento: Orientações técnicas.** 3. ed. Brasília, 408 p. 2007.

FUNASA. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento.** 4. ed. Brasília, 642 p. 2015.

GALBIATI, A.F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009. 38 p. Dissertação (Mestrado)

GALINDO, N.; DA SILVA, W.T.L.; NOVAES, A.P.; GODOY, L.A.; SOARES, M.T.S.; GALVANI, F. **Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora.** Série Documentos. N. 49. São Carlos: Embrapa. 2010.

GARNER, C.E.; SMITH, S.; COSTELLO, B.L.; WHITE, P.; SPENCER, R.; PROBERT, C.S.J.; RATCLIFFE, N.M. **Volatile organic compounds from feces and their potential for diagnosis of gastrointestinal disease.** *FASEB Journal*, v. 21, n. 8, 1675–1688, jun. 2007.

General Electric Company. Annavarapu Vijay Bharat Sastri; Murugaraja Sengottaiyan. **Black water processing system with high pressure flash vessel.** CO2F 1/06; B01D 3/06. B01D 5/00; CO2F 103/36. US 10005679 B2. 26/06/2018.

GONÇALVES, R.F.et al. coord. **Uso Racional da Água em Edificações.** Projeto PROSAB. ISBN 85-7022-154-1. Rio de Janeiro: ABES. 1ª ed. 352 p. 2006.

GONÇALVES, R. F. et al. **Caracterização e tratamento de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial após segregação.** Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR04371_Goncalves.pdf>, Acesso em: 18 jul. 2008.

GONÇALVES, R.F. et al. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

GRADY, C.P.L.; DAIGGER, G.T.; LIM, H. C. **Biological wastewater treatment.** 2. ed., Marcel Dekker, Inc., New York, p. 599-689. 1999.

HINENO, T.; MIZOBUCHI, M.; NISHIMATSU, O.; HORIGUCHI, J.; KAKIMOTO, Y. **Day-night variation of urine volume in Parkinson's disease.** *The Japanese journal of psychiatry and neurology*, v. 48, n. 3, p. 583-587, 1994.

HUANG FUZHI. HUANG FUZHI. **Domestic Sewage tank applicable to rural resident.** C02F1/001; C02F1/28; C02F1/281. CN107857377 (A). 30/03/2018.

HUMBERTO PORTO. HUMBERTO PORTO. **Reator anaeróbio de fluxo ascendente com filtro separador - fossa ecológica.** 865F 1/00; E03F 11/00. BR 202015009315-8 U2. 24/04/2015.

International Water Saving Systems. Walter O. Heinze; Swathmore Pa.; Wesley M. Tufts; Holliston Mass. **Method and apparatus for filtering industrial and human waste.** B01D 23/10; B01D 33/18. US4457849. 03/06/1984.

JILIN PROVINCE ZHONGTAI ENV ENG CO LTD. ZHAO LIGUO; LI SEN; YANG LEI; WANG TIEFENG; CHEN MINGLI; LIU DI; LI SIWEN; TIAN XUE; ZHANG ZHEN; ZHANG SHUL. **Rural domestic sewage who is fit for northern water deficient area cuts dirty device.** C02F1/38. CN206142878 (U). 03/05/2017.

João Celestino Chuva Bio (BR/DF). João Celestino Chuva Bio. **Tanque séptico e fossa absorvente.** A03F 11/00; E03F 5/10. PI 9605507-3 A. 31/10/1996.

John E. Clegg. John E. Clegg. **Black-Water solar disk**. F24J 2/24. US4611577. 16/09/1986.

JONSSON, H.; STINTZING, A.R.; VINNERÅS, B.; SALOMON, E. **Guidelines on the use of urine and faeces in crop production**. Consultado em Novembro 6, 2017, from <http://www.ecosanres.org/pdf/files/ESR-factsheet-06.pdf>. 2004.

Jorge Pereira Roliano (BR/RS). Jorge Pereira Roliano. **Fossa séptica**. E03F 11/00. MU 7703003-6 U. 19/06/1997.

JORDÃO, P.J. **O Tratamento de Esgotos e a Crise Hídrica no Brasil**. WEF Fellow. Abes. 2015.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES. 904p. 2009.

JORDÃO, P.J. **O Tratamento de Esgotos e a Crise Hídrica no Brasil**. WEF Fellow . Abes 2015.

José Floriano (BR/SC). José Floriano. **Fossa séptica e filtro anaeróbio conjugados**. E03F 11/00. MU 8302430-1 U. 29/09/2003.

KHANAL, S.K. **Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production and Applications**. John Wiley & Sons. 662'.88-dc22, 267-291. 2009.

KOBERG, C.S.; DETIENNE, D.R.; HEPPARD, K.A. **An empirical test of environmental, organizational, and process factors affecting incremental and radical innovation**. Journal of High Technology Management Research, vol.14, p.21-45, 2003.

LANGERGRABER, G.; MÜLLEGGER, E. **Ecological sanitation - A way to solve global sanitation problems?**. Environment International Austria. 2005.

LAWRENCE, A.W.; McCARTY, P.L. **The role of sulfide in preventing heavy metal toxicity in anaerobic treatment.** Journal W.P.C.F. Washington 37(3): 392 – 406, mar.1965.

LEIFER, R. et al. **Radical innovation: how mature companies can outsmart upstars.** Boston: HBSP, 2000.

LEWIS, S.J.; HEATON, K.W. **Stool form scale as a useful guide to intestinal transit time.** Scand. J. Gastroenterol., Oslo, v. 32, n. 9, p. 920-924, Jan. 1997.

LIANG, C.; DAS, K.C.; MCCLENDON, R. W. **The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend.** Bioresource Technology, 86(2), 131–137. 2003.

LIED, E.B. **Tecnologia alternativa para remoção de poluentes gasosos utilizando fotocatalisador revestido com nanopartículas de TiO₂.** Toledo. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 272 p. 2018. Tese (Doutorado).

LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. **Volume reduction and concentration of nutrients in human urine.** Ecological Engineering, Suécia, v. 16, n. 4, p. 561-566, 2001

LUCCA, P.H. **Saneamento Ecológico e permacultura em comunidade de baixa renda: A simplicidade a favor da humanidade.** Ecovida São Miguel. 63 p. 2015.

MARTINETTI, T. et al. **Análise de Alternativas mais Sustentáveis para Tratamento Local de Efluentes Sanitários Residenciais.** In: **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, 2007.

MARTINETTI, T.H. **Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares.** São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. 292 p. 2015. Tese (Doutorado).

MARTINETTI, T. H.; SHIMBO, I.; TEIXEIRA, B.A.N. **Pesquisa: Ação participativa para escolha de sistema de tratamento de efluentes sanitários residenciais mais sustentáveis caso: assentamento rural Sepé-tiaraju, Serra Azul, SP.** Ambiente Construído, V.9, n. p 43-5 2009.

MARTINEZ, A.P; AZEVEDO, G.R. **Tradução, adaptação cultural e validação da Bristol Stool Form Scale para a população brasileira.** Rev. Latino-Am. Enfermagem [Internet]. maio-jun. 20(3):[7 telas]. 2012.

MASSÉ, D.I.; MASSE, L. **The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors.** Bioresource Technology, v. 76, p. 91-98, 2001.

MASSOTTI, Z. M. **Viabilidade técnica e econômica do biogás a nível de propriedade. In: Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: treinamentos 2002.** Embrapa Suínos e Aves – Programa Nacional do Meio Ambiente II, p. 102-108. Concórdia – SC. 2002.

McKINNEY, R. E. **Microbiology for sanitary engineers.** New York et al.: McGraw-Hill Book Company, Inc. 293 p. 1962.

MENDONÇA, E. F. **Tratamento anaeróbio de efluentes oriundos da bovinocultura de leite em biodigestor tubular.** Cascavel. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. 62 p. 2009. Dissertação (Mestrado).

MONHOL, F. A. F.; MARTINS, M. F. **Ignition by Thermal Radiation of Polyethylene and Human Feces Combustible Wastes: Time and Temperature to Ignition.** Advanced Materials Research, v. 911, p. 373–377, jun. 2014.

MOTA, F.S.B.; VON SPERLING, M. coord. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção.** Rio de Janeiro: ABES, 428 p: Projeto PROSAB ISBN: 978-85-7022-164-3. 2009.

MOREIRA, S.; FICARIS, M.; VIVES, A. E. S.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; ZUCCHI, O. L. A. D.; BARROSO, R. C.; JESUS, E. F. O. **Heavy metals in groundwater using Synchrotron Radiation Total Reflection X-Ray Analysis**. Instrumentation Science and Technology, v. 34, p.567–585, 2006.

NAVICKAS, K.; VENSCLAUSKAS, K.; PETRAUSKAS, A.; ZUPERKA, V. **Influence of temperature variation on biogás yeld from industrial wastes and energy plants**. Jelgava, 23, 405–410. 2013.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: A alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 93 p. 1992.

NOVAES, A.P. et al. **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica. Comunicado Técnico nº 46**. São Carlos: EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, 2002. Disponível em: <http://www.cnpdia.embrapa.br/_publicacoes.html#CT2002>. Acesso: 25 de janeiro 2016.

NUVOLORI, A. **Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 1ªed. 520 p. 2003.

OCDE-MANUAL DE OSLO. Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. Finep - tradução português, 2004.

OLIVER, A.P.M.; NETO, A.A.S.; QUADROS, D.G.; VALLADARES, R. E. **Manual de treinamento em biodigestão**. 2008. Disponível em <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: set. 2018.

OLIVEIRA, R. D. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. 2009.

O'CONNOR, G.C.; HENDRICKS, R.; RICE, M.P. **Assessing transition readiness for radical innovation**. Research Technology Management, vol.45, no.6, p.50-56, Nov. 2002.

OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation**. Water 21. p.37-41, out. 2001

PARANÁ. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Instituto Ambiental do Paraná. **Resolução SEMA/IAP n. 21 de 13 de maio de 2009**. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, 30 de jun. 2009.

PARKIN, G.F.; OWEN, W.F. **Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludge**. Journal of Environmental Engineering, v. 112, n. 5, p. 867-920, 1986.

PAROLIN, M. et al. **Avaliação das estações de tratamento de esgoto por zona de raízes**. CampoMourão. 2010. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/nupem/anais_v_epct/PDF/ciencias_exatas/15%20PAROLIN_CRI_SPIM_SANTOS.pdf>. Acessado em julho de 2016.

PARKIN, G.F.; OWEN, W.F. **Fundamentals of Anaerobic Digestion of Wastewater Sludges**. Journal of Environmental Engineering, 24 (8): 867-920. 1986.

PASQUETTI, L.A. **Terra Ocupada: Identidades Reconstruídas 1984-2004**. Brasília. Universidade de Brasília. 2007. 325 p. Tese (doutorado).

PENN, R.; WARD, B. J.; STRAND, L.; MAURER, M. **Review of synthetic human faeces and faecal sludge for sanitation and wastewater research**. Water Research, 132, 222–240. 2018.

PEREIRA, R.C.S.O. Saúde e Ambiente: **A água para consumo humano em assentamentos rurais**. São Paulo. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp). Instituto de Políticas Públicas e Relações Internacionais (IPPRI). 103 p. 2016. Dissertação (Mestrado).

PHLIPPEN, S.; RICCABONI, M. **Radical innovation and network evolution**. 2007. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=985887. 2007. Acessado em julho de 2016.

PINHEIRO, D.M. **Influência da velocidade de recirculação no tratamento anaeróbio de esgoto sintético em biorreator operado em batelada sequencial contendo biomassa granulada**. São Caetano do Sul, Escola de Engenharia Mauá, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 116p. 2006. Dissertação (Mestrado).

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2013**. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 296 p.

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2014**. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 102 p.

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: síntese de indicadores 2015**. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 108p.

PNSR. **Site do Programa Nacional de Saneamento Rural** (em construção). <http://pnsr.desa.ufmg.br/>. Último acesso em 11/08/2018. 2018.

PRAMOD, K. P. et al. **Efficacies of inocula on the startup of anaerobic reactors treating dairy manure under stirred and unstirred conditions**. Biomass and Bioenergy. V. 35, p. 2705-2720, 2011.

PRETER, V.; STAEYEN, G.V.; ESSER, D.; RUTGEERTS, P.; VERBEKE, K. **Development of a screening method to determine the pattern of fermentation metabolites in faecal samples using on-line purge-and-trap gas chromatographic-mass spectrometric analysis**. J. Chromatography A, 1216, 1476–1483. 2009.

QUINTELLA, C.M.; MEIRA, M.; GUIMARÃES, A.K.; TANAJURA, A.S.; DA SILVA, H.R.G. **Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação**. Rev. Virtual Quim., 2011, 3 (5), 406-415.

RalfWilli Wagner (BR/SC). RalfWilli Wagner. **Sistema de Tratamento de Efluentes com Filtro Biológico e Zona de Raizes**. C02F 3/00. PI 0503416-7 A. 27/07/2005.

RAUCH, W.; BROCKMANN, D.; PETERSA, I.; LARSENA, T. A.; GUJERA, W. **Combining urine separation with waste design: an analysis using a stochastic model for urine production**, Water Research, 37, 681–689, 2003.

REBÊLO, M.M.P.S. **Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas**. Maceió. Universidade Federal de Alagoas, 113p. 2011. Dissertação (Mestrado).

REBOUÇAS, T. C. **Estabilização e higienização de fezes humanas através de compostagem em regime de batelada**. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010. Dissertação (Mestrado).

REBOUÇAS, T. C. et al. Características físico-químicas e microbiológicas de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial. In.: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Belo Horizonte, Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte– MG, ABES, 2007. Vol.1. 2007.

REBOUÇAS, T. C. et al. Concentração de nutrientes na urina humana através de congelamento objetivando o aproveitamento para fins produtivos na agricultura In: **Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Belo Horizonte– MG, ABES, Vol.1. 2007.

REDLINGER, T.; GRAHAM, J.P.; CORELLA-BARUD, V.; AVITIA, R. **Survival of Fecal Coliforms in Dry-Composting Toilets**. Applied and environmental microbiology. 67. 4036-40. 10.1128/AEM.67.9. 4036-4040. 2001.

REDLINGER, T.; CORELA-BARUD, V.; GRAHAM, J.; GALINDO, A.; AVITIA, R.E. CARDENAS, V. **Hyper endemic Cryptosporidium and Giardia in households lacking municipal sewer and water on the United States – México border**. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v. 66, n. 6, p. 794-798. 2002.

REICHERT, G.A. Aplicação da digestão anaeróbia de resíduos sólidos urbanos: uma revisão. In: **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Campo Grande, 16 p. 2005.

REIS, D.R. **Gestão da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Editora Manole, 2004.

RIBEIRO, L.; TIRONI, L. F. **Ativos intangíveis: avaliação e mensuração no contexto do private equity e venture capital**. Brasília: Ipea, (Texto para Discussão, n. 1.280), maio. 2007.

RIOS, E.C.S.V. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface (lactuca sativa)**. Vitória. Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 2008. Dissertação (Mestrado).

ROSE, C.; PARKER, A.; JEFFERSON, B.; CARTMELL, E. **The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology**. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45, 1827–1879. 2015.

RUGE, E. **Beitrage zur Kenntnis der Darmgase Sitzungsberichte Kaiserlichen Akad. Wiss**, 42 ,739–62.1862.

RUIZ, R. L. **Microbiologia Zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. 314 p.

SALAS, R. K. **Non Conventional ways to evacuate, treat and reuse human excreta and domestic liquids in poor areas of Lima-Peru**. KTH Land and Water Resources Engineering, Stockholm, 2005.

SALOMON, K.R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade. Itajubá**. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia Mecânica, 219p. 2007. Tese (Doutorado)

SANTOS, L.A. et al. **Tempo de trânsito intestinal de indivíduos portadores de síndrome metabólica pela escala de bristol.** Rev. Ciênc. Méd. Biol., Salvador, v. 16, n. 3, p. 338-343, set./dez. 2017

SCHOUW, N.L. et al. **Composition of human excreta: a case study from Southern Thailand.** The Science of the Total Environment. Denmark, 2001.

SEGNINI, A.; SANTOS, L.M.; SILVA, W.T.L.; NETO, L.M.; BARATO, C.E.; MELO, W.J.; BOLOMHEZI, D. **Estudo Comparativo de Métodos para Determinação da Concentração de Carbono em Solos com Altos Teores de Fe (LATOSSOLOS).** Química Nova. 31 (1), 94-97. 2008.

SHANXI RES INSTITUTE OF WATER RESOURCES AND HYDROPOWER UNIV NORTH CHINA. SU DONGYANG; WANG XINSHENG; ZHAO GUANGMING; LI HUIYONG; WANG BING; XI JUNRUI; WANG YI; LI YANG; LI WEI; XING ZHENG. **Miniature purifier of rural casual household's domestic sewage solar energy.** C02F9/14. CN206828301 (U). 02/01/2018.

SILVA, D.F. **Tecnologia Alternativa para Tratamento de Efluentes Domésticos da Área Rural.** Paraná. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 139 p. 2014. Dissertação (Mestrado)

SILVA, G.H.R.; NOUR, E.A.A. **Reator compartimentado anaeróbio/aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p.268-275, 2005.

SOUZA, C.L. **Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB.** Belo Horizonte, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 127 p. 2010. Tese (Doutorado).

SOUZA, C. F.; SANTOS, C. R.; CAMPOS, J. A.; MOGAMI, C. A.; BRESSAN, W. S. **Potencial de dejetos suínos como substrato na biodigestão anaeróbia sob efeito de diferentes temperaturas e tempos de retenção hidráulica.** Revista CERES, v.51, n.300, p.255-265, 2005.

SOUZA, R.R; FREIRE, I.L; VIDAL, C.M.S; SOUZA. J.B. **Pós-tratamento de reator anaeróbio por microfiltração e ultrafiltração.** In: 28º CBESA. Rio de Janeiro. 2015.

SOUZA, M. **Influência simultânea de elevadas concentrações de metais pesados e cianetos na digestão anaeróbia de lodos de esgoto.** São Paulo, Escola Politécnica da USP. 199 p. 1982. Dissertação (Mestrado).

SPEECE, R. E. Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters. Nashville, Tenn: Archae Press, 394 p. 1996.

STENSTROM, T.A.; SEIDU, R.; EKANE, N.; ZURBRUGG, C. **Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems.** EcoSanRes Programme Stockholm Environment Institute. ISBN 978-91-86125-36-3. 165 p. 2011.

TONANI, C. F. **Avaliação da Biodegradabilidade Aeróbia de Resíduo de Origem Fecal.** Vitória. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. 93 p. 2010. Dissertação (Mestrado).

TRATA BRASIL (Org.). **Ranking do Saneamento – Relatório.** Brasil. São Paulo, 2018. 118 p.

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; Marques, M. O. **Biossólidos na agricultura.** São Paulo: ABES. 2002, 468p

UNESCO. **Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.** Relatório Unesco sobre Ciência 2010. Brasil: Unesco, 2010. Disponível em: <www.unesco.org/science/psd>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. MOREJON, C. F. M.; SALAH D. M. H.; ZIMMERNANN, V. E. **Sistema modular compacto de decantação para tratamento de efluentes provenientes de diversas fontes.** CO2F 1/52. MU8701195-6 U2. 23/07/2007.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. MOREJON, C. F. M; DA SILVA, D. F; MENDOZA, A. A. S. **Biodigestor helicoidal para tratamento de dejetos do vaso sanitário.** Cl.: C02F. BR 202014013397-1 U2. 03/06/2014.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. MOREJON, C. F. M; DA SILVA, D. F; MENDOZA, A. A. S. **Separador contínuo de dejetos do vaso sanitário.** E03D 11/13. BR202014013394-7 U2. 03/06/2014.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. MOREJON, C. F. M; DA SILVA, D. F; MENDOZA, A. A. S. **Equipamento modular compacto para tratamento de efluentes domésticos.** C02F 9/00. BR 202014013398-0 U2. 03/06/2014.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA/625/R-00/008- REVISED FEBRUARY 2002. [s.i.]: U.s. **Environmental Protection Agency, 2002.** (NTIS PB02-108560): ONSITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS MANUAL. 369 p.

VALENTIM, M.A.A. **Desempenho de leitos cultivados para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação.** Campinas, tese de doutorado da UNICAMP, 2003.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente.** Campina Grande, EPGRAF, UFPB, 1999.

VANDEVIVERE, P.; DE BAERE, L.; VERSTRAETE, W. **Types of Anaerobic digester for solid wastes.** Biomethanization of the organic fraction municipal waste. Londres, UK, p. 111 – 137. 2002.

VÁZQUES, C.M.L.; MÉNDEZ, G.B.; GARCÍA, H.A.; CARRILLO, F.J.C. **Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño.** IWA Publishing, Alliance House, London, UK. DOI: 10.2166/9781780409146. 592 p. 2008

VINNERAS, B.; PALMQUIST, H.; BALMER, P.; WEGLIN, J.; JENSEN, A.; ANDERSSON, Å.; JOONSSON, H. **The characteristics of household wastewater and biodegradable waste e a proposal for new Swedish norms.** Urban Water 3, 3e11, 2006.

VON SPERLING, M. **Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal.** IWA Publishing, Alliance House, London, UK. Vol.1. ISBN: 1 84339 161 9. 306 p.2007.

VON SPERLING, M. **Basic Principles of Wastewater Treatment.** IWA Publishing, Alliance House, London, UK. Vol.2.210 p. 2007.

WIGNARAJAH, K.; LITWILLER, E.; FISHER, J.; HOGAN, J. **Simulated human faeces for testing human waste processing technologies in spaces systems.** SAE Technical Paper Series, 2006-01-2180. In: Proceedings of the 36th International Conference on Environmental Systems (ICES), 17 a 20 July 2006, Norfolk, Virginia. 2006.

XIAN FEIKE ENVIRONMENTAL PROT ENGINEERING CO LTD. ZHANG GUOLING. **Rural ecological ization sewage treatment system.** C02F9/02; C02F9/14. CN206970333 (U). 06/02/2018.

YADAV, K.M., TARE, V., AHMMED, M. **Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling.** Waste Manag. 30 (1), 50e56. 2010.

YICHANG JUZHANG RIVER ENV PROT TECH CO LTD. ZHU XINXUE. **Rural domestic sewage treatment system.** C02F11/04; C02F9/14. CN205590524 (U). 21/09/2016.

YICHANG JUZHANGHE ENVIRONMENTAL PROT CO LTD. ZHU XINXUE. **A rural domestic waste water treatment system.** C02F11/04; C02F9/14. CN107365011 (A). 21/11/2017.

ZANCHETA, P.G. **Recuperação e Tratamento da Urina Humana Para Uso Agrícola.** Vitória. Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. Dissertação (Mestrado).

ZANCHETA, P.G. **Comportamento de antibióticos da classe das fluoroquinolonas na urina humana durante tratamento para reciclagem de nutrientes via estocagem e evaporação** Vitória. Universidade Federal do Espírito Santo, 2012. Tese (Doutorado).

ZANETTE, A. L. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 97 p. 2009. Dissertação (Mestrado).

11 APÊNDICES

APÊNDICE 1

CARACTERIZAÇÃO DO USO DA BAICA SANITARIA -SISTEMA ALTERNATIVO

[illegible]

LEGENDA:

Usuários: Nome ou Apelido (será preservada a identidade dos participantes da pesquisa).

Tipos de Uso: 1- MICÇÃO (URINA); 2- DEFECAÇÃO (FEZES); 3-AMBOS (FEZES E URINA SIMULTANEAMENTE)

Classificação de Bristol: 01 a 07 de acordo com Tabela.

APÊNDICE 2

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

ANEXO B

FORMULÁRIO - AVALIAÇÃO DE ANTERIORIDADE

(Norma de nomeação do arquivo: B-ANEXO B, ANTERIORIDADE,-sigla do invento-e data. Ex. B-ANTERIORIDADE-BIOTOR 1-06-09.doc)

Nº	Identificação do pedido: "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO"	(Para uso do NIT)
----	--	-------------------

1. INVENTO

1.1 Área da Invenção: ☐ Física ☐ Engenharia ☐ Química	☐ Medicina ☒ Outra: <u>Meio ambiente</u>
--	--

1.2 Linha de pesquisa: Desenvolvimento de tecnologia ambiental

1.3 Vertente tecnologia: ☐ Biotecnologia ☐ Nanotecnologia ☒ Nenhuma das anteriores

1.4 - Título Proposto para a Invenção:

"SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO"

1.5 - Descreva DETALHADAMENTE o invento: incluir materiais e métodos, exemplo(s) de concretização da tecnologia, inclua gráficos (em preto e branco), tabelas, fotos (preto e branco), necessários para a sua compreensão. Se você tiver outros documentos e/ou desenhos relacionados à invenção favor anexar.

O resultado da atividade intelectual, patente modelo de utilidade, será melhor compreendido à luz das figuras em anexo, apresentadas a mero título de ilustração, mas não limitando ao escopo da inovação, nas quais são mostrados os detalhes constitutivos, forma, arranjo e os aspectos operacionais da presente patente, assim:

Na Figura 1 se ilustra, por meio de uma perspectiva isométrica sólida, os principais constituintes do invento "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", onde os componentes nessa figura são representados por números, a saber: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas.

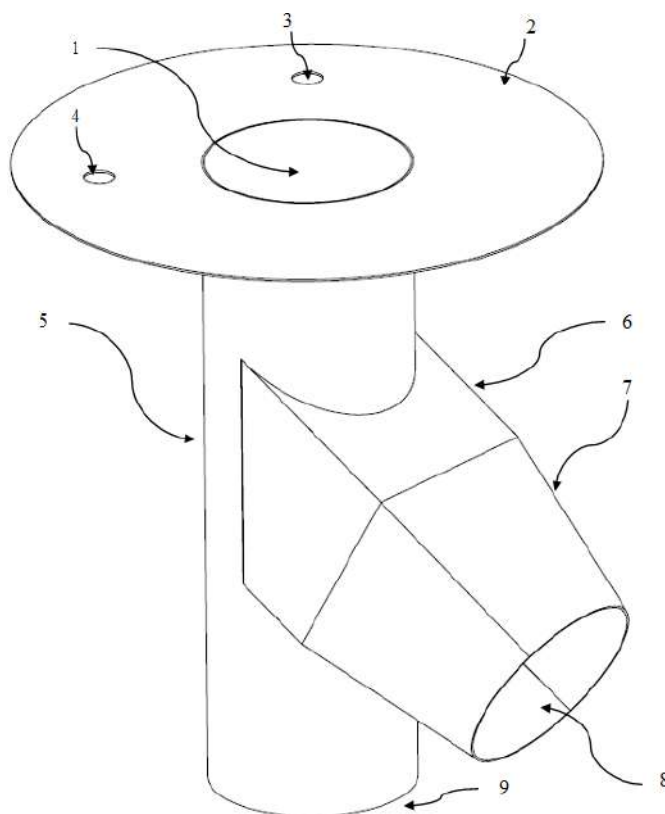


Figura 1: Perspectiva isométrica sólida

Na Figura 2 se ilustra, por meio perspectiva isométrica com linhas ocultas, os principais constituintes do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura, os componentes foram representados por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana).

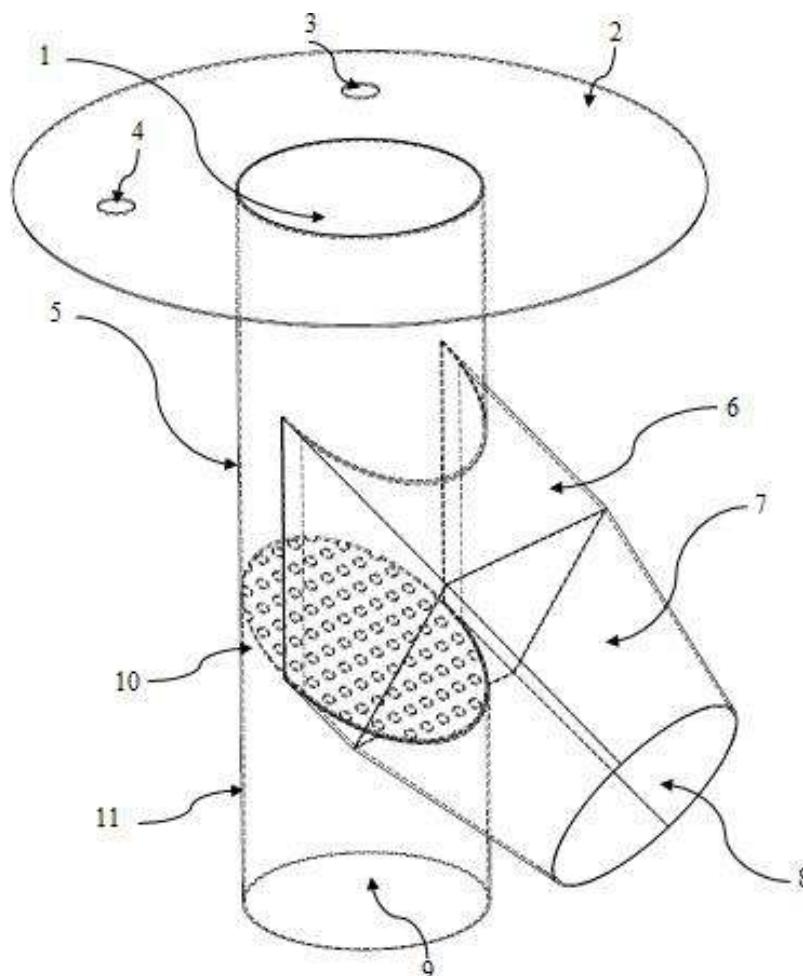


Figura 2: Perspectiva isométrica com linhas ocultas.

Na Figura 3 se ilustra, por meio de uma vista frontal sólida, os elementos principais e auxiliares do "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana).

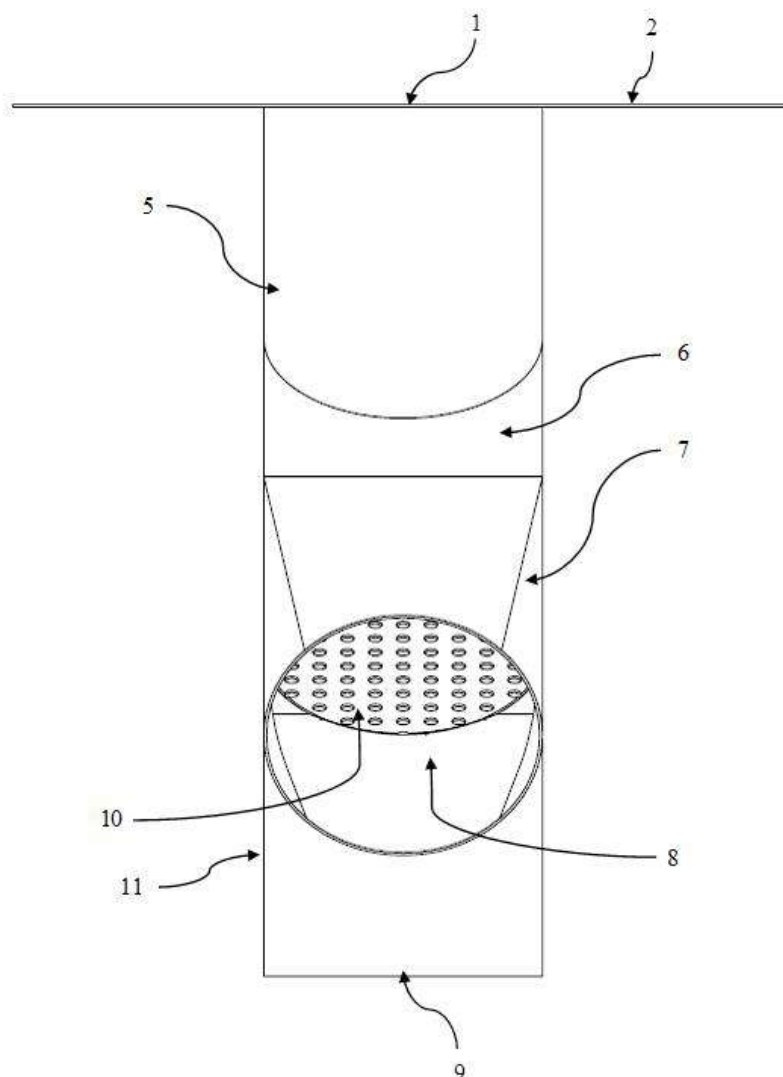


Figura 3: Vista frontal sólida.

Na Figura 4 se ilustra, por meio de uma vista frontal com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana).

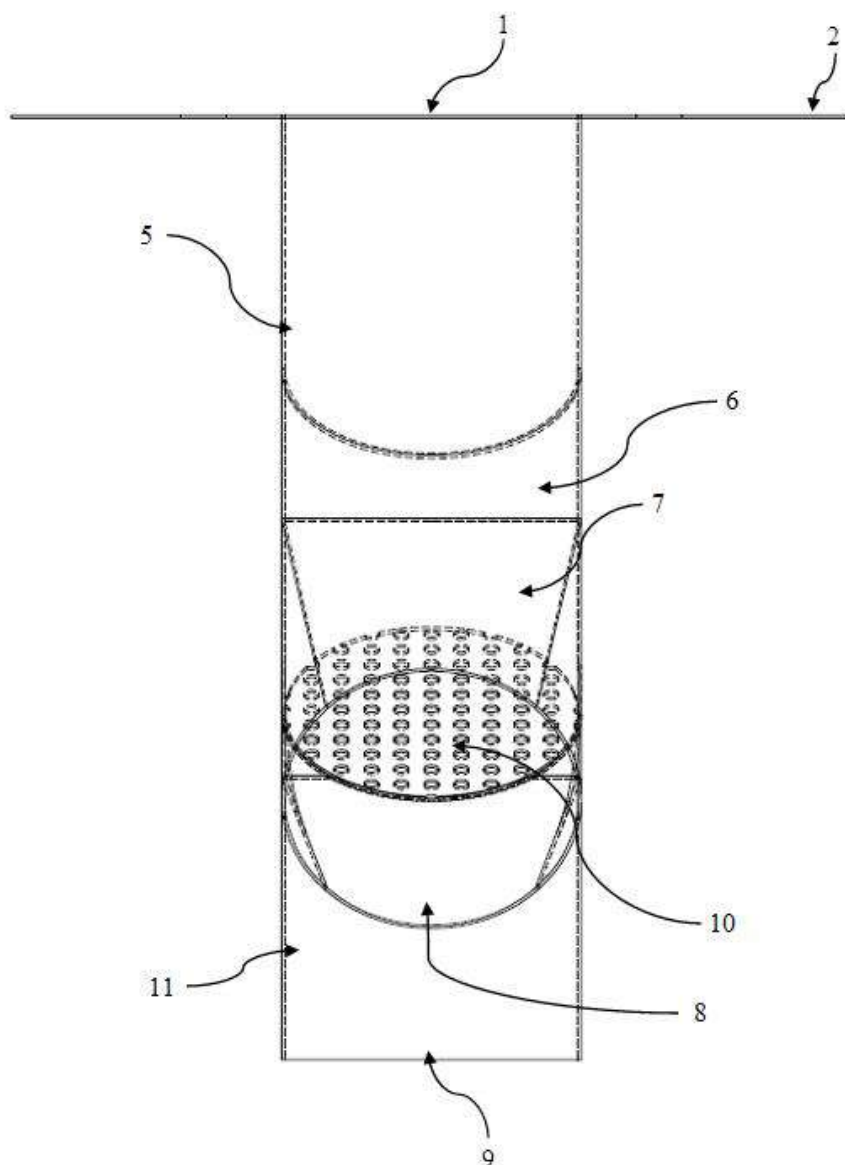


Figura 4: Vista frontal com linhas ocultas.

Na Figura 5 se ilustra, por meio de uma vista lateral direita sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana).

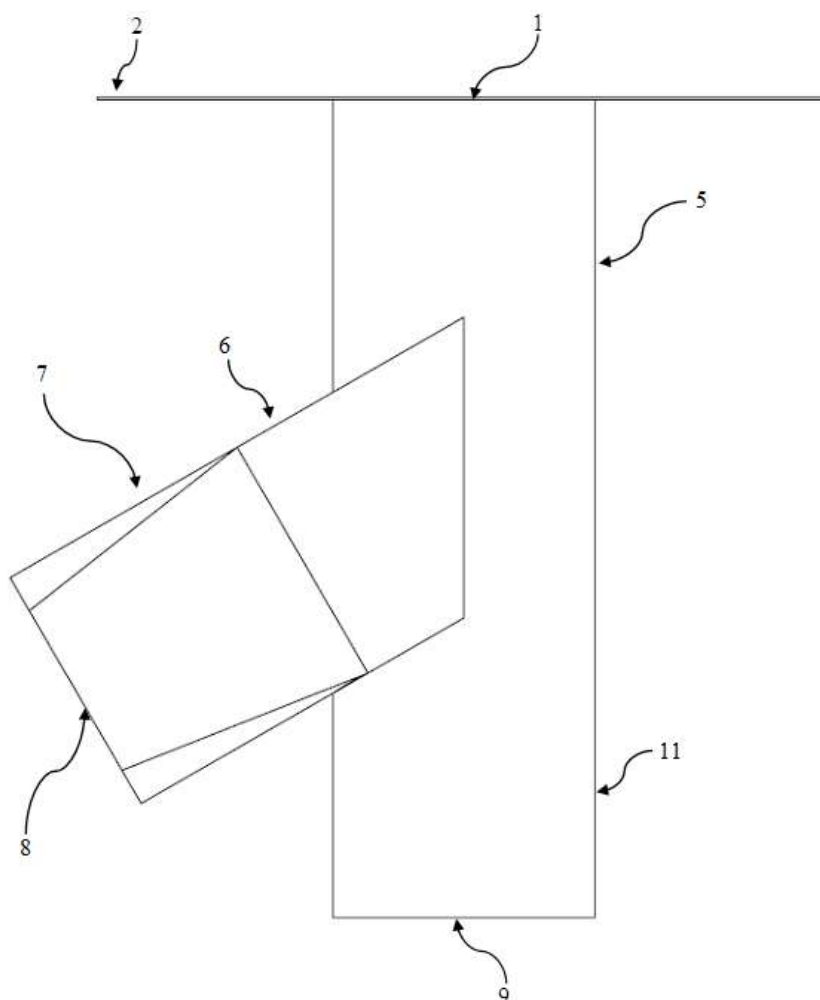


Figura 5: Vista lateral direita sólida.

Na Figura 6 se ilustra, por meio de uma vista lateral direita com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (14) representa a janela de fixação da câmara da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

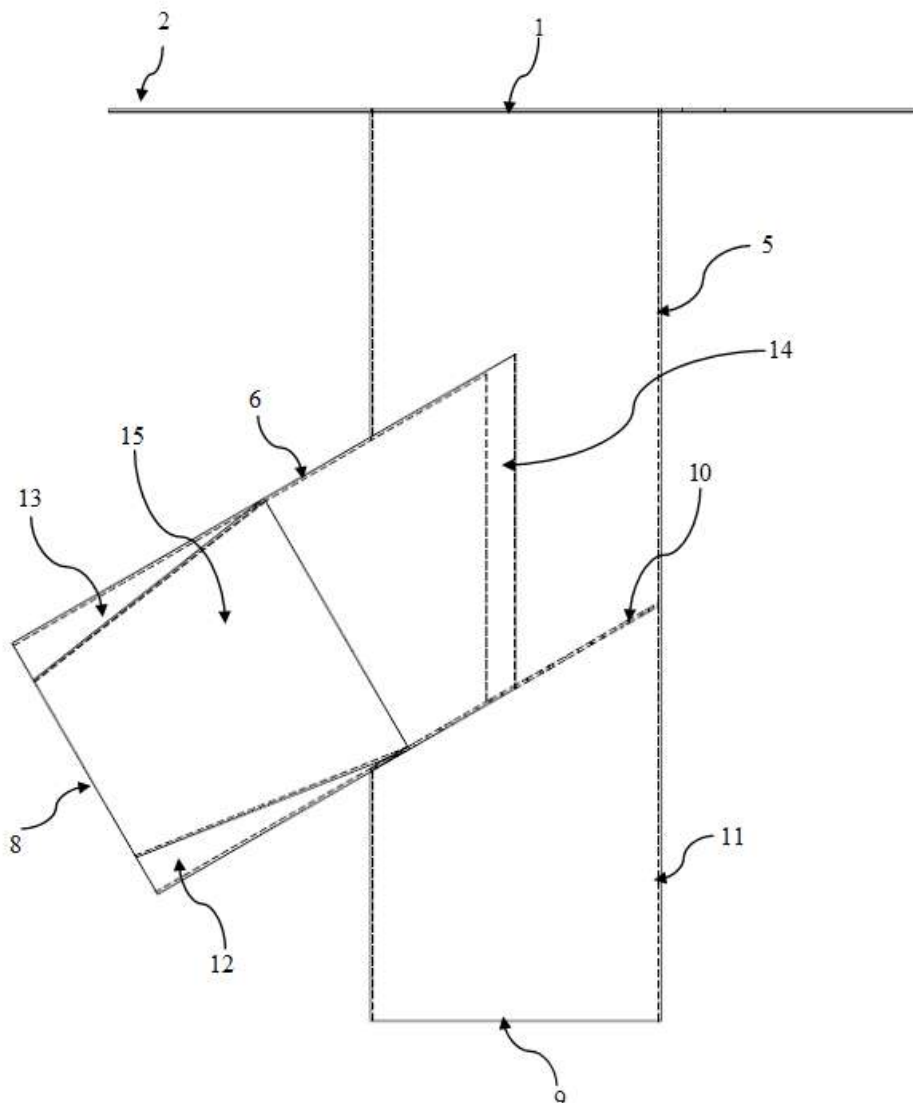


Figura 6: Vista lateral direita com linhas ocultas.

Na Figura 7 se ilustra, por meio de uma vista superior sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida -

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

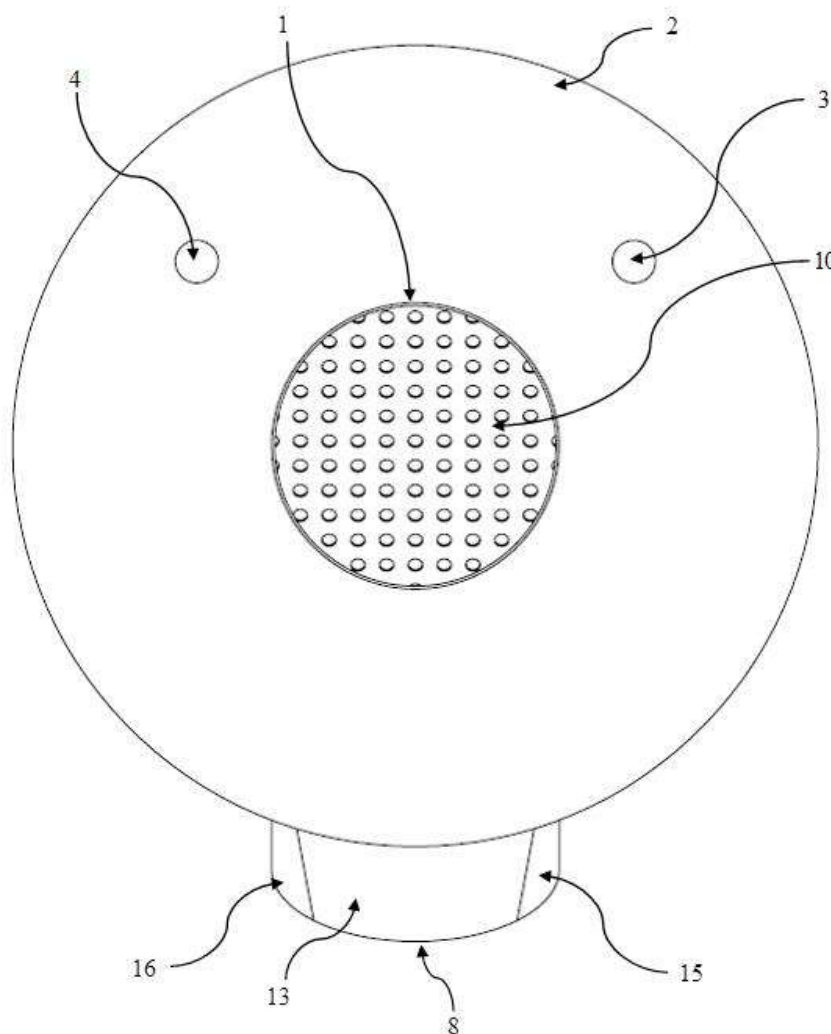


Figura 7: Vista superior sólida.

Na Figura 8 se ilustra, por meio de uma vista superior com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

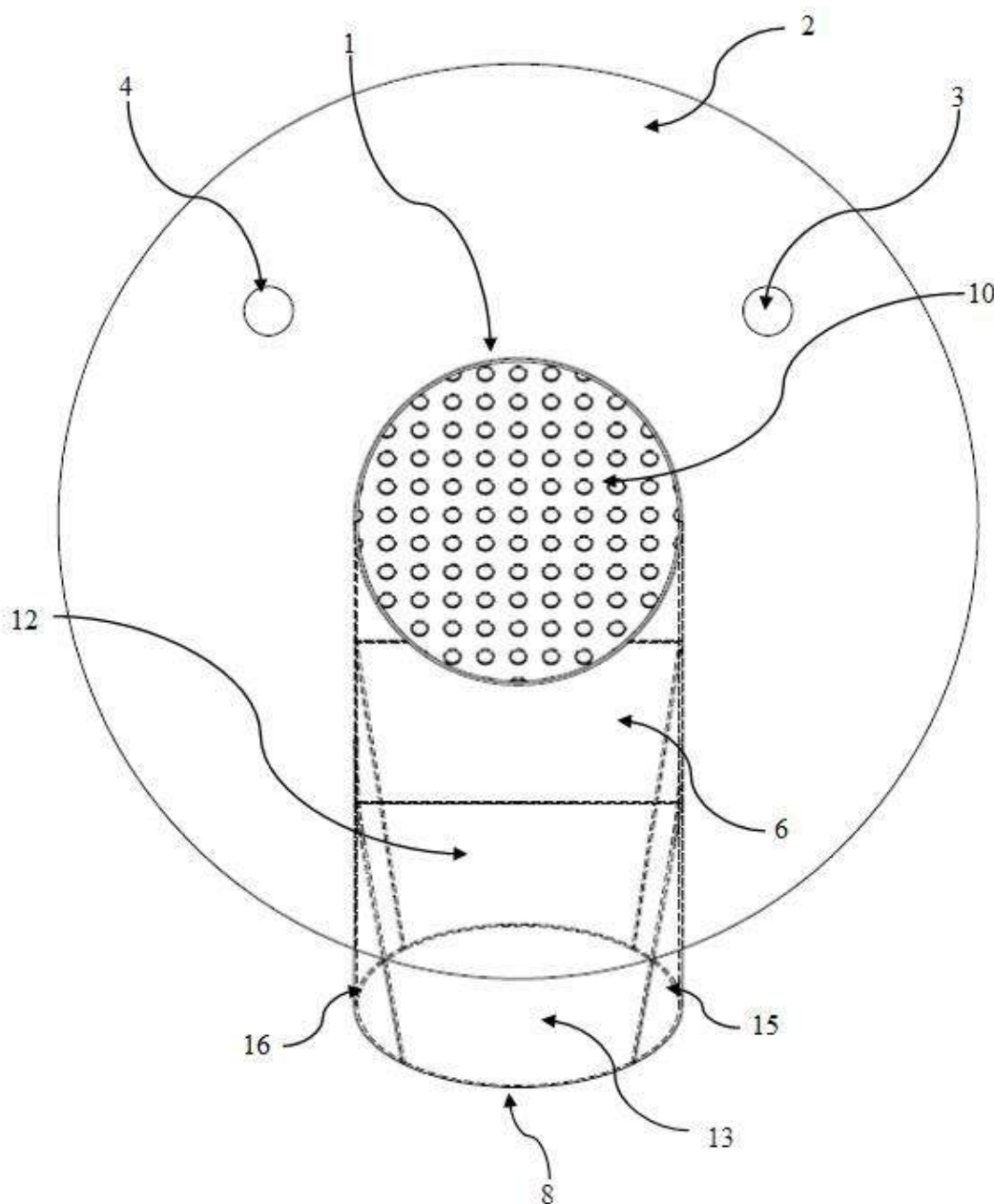


Figura 8: Vista superior com linhas ocultas.

Na Figura 9 se ilustra, por meio de uma vista posterior sólida, os elementos principais e auxiliares

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana).

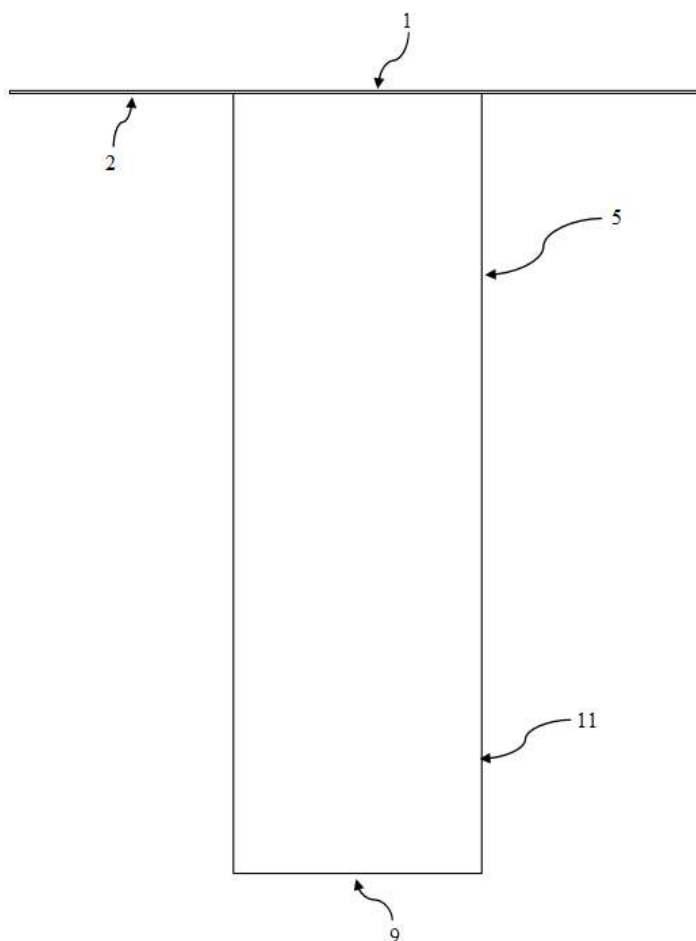


Figura 9: Vista posterior sólida.

Na Figura 10 se ilustra, por meio de uma vista posterior com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas);

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

(2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (14) representa a janela de fixação da câmara da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

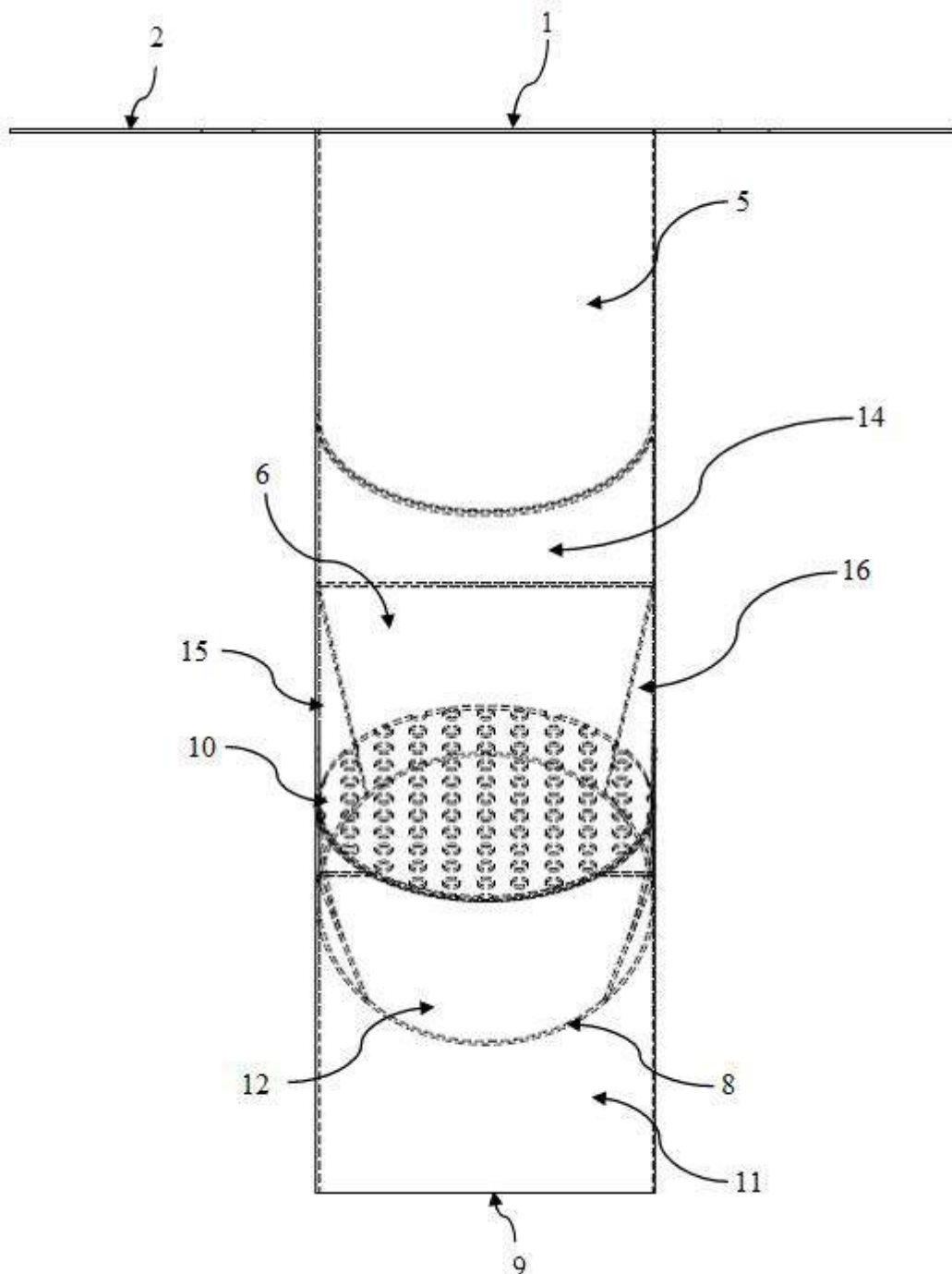


Figura 10: Vista posterior com linhas ocultas.

Na Figura 11 se ilustra, por meio de uma vista lateral esquerda sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (14) representa a janela de fixação da câmara da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

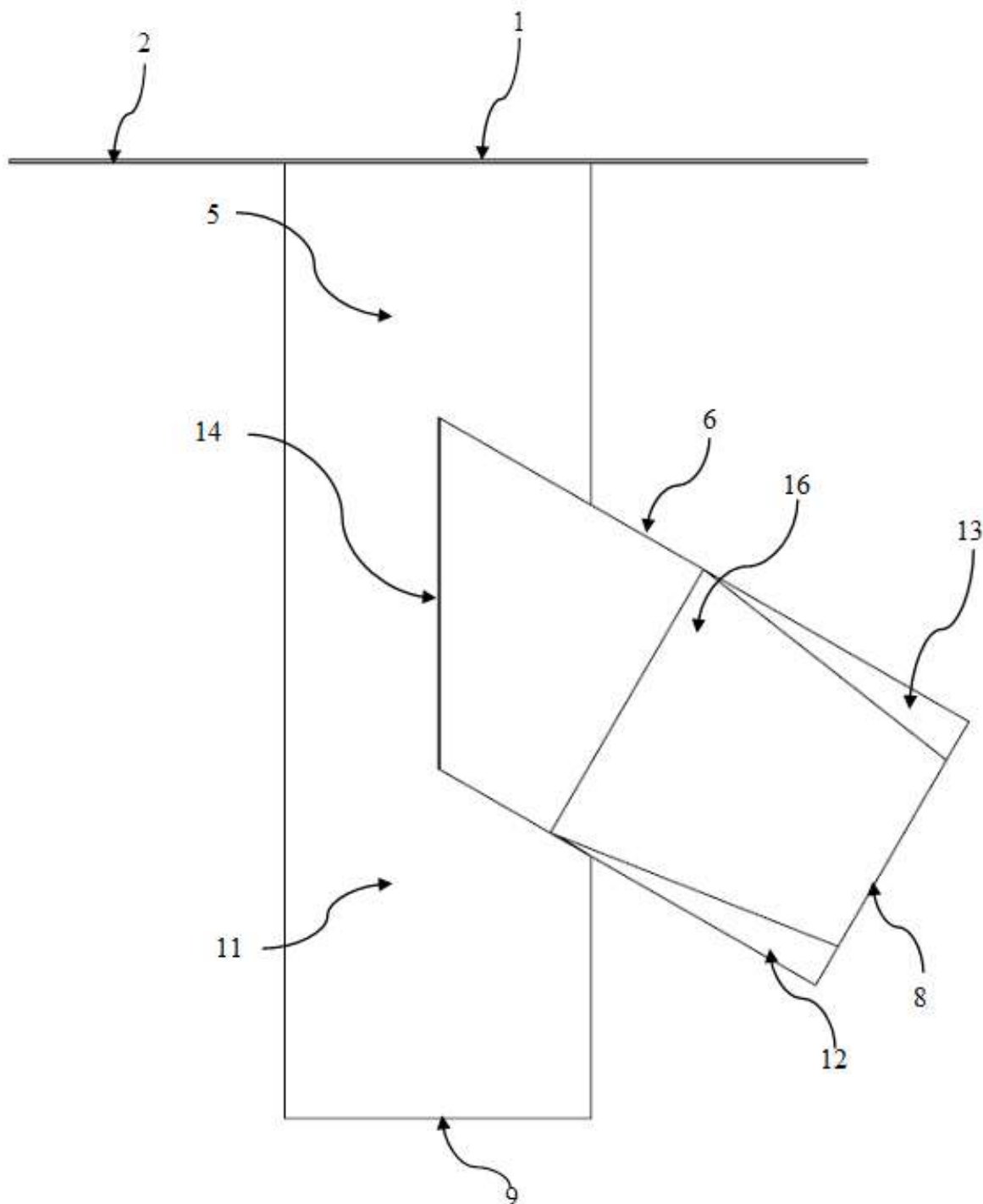


Figura 11: Vista lateral esquerda sólida.

Na Figura 12 se ilustra, por meio de uma vista lateral esquerda com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (14) representa a janela de fixação da câmara da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

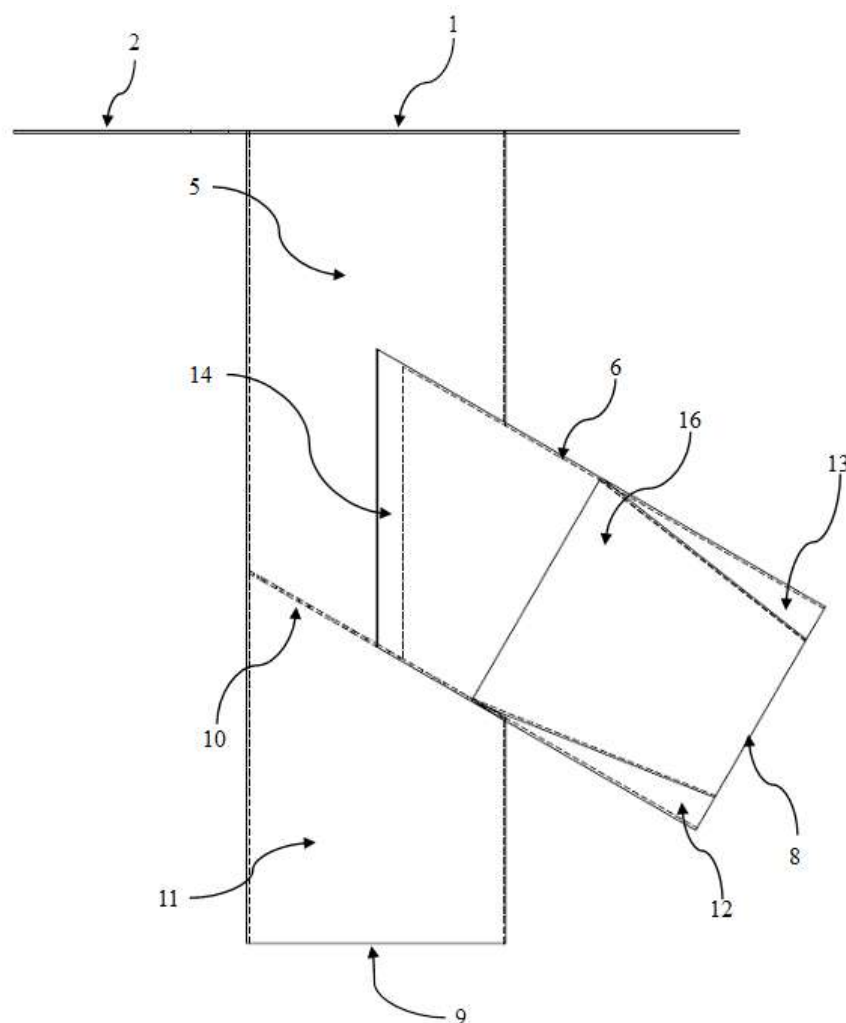


Figura 12: Vista lateral esquerda com linhas ocultas.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

Na Figura 13 se ilustra, por meio de uma vista inferior sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

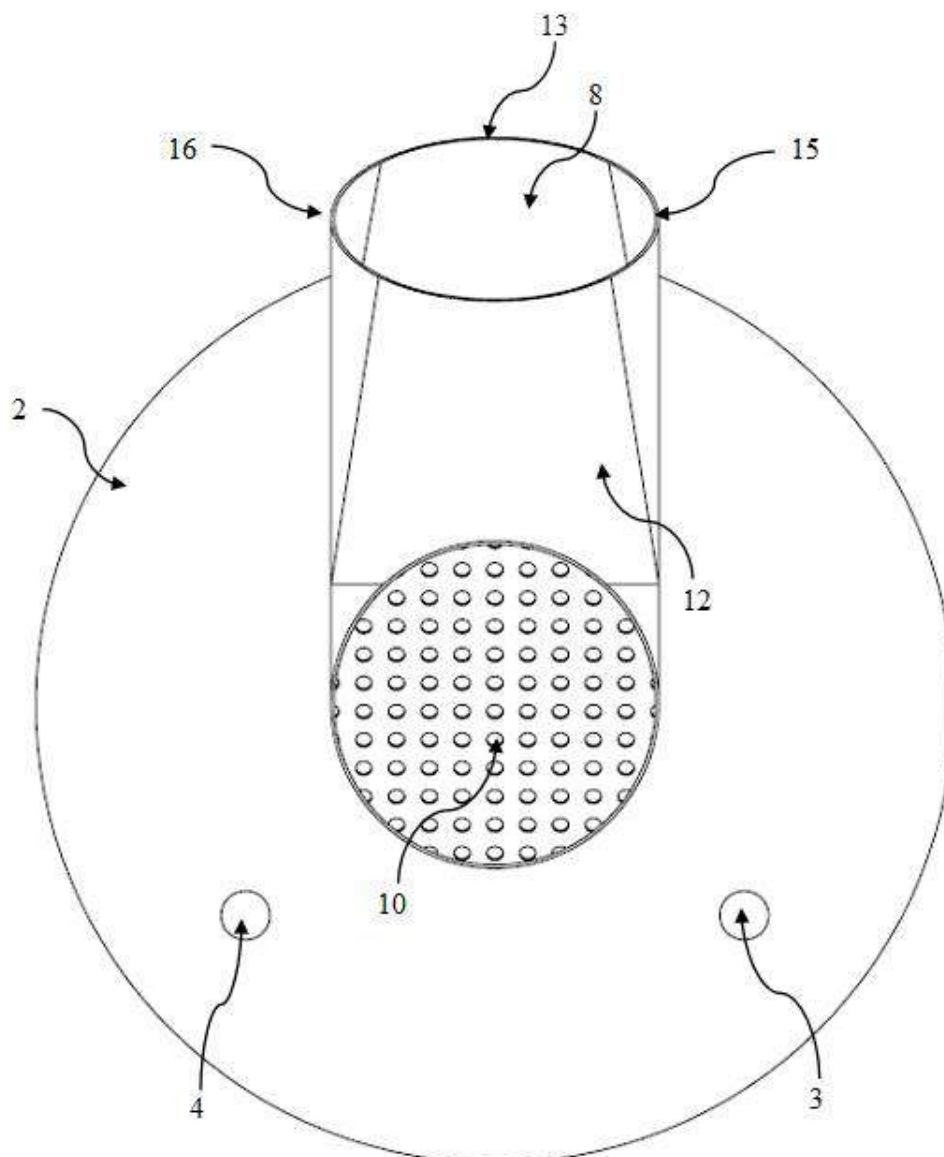


Figura 13: Vista inferior sólida.

Na Figura 14 se ilustra, por meio de uma vista inferior com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

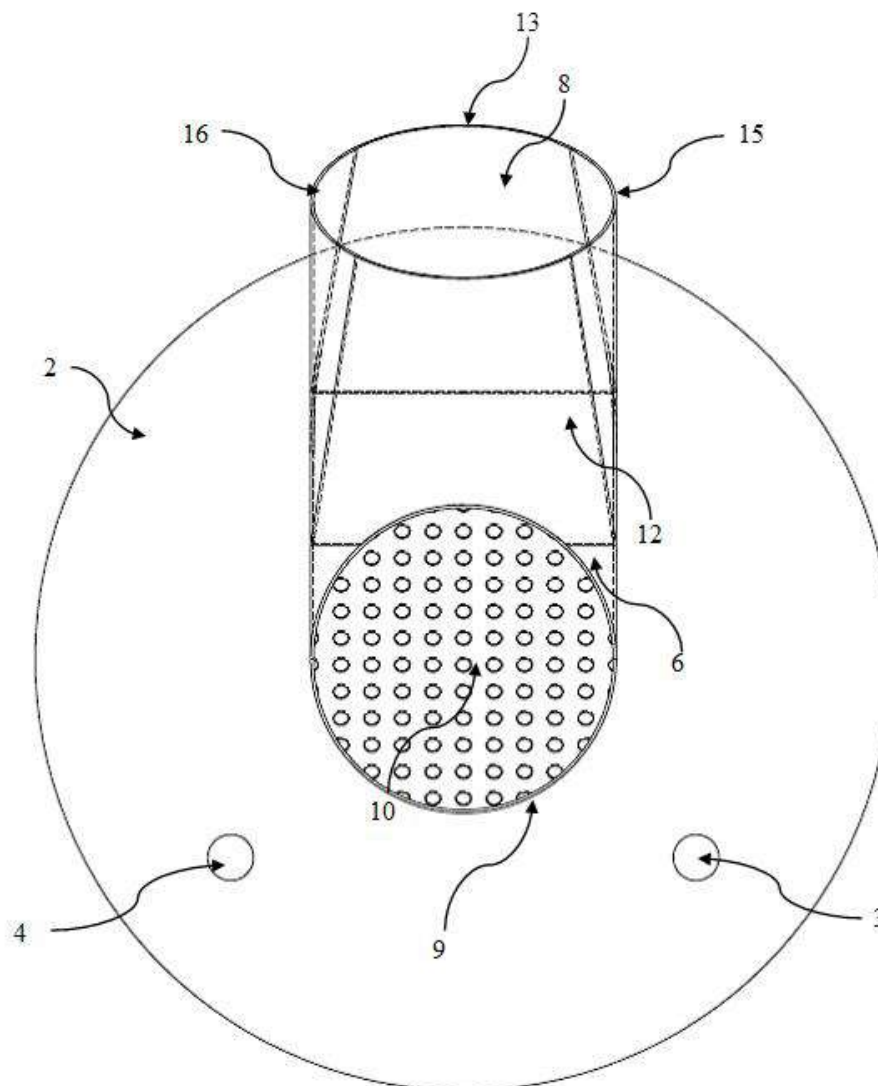


Figura 14: Vista inferior com linhas ocultas.

Na Figura 15 se ilustra, por meio de uma perspectiva trimétrica sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2)

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

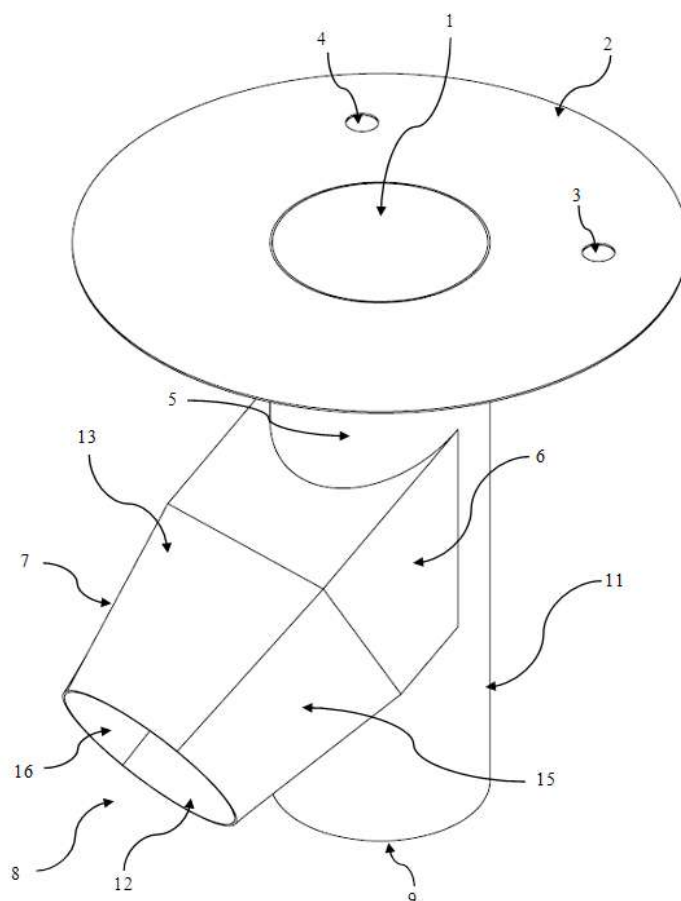
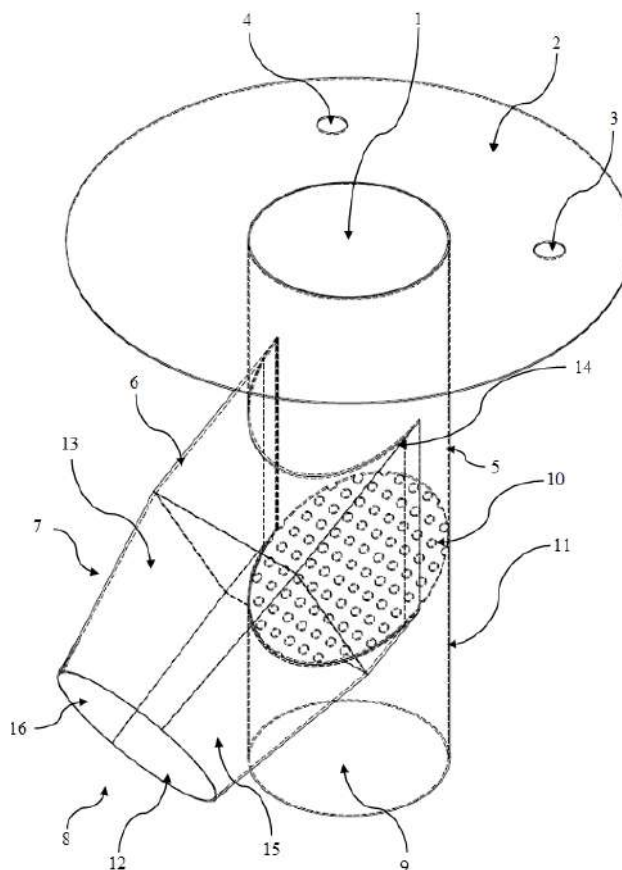


Figura 15: Perspectiva trimétrica sólida.

Na Figura 16 se ilustra, por meio de uma perspectiva trimétrica com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (1) representa o orifício de entrada de efluente proveniente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (14) representa a janela de fixação da câmara da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.



Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

Figura 16: Perspectiva trimétrica com linhas ocultas.

Na Figura 17 se ilustra, por meio de uma perspectiva dimétrica sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do equipamento que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (12) representa o filete inferior da coifa da fase sólida - águas marrons; (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (15) representa o filete direito da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

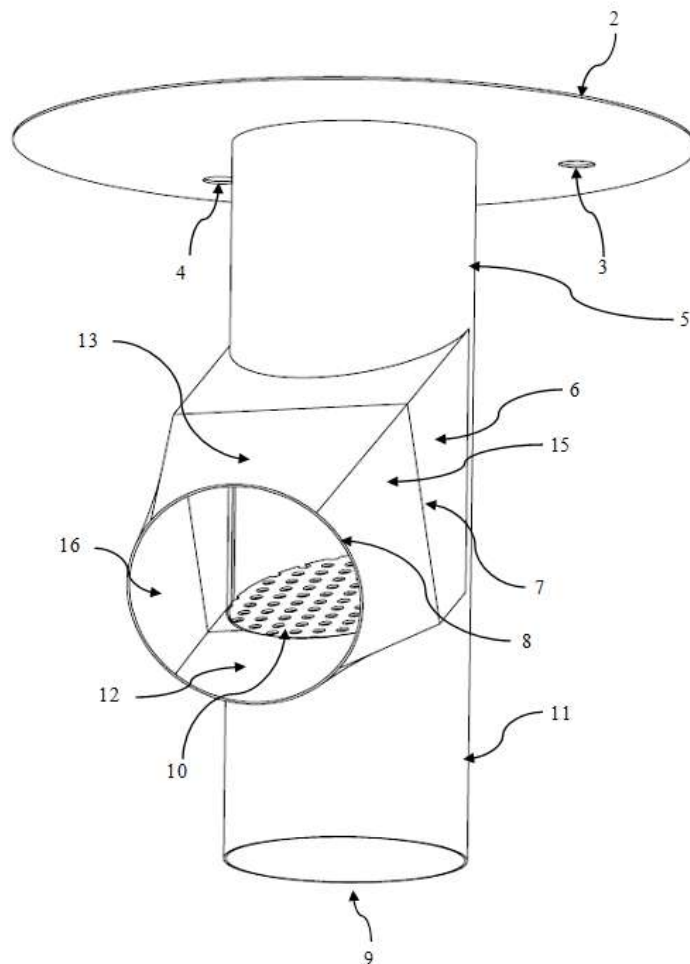


Figura 17: Perspectiva dimétrica sólida.

Na Figura 18 se ilustra, por meio de uma perspectiva isométrica sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do sistema que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (13) representa o filete superior da coifa da fase sólida - águas marrons; (16) representa o filete esquerdo da coifa da fase sólida - águas marrons; (17) representa a válvula de acionamento da caixa de descarga da bacia sanitária; (18) representa a bacia sanitária; (19) representa a caixa de descarga da bacia sanitária; (20) representa o

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

parafuso de fixação da bacia sanitária lado esquerdo; (22) representa a base de fixação da bacia sanitária.

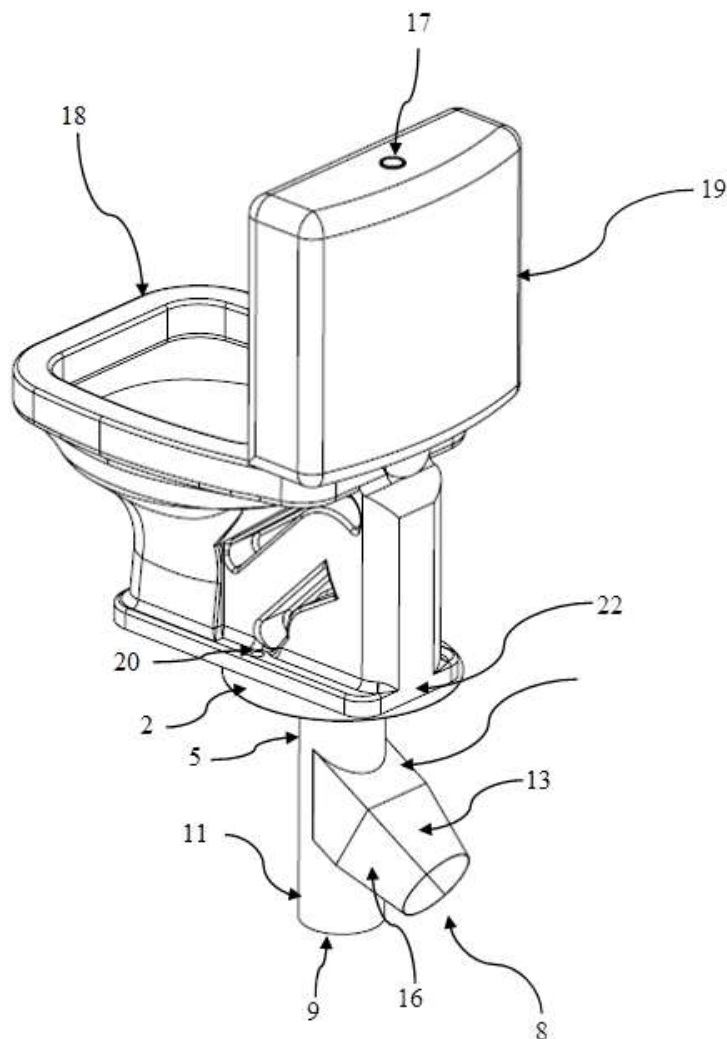


Figura 18: Perspectiva isométrica sólida do sistema de separação.

Na Figura 19 se ilustra, por meio de uma vista inferior sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do sistema que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (3) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado direito; (4) representa o orifício de fixação do flange com a bacia sanitária - lado esquerdo; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9)

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (18) representa a bacia sanitária; (19) representa a caixa de descarga da bacia sanitária.

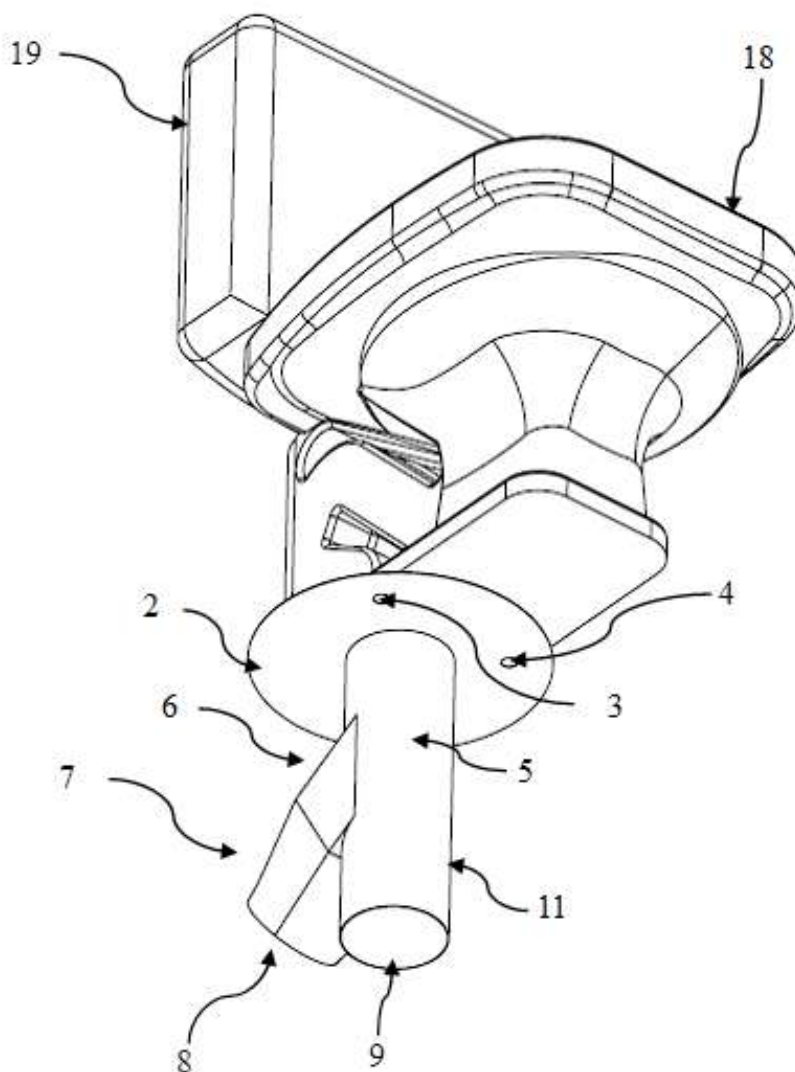


Figura 19: Vista inferior sólida do sistema de separação.

Na Figura 20 se ilustra, por meio de uma perspectiva isométrica sólida, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do sistema que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7)

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (17) representa a válvula de acionamento da caixa de descarga da bacia sanitária; (18) representa a bacia sanitária; (19) representa a caixa de descarga da bacia sanitária; (21) representa o parafuso de fixação da bacia sanitária lado direito.

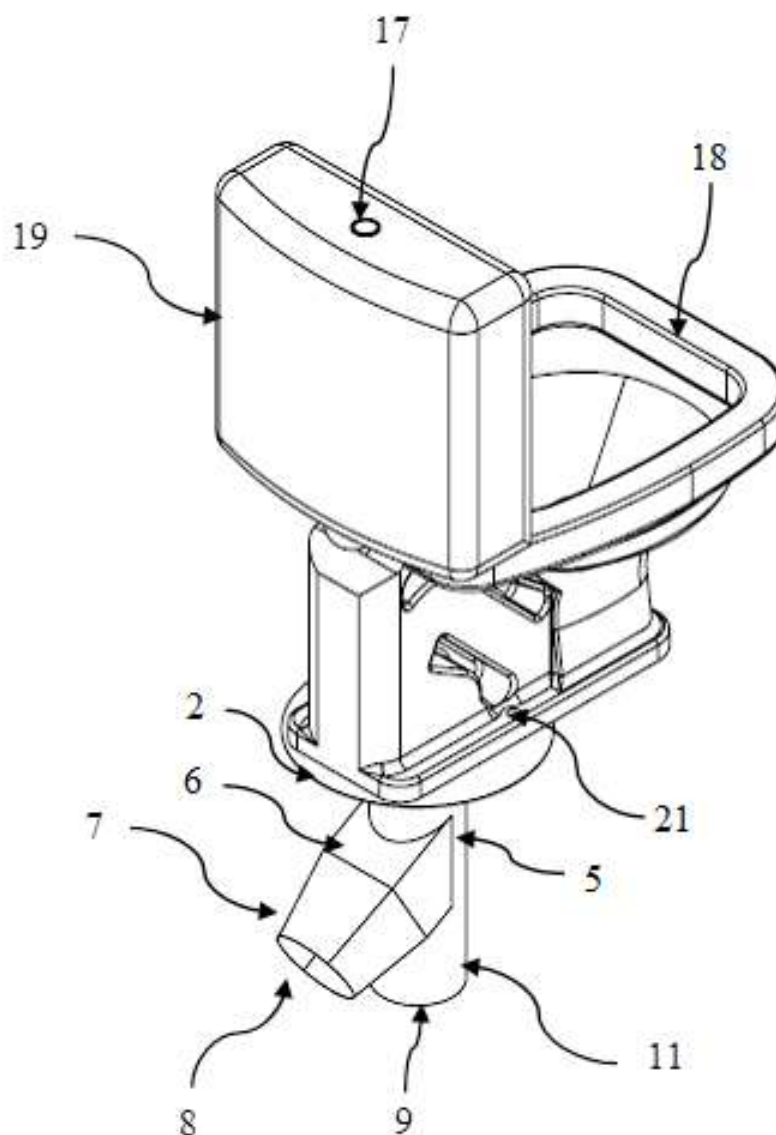
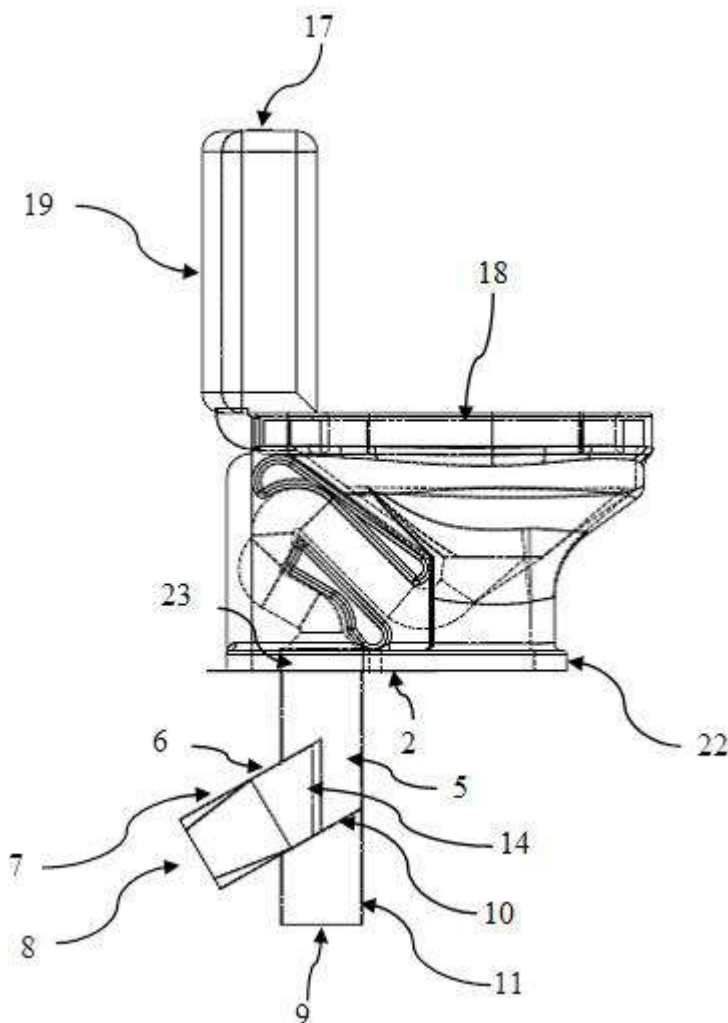


Figura 20: Perspectiva isométrica sólida do sistema de separação.

Na Figura 21 se ilustra, por meio de uma vista lateral direita com linhas ocultas, os elementos principais e auxiliares do arranjo final do sistema que compreende o "SEPARADOR DE ÁGUA,

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO", nessa figura cada um dos componentes foi representado por números, assim: (2) representa o flange de fixação; (5) representa a câmara de efluente da bacia sanitária - águas negras (água, urina e fezes humanas); (6) representa a câmara da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (7) representa a coifa da fase sólida - águas marrons (água e fezes humanas); (8) representa o orifício da coifa da fase sólida - saída de águas marrons; (9) representa o orifício da câmara da fase líquida - saída de águas amarelas; (10) representa a peneira separadora de líquido e sólido; (11) representa a câmara da fase líquida - águas amarelas (água e urina humana); (14) representa a janela de fixação da câmara da fase sólida - águas marrons; (17) representa a válvula de acionamento da caixa de descarga da bacia sanitária; (18) representa a bacia sanitária; (19) representa a caixa de descarga da bacia sanitária; (22) representa a base de fixação da bacia sanitária; (23) representa o anel de vedação com guia.



Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

Figura 21: Vista lateral direita com linhas ocultas do sistema de separação.

1.6 - De forma geral, qual é o PROBLEMA resolvido pelo invento?

Assim, de modo geral, pode-se constatar a existência de vários gargalos, limitações e problemas técnicos nas tecnologias de separação dos dejetos humanos provenientes da bacia sanitária e/ou de águas negras, especificamente as oriundas da bacia sanitária, assim: a) as tecnologias em sua maioria separam os resíduos diretamente na bacia sanitária; b) a rota tecnológica mais utilizada é a via seca que por vezes geram odores no processo de estocagem; c) pouca ou nenhuma aplicação a dejetos humanos; d) significativa complexidade de construção, instalação, operação e manutenção; e) elevados custos operacionais; f) elevados custos de instalação necessitando de intervenções severas nas moradias o que implica em grandes investimentos; g) necessidade de troca da sanita; h) necessidade de grandes áreas; i) necessitam de grandes volumes e cargas hidráulicas para o bom funcionamento; j) emprego de forma coletiva e não individual; k) necessidade de fontes de energia térmica e/ou elétrica; l) etapas contínuas de separação não preservando a estrutura do material fecal tornando um efluente líquido; m) substancial falta de integração dos processos e sistemas com os espaços utilizáveis para instalação dos banheiros e por fim n) tecnologias aplicáveis a outros dejetos, outro sólidos e não aplicáveis ou associáveis ao objetivo em questão, ou seja, fezes e urina humana.

1.7 – Qual a principal APLICAÇÃO da tecnologia? Liste outros possíveis usos, mais amplos que o verificado na presente invenção?

O equipamento "**SEPARADOR DE ÁGUA, URINA E FEZES DO EFLUENTE PROVENIENTE DO VASO SANITÁRIO**", tem principal aplicação na separação de água, urina e fezes humanas do efluente do vaso sanitário ou da bacia sanitária, promovendo, a seleção de líquido e sólido nas mediações da bacia sanitária, ou seja, imediatamente após a utilização do vaso sanitário.

2 - BUSCA DE ANTERIORIDADE

Como pré-requisito para a submissão de uma invenção para o NIT-UNIOESTE, o inventor deve realizar a busca de anterioridade, envolvendo artigos científicos, teses, trabalhos de congresso e/ou qualquer outro tipo de publicação e patentes. Faça todas as combinações possíveis de

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br palavras-chaves. Lembre-se de utilizar palavras-chaves que realmente represente o DIFERENCIAL de sua tecnologia. A busca de patentes deverá ser realizada ao menos nas bases **Derwent, Esp@cenet e USPTO**. <<http://www.unioeste.br/nit>>.

Sugerimos adicionalmente, que a busca seja realizada na Base de Patentes do NIT-UNIOESTE, pois existe a possibilidade de uma idéia similar ao Pedido de Depósito de Patente pretendido aqui na UNIOESTE e que está em fase de sigilo, não podendo ser localizada em outras bases a não ser em <<http://www.unioeste.br/nit>>.

O objetivo principal da busca de anterioridade é o garantir que a tecnologia proposta cumpre os requisitos de PATENTEABILIDADE (novidade absoluta e atividade inventiva). Além disso, a busca proporciona o delineamento do Estado da Técnica (tecnologias existentes) e, portanto, permite ao inventor apontar o DIFERENCIAL de sua tecnologia. Argumentos estes, que serão imprescindíveis para a redação de um pedido de patente forte.

Para maiores informações contate a DPI do NIT: www.unioeste.br/nit

2.1 - Liste as palavras-chave que foram empregadas na busca de anterioridade (em português e inglês). Obs: Procure não utilizar palavras muito genéricas, mas sim àquelas que estejam envolvidas com as características essenciais da invenção.

Para busca Nacional - INPI

- 1ª busca: "separador de água, urina e fezes"
- 2ª busca: "separador de águas negras"
- 3ª busca: "separador de dejetos humanos"
- 4ª busca: "vaso sanitário"

Para busca Internacional- Espacenet e USPTO

- 1ª busca: "water separator, urine and faeces"
- 2ª busca: "wastewater separator"
- 3ª busca: "sewage separator"

2.2 - RESULTADO DAS BUSCAS - Quais tecnologias semelhantes ou correlacionadas à tecnologia a ser patenteada foram encontradas nas buscas de anterioridade, realizadas segundo as instruções do NIT Unioeste? Preencha os quadros abaixo.

BUSCA - BASE DE PATENTES

Relacionar as Bases de Patentes Derwent, Esp@cenet, USPTO, Epoline, JPO, CIPO, Free Patents Online, INPI, NIT-UNIOESTE, cite as patentes encontradas pelo número de depósito, cite a(s) diferença(s) da tecnologia investigada em relação às encontradas. Como sugestão cite-as por ordem decrescente de relevância. Inclua mais linhas à tabela se necessário.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

Não foi encontrado nenhuma tecnologia com as características do produto tecnológico que se pretende requisitar a patente.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

Titulo	Nº. Doc.	Data De Depósito	Diferença(s)	Problema(s) técnico(s) da tecnologia já existente	Vantagem(s) da invenção proposta
INPI					
SEPARADOR CONTÍNUO DE DEJETOS DO VASO SANITÁRIO	20201401339 4-7U2	03/06/2014	Tamanho, geometria e configuração dos dispositivos de entrada e saída	Em caso de vazamento na bacia sanitária existe passagem de líquido para a fase sólida	Funciona em caso de vazamento do aparelho sanitário
VASO SANITÁRIO COM SEPARADOR DE DEJETOS	BR20201201 7503-2U2	16/07/2012	Separação ocorre na própria bacia sanitária	Pouca higienização e geração de odores; Separação realizada na própria bacia sanitária Separação via seca	Trabalha com a bacia sanitária previamente existente. Não existe necessidade de troca da bacia sanitária
SEPARADOR MAGNÉTICO SÓLIDOLÍQUIDO COM SECAGEM	MU8801933-0 U2	12/09/2008	A separação se aplica a separação de fases de granito, não tendo aplicação para dejetos humanos e/ou animais	Separação somente de materiais sólidos metálicos	Menor complexidade; Usual para dejetos humanos
SEPARADOR LÍQUIDO-SÓLIDO PARA EFLUENTES SUINOS COM PRENSA	MU 8001687-1 U	28/07/2000	Possui necessidade do uso de energia elétrica; Baixa eficiência para fluxo contínuo de geração.	É utilizado somente para dejetos suínos, não aplicável a dejetos humanos; Consumo de energia elétrica	Trabalha com prensa desaguadora não tendo a característica de novidade intelectual

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

SISTEMA DE SEPARAÇÃO DE ÁGUA E DEJETOS EM BAIAS DE CRIAÇÃO DE SUINOS	PI 9900152-7 A	06/01/1999	Utilizada para a separação de grãos no efluente de suinocultura	É utilizado somente para dejetos suínos, não aplicável a dejetos humanos	Aplicável a dejetos humanos e em menor escala a outros dejetos
MÉTODO PARA DESCARTAR DEJETOS HUMANOS. RECIPIENTE DE COLHEITA DE DEJETOS HUMANOS E MÁQUINA TRITURADORA DE RECIPIENTES	PI 9903256-2 A	30/07/1999	Utilizável somente para coleta de material fecal não atuando como um separador	Não aplicável ao uso contínuo da bacia sanitária; Geração de outros tipos de resíduos	Aplicável na segregação/separação dos dejetos humanos
PROCESSO E SEPARADOR PARA SEPARAR UM PRIMEIRO COMPONENTE SÓLIDO DE UMA MISTURA DO MESMO COM UM LÍQUIDO E UM	PI 8702721	27/05/1987	Complexidade operacional, utilizável em escala coletiva	Complexidade construtiva e operacional; Necessidade de água e energia elétrica Aplicável sólidos rígidos	Baixa complexidade construtiva, operacional e de manutenção; Isenção do consumo de energia elétrica pela utilização de equipamentos de transporte.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

SEGUNDO COMPONENTE SÓLIDO					
--	--	--	--	--	--

ESPACENET					
SOLID-LIQUID SEPARATOR OF PIG'S FECES	KR20160066 820A	03/12/2014	Aplicável a dejetos suínos	Elevada taxa de aplicação superficial Única e exclusivamente aplicável a dejetos suínos	Não possui características de inovação
TOILET FOR SEPARATING URINE AND REDUCING WATER CONSUMPTION	MX20120106 54A	14/09/2012	Método de separação direto na bacia sanitária	Não existe higienização para a corrente líquida da bacia, ou seja, para a urina; Possibilidade de baixa eficiência para o sexo feminino em função da distância do receptáculo de urina.	Método posterior a bacia sanitária não interferindo no designer da sanita.
FECES AND URINE SEPARATION ECOLOGICAL HYGIENIC DEVICE FOR SHIPS	CN20132115 0Y	19/12/2008	Realiza a função de separação de fezes e urina de forma altamente eficiente, possui alto grau de automação, economiza água e eletricidade, efetivamente protege o meio ambiente e fornece uma boa base para o tratamento adicional de fezes e urina humanos em navio	Aplicável aonde exista a necessidade de estocagem por determinado período. Tratamento não contínuo, uma vez que para a secagem do resíduo faz necessário o aumento de temperatura o que não ocorre de forma instantânea. Necessidade de conhecimentos em automação industrial; Necessidade de energia solar	Fácil instalação, operação e manutenção e funcionamento contínuo ao longo do tempo.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

FECES-URINE SEPARATOR AND AEROBIC FRAME	CN10144439 9A	26/06/2007	Sistema coletivo de separação.	Necessidade de espaço físico considerável Utilizado para grandes volumes e alta pressão de fluxo	Sistema individual de separação
--	--------------------------	------------	-----------------------------------	--	---------------------------------

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

ANHYDROUS ECOLOGICAL TOILET	CN20124138 2Y	06/08/2008	Elevados requisitos tecnológicos	Sistema requer conhecimentos complexos em automação	Alta simplicidade
DEVICE FOR SEPARATING, COLLECTING AND PROCESSING TOILET FAECES AND URINE OF RAILROAD CAR	CN20100989 1Y	27/03/2007	Sistema via seca	Geração de odores; Necessidade de grandes espaços físicos	Maior simplicidade construtiva, de instalação e operação
FLOW SEPARATOR FOR URINE, WATER AND AIR	CN2775159Y	01/10/2004	Economizar água, eliminar o odor e transformar o dano em tesouro, e é adequado para diferentes locais.	Utilização de energia elétrica para acionamento do motor	Não requer energia elétrica
SYSTEM FOR TREATING WASTE LIQUID CONTAINING SOLID	JP200530531 4A	22/04/2004	É sistema de tratamento que não libera águas residuais mas também pode efetivamente melhorar a eficiência de calor, utilizando eficazmente o calor de carbonização	Não é aplicável especificamente a dejetos humanos e considera grandes volumes de geração. Elevados custos construtivos.	Uso particular, individual, contínuo, para volumes domésticos, residenciais unifamiliares.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

USPTO					
WASTEWATER SEPARATOR	US009527014 B1	08/02/2016	Necessidade do uso de energia elétrica	Não aplicável a locais sem infraestrutura Necessidade de área significativa para instalação e funcionamento não se aplicando a espaços unifamiliares	Menor tamanho; funcionamento sem energia elétrica, aplicável a residências
WASTEWATER CONCENTRATOR METHOD AND SYSTEM	US008425782 B2	22/11/2012			
WASTEWATER CONCENTRATOR SYSTEM	US00814265 B1	15/12/2011			
WASTEWATER CONCENTRATOR	US008101078 B1	16/10/2011			
WASTEWATER CONCENTRATOR	US008066887 B1	26/11/2010			
WASTEWATER CONCENTRATOR SYSTEM	US008062522 B1	17/03/2011			
METHOD OF SEPARATING SUSPENSION, IN PARTICULAR FOR WASTE WATER TREATMENT, AND AN APPARATUS FOR PERFORMING THE	US007303686 B2	26/05/2006	Inovação Incremental da Patente US007087175B2		

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

SAME					
------	--	--	--	--	--

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

WASTEWATER SEPARATOR AND METHOD OF USING SAME	US007300588 B2	27/05/2005	Inovação Incremental		
METHOD OF SEPARATING SUSPENSION, IN PARTICULAR FOR WASTE WATER TREATMENT	US007087175 B2	07/05//2002	Fluxo ascendente; Sistema coletivo	Necessidade de manutenção periódica pelo acúmulo de lodo Geração de lodo Necessidade de áreas específicas para instalação	Maior simplicidade de instalação e operação
WASTEWATER SEPARATOR AND METHOD OF USING SAME	US11701175 B2	08/12/2000	Separador de óleos e gorduras	Não aplicável a separação sólido-líquido	
WASTEWATER SEPARATOR	US006022474 A	02/02/1998	Dimensão, forma e configuração construtiva.	Eficiência não comprovada em casos de vazamento da bacia sanitária	Menor complexidade funcional
METHOD FOR SEPARATING HOG SEWAGE INTO LIQUID AND SOLID COMPONENTS	US005817241 A	11/08/1997	Utilizado para suinocultura	Necessidade de energia elétrica para movimentação das roldanas. Possibilidade de aderência do resíduo a esteira transportadora Proliferação de vetores no caso de dejetos humanos	
SEWAGE SOLID SEPARATING DEVICE	US3701425	16/10/1970	Inovação incremental da Patente US3568837		

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

METHOD AND APPARATUS FOR TREATING AND DISPOSING OF SEWAGE	US003655048	08/06/1971	Quanto ao tamanho, geometria, e arranjo físico	Não aplicável ao uso individual; Necessidade de área e de significativas construções para instalação	Menor, mais simples e com menos exigências construtivas, operacionais e funcionais.
DEVICE FOR SEPARATING PARTICULATE MATTER FROM A STREAM OF FLUID	US3568837	24/07/1967	Quanto ao designer, geometria, características funcionais e operacionais	Possibilidade de entupimentos dos furos pela aderência de fezes Necessidade de retro lavagem	Maior simplicidade funcional e construtiva

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br
BUSCA - ARTIGOS CIENTÍFICOS, TESES, TRABALHOS EM CONGRESSO, ETC.

Cite as publicações relacionadas a tecnologias semelhantes ou próximas à tecnologia a ser patenteada. Apresente a(s) diferença(s) existente(s) com o pretendido invento. Como sugestão cite-as por ordem de relevância. OBS: Envie uma cópia de cada documento publicado listado abaixo juntamente com o presente formulário para camilo_freddy@hotmail.com

Referencia Bibliográfica	Diferença(s)	Vantagem(s) da invenção

2.3 - Diante da Busca de Anterioridade, descreva a técnica correlacionada mais próxima.

O equipamento “SEPARADOR CONTÍNUO DE DEJETOS DO VASO SANITÁRIO” (BR 202014013394-7 U2), publicada em:12/01/2016, é um modelo de utilidade utilizado na separação contínua e eficiente das fezes e do efluente líquido (urina misturada em água) proveniente do vaso sanitário, após a descarga, o qual recebeu original desenvolvimento, implementação, montagem, construção e operação, cujos resultados foram: a melhoria da eficiência de separação (96% na separação de fezes contidas no efluente do vaso sanitário); a praticidade do ponto de vista operacional, uma vez que não é necessário se preocupar com a manutenção do equipamento; o baixo custo de montagem, construção, instalação, operação; e a praticidade na coleta dos materiais separados, tendo em vista que após a separação esses componentes podem ser tratados e aproveitados de maneira diferenciada (MOREJON.; DA SILVA & MENDOZA, 2014). O tamanho, a geometria e configuração dos dispositivos de entrada e saída de efluentes são as principais diferenças entre as tecnologias, sendo a principal vantagem da proposta inovadora o funcionamento em caso de vazamento do aparelho sanitário o que se apresenta como um gargalo da tecnologia existente.

2.4 - Diante da Busca de Anterioridade e do seu conhecimento sobre a área, como o problema é resolvido ou parcialmente resolvido hoje, isto é, que tecnologias/soluções (2.2) resolvem este

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

problema (1.6)? *Estas tecnologias/soluções existentes devem ser descritas detalhadamente e os problemas de cada uma delas devem ser apontados, pois estas informações serão usadas como argumento a favor da presente invenção. Inclua as referências (artigo, patentes, outros). Somente para casos de tecnologias/soluções amplamente conhecidas (convencionais) não há necessidade de referências.*

No âmbito nacional das tecnologias desenvolvidas é possível apontar uma escassez desse tipo de equipamento, nesse sentido foram observados equipamentos similares existentes, na indústria nacional, que pudessem desempenhar a função de separação dos resíduos fecais humanos da fração líquida advindo da bacia sanitária, desta forma, temos o invento denominado “VASO SANITÁRIO COM SEPARADOR DE DEJETOS” (BR 20 2012 017503-2 U2), publicado em: 20/05/2014, tem por objetivo um modelo de vaso sanitário destinado à coleta dos dejetos humanos com a separação entre as fezes e a urina, permitindo a coleta seletiva com vistas a suas utilizações como matérias primas em usinas de beneficiamento. Assim, o vaso sanitário, feitas as separações, funciona como os usuais, apenas com a utilização do vácuo para suas descargas, evitando-se o uso da água que não tem porque ser utilizada como simples veículo de transporte e limpeza do que não se irá sujar. Conquanto nada impeça de assim ser feito, caso se opte pelo sistema ora substituído (MATTOS; 2012). Na atual tecnologia a separação ocorre na própria bacia sanitária, por via seca ocasionando pouca higienização da sanita após o uso contínuo e promovendo a geração de odores; sendo necessário a instalação e substituição da bacia sanitária gerando transtornos aos indivíduos.

O invento “SEPARADOR MAGNÉTICO SÓLIDOLÍQUIDO COM SECAGEM” (MU8801933-0 U2), publicada em: 10/05/2010, trata-se de um equipamento já testado cuja finalidade é separar de um meio líquido qualquer micropartícula por menos que seja desde que ferrosa. Não importando o tamanho da partícula e nem a densidade do líquido requisitando talvez apenas ajustes construtivos para que os caminhos percorridos se adequem aos tamanhos destes componentes. Sua primeira utilização e motivo do seu projeto foi a separação para posterior recuperação da gralha que são grânulos de aço utilizada no processo de corte de blocos de mármore e/ou granito (GRAVINA, 2008). Esse tipo de tecnologia é aplicável a materiais metálicos, desembocando em uma técnica complexa e não aplicável a dejetos humanos, sendo empregada na separação de efluentes metálicos industriais.

O modelo de utilidade denominado “SEPARADOR LÍQUIDO-SÓLIDO PARA EFLUENTES SUINOS COM PRENSA” (MU 8001687-1 U), publicada em: 19/03/2002, refere-se à um separador líquido-sólido desenvolvido especificamente para efluentes suínos, e tem como

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

objetivo aumentar a eficiência do processo com uma máquina simples e de baixo custo e é composto por dois sistemas que executam a pré-separação e a prensagem dos efluentes (SOBRINHO, 2000). Essa tecnologia apresenta a necessidade de utilização de energia elétrica, com baixa eficiência em fluxo contínuo e, ainda, aplicável a separação de dejetos suínos que possui características físicas diferentes dos dejetos humanos. Tem como característica de funcionamento o princípio de prensas desaguadoras que não possui caráter de inovação ou de novidade intelectual.

Ainda na linha da similaridade temos o equipamento denominado “SISTEMA DE SEPARAÇÃO DE ÁGUA E DEJETOS EM BAIAS DE CRIAÇÃO DE SUÍNOS” (PI 9900152-7 A), publicado em: 08/08/2000, refere-se a um sistema para separação entre a água e a ração desperdiçadas e os dejetos em baias de criação de suínos e tem por objetivo prover um sistema de separação de água e dejetos em baias de criação de suínos, de construção fácil e de baixo custo e que permita a coleta da água e da ração não aproveitadas pelos animais, separadamente dos dejetos animais recolhidos das baias. Estes e outros objetivos são alcançados através de um sistema de separação de água e dejetos em baias de criação de suínos, cada baia apresentando um comedouro para contenção de ração e uma chupeta dispensadora de água e distanciada do comedouro, ditas baias sendo dispostas adjacentes a uma primeira canaleta coletora de dejetos que conduz estes a uma esterqueira, sendo que sob cada chupeta é provida uma bandeja coletora de água e restos de ração que caem da boca do animal, dita bandeja coletora sendo inferiormente acoplada a uma tubulação de drenagem (PICOLI & RODRIGUES, 1999). Não trata especificamente da separação de dejetos humanos e sim do aproveitamento da ração animal fornecida para a alimentação de suínos de corte, nesse caso não existe a aplicação a dejetos humanos e sim a separação dos grãos das baias misturados a água das mesmas em tanques de criação de peixes.

O invento “MÉTODO PARA DESCARTAR DEJETOS HUMANOS. RECIPIENTE DE COLHEITA DE DEJETOS HUMANOS E MÁQUINA TRITURADORA DE RECIPIENTES” (PI 9903256-2 A), publicada em: 18/04/2000, refere-se um método para descartar dejetos humanos de uma maneira eficiente e livre de riscos de contaminação ambiental ou patológica, consiste em um recipiente de recolha de dejetos humanos e uma máquina trituradora desses recipientes, desta forma o objetivo do modelo de utilidade é solucionar o problema de falta de higiene e de assepsia apresentado pelos métodos tradicionais de coleta de dejetos humanos nos centros

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

assistenciais e geriátricos (TOIA, 1999). Não aplicável a separação contínua dos dejetos humanos, mas a coleta para análise de fezes, sendo aplicável em clínicas de exames de fezes e urina e, primordialmente, em clínicas e hospitais que não possuem um sistema de tratamento adequado.

A inovação denominada “PROCESSO E SEPARADOR PARA SEPARAR UM PRIMEIRO COMPONENTE SÓLIDO DE UMA MISTURA DO MESMO COM UM LÍQUIDO E UM SEGUNDO COMPONENTE SÓLIDO” (PI 8702721), publicada em 01/03/1988, proporciona um processo para separar um primeiro sólido de uma mistura do mesmo com um líquido e um segundo componente sólido que é de menor granulometria média do que o primeiro componente sólido, que inclui as etapas de: alimentar o líquido e os componentes sólidos em uma tela sem fim que tem orifícios de um tamanho apropriado para permitir a passagem através da mesma do segundo componente sólido e para impedir a passagem através da mesma do primeiro componente sólido; deslocar a tela com o líquido e o componente sólido sobre a mesma ao longo de uma trajetória sensivelmente horizontal, através de uma região separadora operante; permitir que uma parte do líquido e do componente sólido passe através da tela sob a ação da gravidade; aspergir um líquido fluidizante a partir de abaixo da tela, na região de separação operante, contra e através da tela; fazer com que partículas maiores que estão bloqueando os orifícios na tela sejam desalojadas pelo líquido fluidizante e provocar a fluidização do material sobre a tela por meio do líquido fluidizante; permitir que mais líquido e componente sólido passe através da tela; coletar líquido e outro material que passou através da tela antes e depois de ser aspergido com o líquido fluidizante; e remover o material da tela que permanece sobre a mesma a jusante da região de separação operante e coletar este material (TUMILTY & KAYE; 1987). A tecnologia apresenta uma certa complexidade construtiva, operacional e de manutenção, existindo a necessidade de água para aspersão nas telas e energia elétrica para a movimentação dos roletes. Tem características de equipamento de seleção de grão com definição de espessuras diferentes entre os sólidos, similar ao processo de britagem aplicável a sólidos mais consistentes e resistentes, diferentemente, ao estado característico das fezes humanas que normalmente, apresentam plasticidade e fácil deformabilidade.

No âmbito das tecnologias desenvolvidas internacionalmente é possível apontar as iniciativas relacionadas às patentes, como por exemplo o modelo intitulado “SOLID-LIQUID SEPARATOR

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

OF PIG'S FECES" (KR20160066820 A), publicada em 13/06/2016, refere-se a um aparelho para separação do sólido e líquido de fezes e urina de porco, que permite que os resíduos de fezes e urina sejam separados e recolhidos mesmo quando as fezes de porco não flutuam e afundam. O equipamento é composto por um tanque de recolha de fezes de porco; um tanque de mistura de coagulante; um misturador para o qual ambas as fezes de porco armazenadas no tanque de recolha de fezes e a água morna com coagulante armazenada no tanque de mistura de coagulantes são fornecidos e misturados uns com os outros; e um separador sólido-líquido que separa os sólidos das fezes e as águas residuais da urina da água misturada, descarregada do misturador num estado em que a água, as fezes e a urina se misturam. O misturador é configurado em uma estrutura na qual um tubo de drenagem de uma bomba de volume controlado é adaptado para bombear e fornecer a água morna com coagulante armazenada no tanque de mistura de coagulantes e é conectado à outra extremidade do corpo cilíndrico; e uma pluralidade de pares de palhetas de mistura formadas de tal forma que as formas de leque são simétricas às formas de leque vizinhas sendo instaladas em um eixo estacionário dentro do corpo cilíndrico em intervalos regulares em uma direção longitudinal do corpo cilíndrico de tal forma que as formas de leque simétricas às formas de leque vizinhas sejam deslocadas em ângulos retos (SUN, 2014). Aplicável a separação de dejetos suínos com características específicas de peneiras estáticas em fluxo contínuo. Com alta taxa de aplicação superficial o que difere da necessidade para dejetos humanos em ambiente residencial unifamiliar.

A invenção "TOILET FOR SEPARATING URINE AND REDUCING WATER CONSUMPTION" (MX2012010654-A), publicada em: 21/03/2014, consiste em um separador (coletor) em um vaso sanitário, que se destina a separar a urina das fezes e, portanto, reduzir o consumo de água na eliminação da urina (GARCIA 2012). A separação dos dejetos humanos ocorre na própria bacia sanitária com receptáculos distintos para fezes e urina, implicando em dificuldades na hora da micção para o sexo feminino em função da distância do receptáculo para esse fim, promovendo a inserção de urina junto ao recipiente de fezes. Em função das diferentes câmaras de segregação a higienização da câmara de micção pode ser prejudicada, apresentando maus odores ao toilet.

O modelo de utilidade denominado "FECES AND URINE SEPARATION ECOLOGICAL HYGIENIC DEVICE FOR SHIPS" (CN201321150Y), publicada em: 07/10/2009, refere-se a um

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

dispositivo higiênica e ecológica de separação de fezes e urina para navios. O dispositivo compreende um separador de fezes e urina e um dispositivo de recolha, em que o dispositivo de recolha; o dispositivo de recolha de fezes compreende uma passagem de entrada de fezes, uma câmara de armazenamento de fezes, um secador de termorização e uma passagem de descarga de fezes; o dispositivo coletor de urina compreende uma passagem de entrada de urina, um recipiente de armazenamento e uma passagem de descarga de urina. O secador de termalização está ligado a um dispositivo de recolha de calor de energia solar disposto no exterior de um navio. O equipamento pode superar os problemas de poluição ambiental, desperdício de recursos e similares causados pela indisponibilidade de um dispositivo de separação de urina e fezes em um vaso sanitário usado no navio e é projetado especificamente para o espaço estreito do navio. O dispositivo higiênico ecológico para separação de fezes e urina pode realizar a função de separação de fezes e urina de forma altamente eficiente, possui alto grau de automação, economiza água e eletricidade, efetivamente protege o meio ambiente e fornece uma boa base para o tratamento adicional de fezes e urina (WU, 2008). A tecnologia existente não se refere especificamente a separação dos dejetos humanos, mas sobre um sistema em que a separação é parte desse processo. A separação ocorre na sanita encaminhando a fração sólida para um processo de tratamento térmico, para sua secagem em que a utilização é função da energia solar.

O invento denominado “FECES-URINE SEPARATOR AND AEROBIC FRAME” (CN101444399A), publicada em: 03/06/2009, é um dispositivo composto por um conjunto de barras de grade trapezoidais ranhuradas dispostas de maneira inclinada para formar um conjunto de tiras de grade tendo e uma superfície de deslizamento, uma superfície de ângulo de tamponamento de água, uma emenda de vazamento de cobertura e uma superfície de transbordamento de cada uma das grades. É equipado com uma armação com uma vala de fundo circular, que é adequada para o dispositivo separador de excrementos com descarga centralizada de fossas fecais, e um dispositivo de estrutura aeróbica para secagem ao ar ou fermentação aeróbica de fezes. O separador digestivo pode ser usado em conjunto e com vários vasos sanitários (CHENG, 2007). Sistema coletivo de separação, necessita de grandes áreas de instalação e empregado em grandes volumes e alta pressão.

O modelo de utilidade “ANHYDROUS ECOLOGICAL TOILET” (CN201241382Y), publicada em: 20/05/2009, é um banheiro ecológico anidro, que inclui uma porta, um separador de urina e

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

fezes, um balde de urina, um coletor de fezes, uma caixa de coleta de urina, um processador de esgoto e uma caixa de purificação de água. O princípio de funcionamento do sistema de controle é o seguinte: Quando alguém entra na porta, o sensor de infravermelho na porta transmite o sinal, a lâmpada de iluminação no banheiro e o exaustor começa a funcionar, o defletor do separador de estrume de urina começa a puxar duas vezes e a bomba é controlada por um curto período de tempo. A descarga é acionada ao termino do uso do banheiro, quando o sensor de infravermelho na porta transmite o sinal novamente. A iluminação e o exaustor na sala de banho param de funcionar. O defletor do separador de urina e fezes começa a trabalhar e a puxar por duas vezes e a bomba é acionada por um tempo mais longo. Uma saída de fezes do separador de urina e fezes está conectada com o coletor de fezes; uma tomada de água para lavagem de urina e vaso sanitário é conectada à caixa de coleta de urina. O modelo de utilidade adota uma tecnologia avançada de tratamento de água e combina uma pluralidade de meios de processamento físicos, químicos e biológicos para garantir a qualidade da água do efluente. O vaso sanitário ecológico anidro não precisa ser lavado com água da torneira e está livre de odores e poluição; além disso, o equipamento de processamento não precisa ser mantido por profissionais em horários normais (SHI et al., 2008). A tecnologia requer conhecimentos específicos em automação para a aplicação do sistema.

O modelo de utilidade “DEVICE FOR SEPARATING, COLLECTING AND PROCESSING TOILET FAECES AND URINE OF RAILROAD CAR” (CN201009891Y), publicada em: 23/01/2008, pertence ao campo de instalações de transporte ecologicamente corretas e se relaciona especificamente a um dispositivo de separação, coleta, e tratamento de estrume de banheiro de trem. O dispositivo compreende um coletor de esterco e é caracterizado pelo fato de que o coletor de esterco é conectado com um separador de esterco, em que uma placa de separação de fezes e urina é equipada dentro do separador de esterco, o coletor de estrume e o separador de estrume são conectados por um tubo de vedação de flange direto para formar uma estrutura integral, uma cobertura inclinada com placa de fundo vedada é equipada no tubo de vedação de flange direto e um agitador dentro do coletor de esterco. O modelo de utilidade tem as vantagens de possuir uma estrutura simples, de fácil instalação, não havendo necessidade de água de lavagem, redução da água de armazenamento da água do tanque na parte superior do trem, melhoria da segurança e condições sanitárias do trem, baixo custo de funcionamento, recuperação de esterco como fertilizante orgânico de alta qualidade e reutilização de recursos ambientalmente corretos (XILI, 2007). A tecnologia é referente a um

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

sistema como um todo onde existe a etapa de separação dos dejetos humanos em fase posterior a saída do vaso, contudo, trata-se de um sistema via seca o que favorece o surgimento de odores.

O modelo de utilidade “FLOW SEPARATOR FOR URINE, WATER AND AIR” (CN2775159Y), publicada em: 26/04/2006, é um dispositivo de separação de vasos sanitários, água e gás. Relaciona-se com o dispositivo “bambu” usado no banheiro. O sistema de defecação é conectado verticalmente de cima para baixo pelo penico, o desviador, a válvula de esgoto, o canal de esgoto e o vaso sanitário. O centro de saída do penico está alinhado com o centro do desviador, a extremidade superior da válvula de esgoto está alinhada com o desviador e a válvula de descontaminação está localizada no canal de esgoto, o tubo de esgoto é conectado com o banheiro; a placa móvel é disposta na cavidade interna do desviador, a placa móvel é apenas em paralelo com o canal de drenagem, o desviador também é conectado com o canal de odor exaustivo; o sistema de limpeza de drenagem é fornecido com uma torneira que pode ser aberta. O motor e a biela puxam o manípulo móvel para cima o manípulo, o canal de água do balde de lavagem está ligado à parte traseira do bacio e o motor está colocado no dreno carretel de válvula. O odor exaustivo está no lado superior do desviador, o ventilador de fluxo axial está disposto no odor do escape, e o odor do escape também é fornecido com um para-brisa e um cata-vento. O modelo de utilidade tem as seguintes vantagens: economizar água, eliminar o odor e transformar o dano em tesouro, e é adequado para diferentes locais. (XIAODA and YUANYUAN, 2004) e com principal desvantagem a utilização de energia elétrica limitando a locais que possuam infraestrutura mínima.

A invenção “SYSTEM FOR TREATING WASTE LIQUID CONTAINING SOLID” (JP2005305314A), publicado em: 04/11/2005, refere-se a um sistema de tratamento de águas residuais contendo matéria sólida para tratamento de fezes, urina, esgoto, etc. de animais domésticos, e mais particularmente, a um sistema de tratamento de resíduos líquidos excretados por animais domésticos, é sistema de tratamento que não libera águas residuais, mas também pode efetivamente melhorar a eficiência de calor, utilizando eficazmente o calor de carbonização (HIROFUMI et al., 2004). O equipamento utiliza um incinerador a gás e é utilizado para o tratamento de efluentes de bovinos com extensão a outros dejetos, com significativa complexidade construtiva e operacional, sendo indicado a grandes volumes de efluentes, o que pode levar a elevados custos de aquisição, implantação/instalação e operação/manutenção.

O invento “WASTEWATER SEPARATOR” (US009527014B1), publicada em: 27/12/2016, refere-se a um aparelho que utiliza uma bomba de fluxo axial para separar resíduos dentro de um transportador de fluido, tal como em águas residuais sanitárias e municipais, de acordo com a gravidade específica de cada componente de resíduos. O aparelho inclui um conjunto moto bomba de fluxo axial, dotada de um tubo oco dimensionado e posicionado para descarregar uma corrente de fluido onde os sólidos dentro da corrente de fluido têm uma gravidade específica inferior a um. O tubo oco inclui uma abertura voltada para dentro que faz um ângulo oblíquo ao longo de toda a sua circunferência em relação a um eixo longitudinal do tubo. Este arranjo é especialmente útil em aplicações de tratamento de águas residuais municipais e sanitárias para manter detritos mais leves que a água, tais como cabelo, fibras alimentares e materiais fibrosos sintéticos, de se acumularem contra o bordo de ataque do tubo oco e o obstruírem (CULLER, 2016). A tecnologia em questão se utiliza de energia elétrica para o funcionamento do motor, necessita de um significativo espaço físico para sua instalação e, por conseguinte, seu funcionamento, tornando-o impróprio para o uso individual residencial, sendo recomendável para usos coletivos. Trata-se de uma inovação incremental implantada na tecnologia a seguir. A inovação ocorreu no arranjo do motor do eixo axial e nos dispositivos de saída de sólidos.

O modelo de utilidade “WASTEWATER CONCENTRATOR METHOD AND SYSTEM” (US008425782B2), publicada em 23/04/2013, é um sistema para reduzir a demanda de volume de esgoto fluindo através de um sistema de tubulação de coleta de águas residuais, aumentando assim a capacidade efetiva do sistema. Uma parte da água residual é desviada de um cano principal de esgoto. Os sólidos são separados do líquido por um separador centrífugo tal como um separador de vórtice ou ciclone. O líquido recuperado pode ser tratado e disponibilizado para reutilização ou descartado. Os sólidos separados ou concentrados são reintroduzidos no esgoto principal dinamicamente em uma porção que ajusta a carga de esgoto, ou alternativamente, a carga de sólidos, no esgoto principal, para uma quantidade predeterminada ou intervalo predeterminado (CULLER, 2012).

O “WASTEWATER CONCENTRATOR SYSTEM” (US00814265B1), publicado em 27/03/2012, é um sistema de tubulação de coleta de esgoto que aumenta a capacidade efetiva do sistema a partir da redução de água no efluente. Uma parte da água residual é desviada de um cano

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

principal de esgoto, onde os sólidos são separados do líquido, por exemplo, por um separador de vórtice. O líquido recuperado pode ser tratado e disponibilizado para reutilização ou pode ser descartado, por exemplo, em um corpo de água ou bombeado para o solo. Os sólidos concentrados são reintroduzidos na linha de esgoto principal em uma porção que ajusta a carga orgânica e hidráulica das águas residuais no esgoto principal para uma quantidade predeterminada ou, ainda, em um intervalo predeterminado. É uma continuação do pedido de patente US. 13 / 274.350, depositado em 16 de outubro de 2011, que é uma continuação em parte do pedido de patente US. No. 13 / 050.665 depositado em 17 de março de 2011, emitido como US Pat. No. 8.062.522 em 22 de novembro de 2011, que é uma divisão do pedido de patente US. No. 12 / 954,809 depositado em 26 de novembro de 2010, emitido como Pat. No. 8.066.887 publicada em 29 de novembro de 2011. Todo o conteúdo do pedido de patente US. No. 12 / 954.809, 13 / 050.665 e 13 / 274.350 são aqui incorporadas por referência (CULLER, 2011).

A aplicação “WASTEWATER CONCENTRATOR” (US008101078B1), publicada em 24/01/2012, é uma continuação em parte do pedido de patente US. No. 13 / 050.665 depositado em 17 de março de 2011, emitido como US Pat. No. 8.062.522 em 22 de novembro de 2011, que é uma divisão do pedido de patente US. No. 12 / 954.809 depositado em 26 de novembro de 2010, emitido como Pat. No. 8.066.887 publicada em 29 de novembro de 2011. Todo o conteúdo do pedido de patente US. 12/954 809 são aqui incorporadas por referência (CULLER, 2011).

O “WASTEWATER CONCENTRATOR” (US008066887B1), publicado em:29/11/2011, é um método para ajustar o carregamento de águas residuais em um cano principal de esgoto, aumentando assim a capacidade efetiva do sistema de esgoto principal, compreendendo: o desvio de uma parte do efluente do cano principal; separar sólidos concentrados e líquidos das águas residuais desviados; tratar o líquido separado para reutilização; reintroduzir os sólidos concentrados no esgoto principal; e ajustar dinamicamente a taxa de reintrodução dos sólidos concentrados de volta ao cano principal de esgoto e a taxa de desvio de águas residuais do esgoto principal em resposta ao sensoriamento do carregamento de águas residuais no esgoto principal e em uma proporção que ajusta a carga de esgoto ao esgoto principal para não exceder uma quantidade predefinida (CULLER, 2010).

O modelo “WASTEWATER CONCENTRATOR SYSTEM” (US008062522B1), publicada

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

em:22/11/2011, é um sistema para reduzir a demanda de volume de esgoto fluindo através de um sistema de tubulação de coleta de esgoto e, assim, aumentando a capacidade efetiva do sistema (CULLER, 2011). Esta aplicação é uma divisão do pedido de patente US Ser. No. 12 / 954.809 depositado em 26 de novembro de 2010. Todo o conteúdo do pedido de patente US. 12/954 809 são aqui incorporadas por referência.

A disposição denominada “METHOD OF SEPARATING SUSPENSION, IN PARTICULAR FOR WASTE WATER TREATMENT, AND AN APPARATUS FOR PERFORMING THE SAME” (US007303686B2), divulgada em: 04/12/2007, é um equipamento utilizado para separar sólidos em suspensão em águas residuais. Uma suspensão floculante é separada do líquido por filtração em uma camada fluidizada em uma manta de lodo, onde os flocos são criados, separadamente, a partir da suspensão e a fluidização é mantida pela corrente ascendente de líquido enquanto que o líquido com suspensão entra na camada fluidizada da parte inferior e o líquido liberado da suspensão é descarregado acima da superfície da manta de lodo representada pela interface entre a camada fluidizada e o líquido sem suspensão. A suspensão espessa é separada na forma de lamas é retirada de uma zona da camada fluidizada, a velocidade de fluxo ascendente na camada fluidizada diminui ascendentemente. Esta aplicação é uma divisão da aplicação US Ser. No. 10 / 477.411, depositado em 15 de abril de 2005, agora emitido como US Pat. No. 7.087.175, que é uma Fase Nacional dos EUA de 371 PCT / CZ02 / 00027 registrada em 7 de maio de 2002 (MACKRLE et al., 2006).

Um método denominado “WASTEWATER SEPARATOR AND METHOD OF USING SAME” (US007300588B2), divulgado em: 27/11/2007, utilizado para impedir que a gordura ou o óleo sejam levados a cabo em águas residuais de um estabelecimento de preparação de alimentos para um sistema de esgotos, ou seja, empregado no pré-tratamento de águas residuais contendo gordura e partículas de alimentos antes de entrar num esgoto que incluem os passos de direcionamento das águas residuais para uma área de separação; dimensionado e configurado para permitir que a referida graxa se eleve para fora aprisionando a gordura que sai do fluxo de águas residuais; estendendo ,substancialmente, a saída de água residual através da área de separação; acelerando as águas residuais remanescentes, transportando as partículas sólidas da saída de separação, sugando as partículas redirecionando águas residuais para longe da área de separação e as partículas para o sistema de esgotos. Esta aplicação é uma divisão da aplicação Ser. 09 / 732.299, apresentado em 8 de dezembro de 2000, agora Pat.

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

U.S. No. 7.011.752, que reivindica o benefício do Pedido de Patente Canadense N2.2.299.134, depositado em 23 de fevereiro de 2000 (BROEDERS et al.; 2005). Equipamento não aplicável a separação sólido-líquido

O “METHOD OF SEPARATING SUSPENSION, IN PARTICULAR FOR WASTE WATER TREATMENT” (US007087175B2), divulgado em: 08/08/2006, é utilizado para separar a partículas em suspensão no tratamento de águas residuais. O aparelho para realizar este método contém um separador de alargamento ascendente proporcionado pela entrada da suspensão tratada na sua parte inferior e por meio de retirada do líquido sem suspensão no seu topo. Um separador cujo espaço interno contém um espaço de separação sendo provido de pelo menos um ponto de retirada da suspensão espessa no espaço de separação que está disposto acima da entrada no separador, predominantemente em sua parede externa e sob a superfície da manta de lodo (MACKRLE et al., 2002). A tecnologia é aplicável a águas residuais de maneira geral, onde atua na separação de sólidos em suspensão por sedimentação e filtração necessitando de grandes áreas por tratar de um sistema coletivo em que temos volumes maiores de efluentes.

O invento “WASTEWATER SEPARATOR AND METHOD OF USING SAME” (US11701175B2), publicado em: 14/03/2006, compreende um recipiente de separação, uma entrada e uma saída. O recipiente de separação compreende um direcionador de fluxo de águas residuais dentro do recipiente de separação, sendo o tamanho, forma e posicionamento do direcionador de fluxo de águas residuais direcionado a entrada de águas residuais para dirigir o fluxo de água residual ao longo de um trajeto de fluxo preferido para permitir que o resíduo leve se separe do fluxo, sendo o fluxo conduzido para uma área de recolha, que permiti que os resíduos pesados se separem da corrente de águas residuais numa sendo caminhados em uma segunda direção para uma área de remoção de resíduos pesados; e um deflector dentro do recipiente de separação para conduzir o fluxo para a saída, a partir da separação e remoção dos resíduos mais pesados (BROEDERS et al., 2000).

A invenção “WASTEWATER SEPARATOR” (US006022474A), publicada em 08/02/2000, compreende em uma primeira etapa em tubo de drenagem com uma pluralidade de perfurações cónicas circunferencial mente espaçadas e dispostas numa série de anéis paralelos com espaços lisos entre os mesmos. A extremidade menor dos orifícios fica de frente para o interior

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

do tubo. Defletores inclinados em forma de arruela são encaixados sobre essa primeira seção e fixam-se aos espaços simples entre os furos. Um segundo tubo formando uma jaqueta envolve o primeiro tubo e seus defletores e é vedado na parte superior e inferior da dita primeira seção interna e é firmado com um encaixe na sua extremidade inferior para conectar a água residual aonde ela é necessária, como um trocador de calor. Por essa estrutura, apenas as águas residuais líquidas e partículas menores podem fluir para fora do tubo de drenagem. O uso de furos cônicos permite que as partículas que passam pelo furo na extremidade pequena continuem livremente através da área de seção transversal crescente do furo cônico e ampliado, eliminando o bloqueio que ocorreria em furos comuns. Os defletores evitam que o líquido escoe através dos orifícios na parte superior de reentrar nos orifícios mais abaixo. Numa segunda forma de realização da presente invenção, o separador baseia-se num intervalo de queda livre em vez de aberturas cônicas. A primeira seção do conduto expande-se angularmente para a parede interna de uma segunda seção de tubo que forma uma capa de vedação tal que a água residual fluirá naturalmente para fora por ação capilar agarrada ao caminho angulado para a camisa e daí para um encaixe para conexão à água residual necessária utensílio. No entanto sólidos mais pesados e lamas sem essa tensão superficial, caem verticalmente da água residual e caem através da abertura e entram na terceira seção que se conecta ao esgoto. Desta forma, a separação desejada do líquido da água residual ocorre. Numa terceira forma de realização tem uma primeira seção do conduto com aberturas não bloqueantes. As aberturas estão localizadas em uma mudança de passo na área da seção transversal do tubo de drenagem. O degrau pode ser vertical ou inclinado e cria uma cascata no fluxo de águas residuais. O fluxo de vasos sanitários ocorre a taxas de fluxo de galões por segundo, em comparação com todos os outros equipamentos de encanamento que fluem seus resíduos em galões por minuto ou menos. Este rápido fluxo de vaso sanitário tem um momento considerável e flui em uma trajetória sobre a seção de passo, evitando em grande parte as aberturas afuniladas na seção de passo. Isso garante a taxa de fluxo total para impedir o bloqueio no cano de drenagem. Em todos os outros caudais, as águas residuais contendo partículas mais pequenas fluem pelo degrau e através das aberturas não bloqueantes para o invólucro vedado e para um acessório para ligação a um aparelho. Em grandes edifícios, como hotéis onde o fluxo de águas residuais aumenta drasticamente em certas horas do dia, múltiplos separadores para operação paralela podem ser instalados sobre o cano de escoamento, oferecendo maior capacidade, conforme necessário. Além disso; tais separadores podem ser montados em série em diferentes intervalos, espaçados verticalmente para drenar as águas

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

residuais em estágios de tamanho sólido permissível, permitindo que sólidos maiores sejam separados com o líquido a montante e evitados com aberturas menores a jusante. Em edifícios onde cada andar pode ter equipamento de aquecimento de água, um separador pode ser instalado no tubo de drenagem em cada andar. O pedido é uma continuação em parte da aplicação Ser. 08 / 027.290, depositado em 5 de março de 1993 (MACKELVIE, 1998).

A invenção denominada “METHOD FOR SEPARATING HOG SEWAGE INTO LIQUID AND SOLID COMPONENTS” (US005817241A), publicada em: 06/10/1998, envolve um separador de esgoto de suínos para separar sólidos dentro do esgoto de suínos da água ou líquido lá dentro. O separador de esgoto inclui um transportador que tem um retentor de sólidos perfurados que se estende por cima, de modo a definir um canal aberto através do qual os sólidos separados são transportados. O esgoto é direcionado para a unidade de separação e é separado à medida que a água ou o líquido flui através do retentor perfurado e transborda para uma lagoa subjacente. Os sólidos separados são transportados pelo separador para um tanque de retenção (BRAYBOY, 1997). Tecnologia aplicável a dejetos suínos, com possibilidades de aplicação a dejetos humanos com implicações a exposição ambiental e, por conseguinte, a proliferação de vetores tais como moscas e mosquitos.

A invenção “SEWAGE SOLID SEPARATING DEVICE” (US3701425), publicada em 31/10/1972, consiste em um dispositivo para separar os sólidos e líquidos de esgotos. O dispositivo é caracterizado por um orifício de dimensões variáveis para jorrar um fluxo tangencialmente de fluido para uma câmara de córtex suportada. Um elemento de fecho flexível estende-se através do orifício na direção do fluxo e é dotado com uma primeira superfície contra a qual entram os fluidos através dos orifícios e uma segunda superfície contra a qual entram fluidos dentro da câmara em resposta a variações nas características de fluxo do fluxo (LAVAL JR, 1970). Esta aplicação é uma divisão de aplicação, Ser. No. 656,312, arquivado 24 de julho de 1967, agora Pat. No. 3.568.837, que, por sua vez, é uma continuação em parte da aplicação, Ser. 478.177, arquivado em 9 de agosto de 1965, e agora abandonado.

O “METHOD AND APPARATUS FOR TREATING AND DISPOSING OF SEWAGE” (US003655048), divulgado em: 11/04/1972, é utilizado para separar o esgoto líquido do esgoto sólido e coletar o líquido separado em um reservatório de armazenamento. O esgoto sólido é passado para um transportador de filtração onde o líquido de transporte é filtrado pelo

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

transportador em um reservatório de filtração e o esgoto sólido é transportado para um incinerador. O líquido no reservatório de filtração é recirculado para o reservatório de coleta. O dispositivo de fornecimento de ar e difusão introduz ar difuso no líquido no reservatório de coleta para transportar o esgoto sólido suspenso para a superfície do líquido no reservatório de coleta. O esgoto líquido e sólido na superfície do reservatório de coleta é passado através de um açude para o transportador de filtragem, onde as etapas de filtragem, transporte, recirculação e incineração são repetidas. A difusão de ar no líquido, a passagem do líquido e do esgoto sólido para o transportador de filtração e a recirculação do líquido continuam por um determinado período de tempo após o esgoto bruto ter parado de fluir para o separador. No final do ciclo de recirculação, o líquido é passado da câmara de coleta através de defletores para um reservatório de efluentes, onde o líquido é tratado para reduzir a contagem de bactérias. É um método de tratar e dispor de esgoto, refere-se a um método e aparelho de tratamento e eliminação de esgotos e mais particularmente a um aparelho para tratamento de resíduos humanos, esgotos recebidos de sanitas, chuveiros, cozinhas ou cozinhas, lavandarias e semelhantes. O aparelho deste invento é particularmente vantajoso para utilização a bordo e outras aplicações marítimas (PÉRGOLA, 1971). O equipamento necessita de uma área específica para sua instalação e maior que a tecnologia alternativa com maior complexidade de construção, operação e manutenção e para sua instalação possui exigências específicas para tal.

Um dispositivo de centrifugação denominado "DEVICE FOR SEPARATING PARTICULATE MATTER FROM A STREAM OF FLUID" (US3568837), divulgado em: 09/03//1971, tem a finalidade de separar particular em correntes fluidas, caracterizado por uma câmara de vórtice para separar partículas sólidas do fluido por jacto do fluido para dentro da câmara para provocar a sua centrifugação; um dispositivo para garantir tal ação de jacto através de uma vasta gama de pressões e volumes de fornecimento de fluido compreendendo meios definindo um orifício na câmara e meios para ligar o orifício a uma fonte de fluido sob pressão e jacto de fluido através do orifício substancialmente tangente da câmara para conferir uma ação redemoinhada ao fluido na câmara, o orifício define meios que têm um lábio flexível que proporciona uma superfície de reação disposta em direção ao orifício e sensível à pressão do fluido que passa através dele para dilatar o orifício em resposta ao aumento da pressão do fluido. Este aplicativo é uma continuação em parte do aplicativo Ser. 478.177, depositado em 9 de agosto de 1965, intitulado "Dispositivo para controlar a velocidade do fluxo de fluidos através de uma passagem"

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

e abandonado (LAVAL JR,1967). A tecnologia apresenta a possibilidade de entupimento dos furos de fluxo tangencial por aderência de fezes humanas, sendo diferente a tecnologia inovadora nos quesitos geométricos, funcionais e operacionais, com necessidade de manutenção periódicas.

3 – DIFERENCIAL DA INVENÇÃO EM RELAÇÃO AO ESTADO DA TÉCNICA

3.1 - Qual o DIFERENCIAL da tecnologia proposta em relação às existentes?

Diante da descrição técnica detalhada do invento (I.2) aponte a essência da invenção. *Por exemplo: de todo o processo, qual é a etapa essencial, condição operacional (dentro um intervalo, qual é o ponto ótimo), equipamento ou qualquer outro dispositivo (parte ou um todo), reagente/solvente nunca antes utilizado para o mesmo fim, composição/formulação responsável por efeito inesperado, produto, etc.*

Os principais diferenciais do sistema se encontram: a) na simplicidade construtiva, operacional, de instalação e manutenção; b) na integração aos princípios do saneamento ecológico; c) no designer inovador e integrado ao cenário da paisagem de forma a não promover impacto visual; d) no funcionamento contínuo; e) na facilidade de controle, devido ao equipamento ser de fácil operação, e permitir que os parâmetros operacionais sejam passíveis de monitoramento f) no fomento ao tratamento segregado de fezes e urina; g) na estanqueidade; h) na gestão ecológica dos dejetos humanos, ou seja, no aproveitamento de fezes e urina como insumos para geração de energia, produção de gás, fertilizantes agrícolas e/ou adubos naturais, defensivo agrícola; i) na integração de diferentes métodos, técnicas e processos de segregação sólido-líquido; j) redução dos impactos ambientais em função do lançamento indiscriminado de água negras em coleções hídricas; k) pouca necessidade de área para instalação e funcionamento; e l) eficiência ótima em eventos de vazamento da bacia sanitária.

4 – PEDIDOS DE PATENTE ANTERIORES

4.1 - Existem patentes anteriores, depositadas pelos mesmos inventores, relacionadas à tecnologia investigada? () Sim (x) Não.

Em caso positivo, relacione-as:

Pedidos depositados		Pedidos em tramite no NIT-Unioeste	
Número Documento (protocolo ou PI ou PCT)	Data de Depósito	Data de Entrada	Título

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

Após preenchimento, protocolar ao NIT com cópia digital para e-mail: nit@unioeste.br

5. CONCEPÇÃO E DIVULGAÇÃO AO PÚBLICO

As informações abaixo deverão ser respondidas com atenção, uma vez que a divulgação prévia pode afetar a possibilidade de obter direitos de patente.

5.1 - Há um Caderno de Laboratório disponível? () Sim (x) Não

5.1.1 - Se positivo, ele é usado freqüentemente? () Sim (x) Não

5.2 - Liste as divulgações referentes à invenção que já foram ou que ainda serão realizadas colocando suas respectivas datas. Inclua linhas na Tabela abaixo se necessário.

Não houve divulgação.

Item	Data	Tipo de divulgação (artigo, tese, exame de qualificação, resumo, trabalho completo em Congresso, pôster, entrevista, etc.)	Referência Completa
5.2.1			
5.2.2			
5.2.3			
5.2.4			
5.2.5			

5.3 Em relação às publicações acima listadas, a divulgação compreende:

() Divulgação PARCIAL da invenção, isto é, NEM TODO o conteúdo a ser protegido intelectualmente no presente Pedido de Depósito de Patente foi divulgado.

ESPECIFIQUE os números dos item(s) relacionado(s):

() Divulgação TOTAL da invenção, isto é, TODO o conteúdo a ser protegido intelectualmente no presente Pedido de Depósito de Patente foi divulgado.

ESPECIFIQUE número do item(s) relacionado(s):

5.4 – Em caso de publicações mais restritas como as divulgadas em CD-Rom, Anais de Congresso ou Periódicos não disponíveis eletronicamente para a Unioeste, ENVIE COMO DOCUMENTO DIGITAL juntamente com este formulário. O nome do arquivo deverá conter a seguinte denominação: B-ANEXO B, PUBLICACAO-DATA. Ex: B-ANEXO B PUBLICACAO-01-06-09.pdf, para uma publicação divulgada em 01 de JUNHO de 2009.