



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

BRENO SIMÕES RAMOS

**ANÁLISE DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DE UM BANHEIRO
SECO CAPAZ DE COLETAR E TRATAR SEPARADAMENTE URINA E FEZES
HUMANAS**

VITÓRIA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO

**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**ANÁLISE DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DE UM BANHEIRO
SECO CAPAZ DE COLETAR E TRATAR SEPARADAMENTE URINA E FEZES
HUMANAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientação: Prof. D. Ing Ricardo Franci Gonçalves

VITÓRIA

2021

BRENO SIMÕES RAMOS

ANÁLISE DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA DE UM BANHEIRO SECO CAPAZ DE COLETAR E TRATAR SEPARADAMENTE URINA E FEZES HUMANAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração em Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade e linha de pesquisa Saneamento Ambiental e Saúde Pública.

Aprovada em 28 de abril 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. D.Ing. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador – PPGES / CT / UFES

Prof. D.Sc. Rosane Hein de Campos
Examinadora Interna – PPGES / CT / UFES

Prof. D.Sc. Diego Lima Medeiros
Examinador Externo – TECLIM / UFBA

Em conformidade com as normas prescritas na Portaria Normativa N°. 03/2020 – PRPPG/UFES, as assinaturas dos examinadores interno e externo (Prof. D.Sc. Rosane Hein de Campos e Prof. D.Sc. Diego Lima Medeiros) foram representadas neste documento pela respectiva assinatura do presidente da sessão, Prof. D.Ing. Ricardo Franci Gonçalves. Ato contínuo, o Sr. Presidente da banca examinadora atesta que, a defesa foi realizada por meio de videoconferência, ou outro suporte eletrônico a distância equivalente.

Prof. D.Ing. Ricardo Franci Gonçalves
Orientador – PPGES / CT / UFES



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
RICARDO FRANCI GONCALVES - SIAPE 1176053
Departamento de Engenharia Ambiental - DEA/CT
Em 28/06/2021 às 12:12

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/216018?tipoArquivo=0>

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S593a Simões Ramos, Breno, 1993-
ANÁLISE DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLÓGICA
DE UM BANHEIRO SECO CAPAZ DE COLETAR E
TRATAR SEPARADAMENTE URINA E FEZES HUMANAS
/ Breno Simões Ramos. - 2021.
170 f. : il.

Orientador: Ricardo Franci Gonçalves.
Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de
Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do
Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Saneamento Inteligente. 2. Recuperação de Nutrientes. 3.
Sanitário Seco. 4. Nível de Maturidade Tecnológica. I. Franci
Gonçalves, Ricardo. II. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

AGRADECIMENTOS

Ao Deus do universo por me permitir viver essa experiência e realizar um sonho.

Especial agradecimento ao Professor Ricardo Franci por todas as orientações, pela oportunidade da realização deste trabalho junto ao grupo de pesquisa Núcleo Água, pelo estímulo, compreensão, paciência e, principalmente, por acreditar que eu seria capaz de realizar este trabalho. Serei eternamente grato.

À professora Rosane Campos, uma pessoa incrível. Gratidão pelos ensinamentos, pelos conselhos, correções, dicas, conversas e por me ajudar nos momentos de desespero, sempre com palavras de apoio. Obrigado por acreditar na minha capacidade e por todos esses anos.

À minha família, agradeço pelo estímulo, pela paciência e pela compreensão durante toda a trajetória desta pesquisa.

Aos meus colegas do Núcleo Água, agradeço pelos momentos de acolhimento e ajuda durante toda pesquisa, em especial aos que se tornaram amigos e que nunca mediram esforços para dividir todas as dificuldades: Carolina Nóbrega, Solaine Sampaio, Gabriela Boechat, Hyasmin Haddad, Janaina Simões, Constança Tripoli e a Regiane. Muito obrigado!

Aos meus amigos fora da UFES, que sempre acreditaram no meu potencial e sempre me impulsionaram a continuar nos momentos em que a vontade de desistir surgia. Muito obrigado, pessoal. Amo vocês!

À Fluxo Ambiental, agradeço por me permitir realizar os testes com os colaboradores da empresa. Muito obrigado! Sem vocês a minha pesquisa não chegaria ao fim. Agradeço também por me permitirem conhecer novos profissionais.

À AQUALEV, que realizou a construção do protótipo da pesquisa, que foi imprescindível para o deslinde desse sonho. Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente me ajudaram a concluir este trabalho. Obrigado.

“A sabedoria dos homens é proporcional não à sua experiência, mas à sua capacidade de adquirir experiência.”

George Bernard Shaw

RESUMO

Esta pesquisa objetivou avaliar a aceitação dos usuários e o nível de maturidade tecnológica de um banheiro capaz de coletar separadamente fezes e urina sem a necessidade de descarga hídrica. A bacia sanitária seca (BSS) é uma inovação tecnológica capaz de recuperar os nutrientes provenientes do tratamento das excretas humanas, além de promover uma preservação ambiental dos recursos naturais, principalmente relacionados com o grande consumo de água do modelo de saneamento convencional. Desta forma, se faz necessário avaliar qual o nível de maturidade dessa tecnologia, através de metodologia específica denominada como *technology readiness level*- TRL e a percepção e o comportamento dos usuários quando estão em contato com a BSS. Foram realizados testes específicos de odor, acessibilidade e usabilidade, temperatura e umidade e o monitoramento do painel de uso do banheiro. Os testes demonstram que a BSS apresenta um grau de maturidade satisfatório, chegando até a etapa 8 (TRL 8). Ademais, a aceitação dos usuários foi positiva por parte de todos envolvidos na pesquisa, além disso, os envolvidos na pesquisa relataram que indicariam a BSS para outra pessoa.

Palavras chave: banheiro seco, recuperação dos recursos, maturidade tecnológica.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the acceptance of users and the level of technological maturity of a bathroom capable of collecting feces and urine separately without the need for water discharge. The dry sanitary basin (BSS) is a technological innovation capable of recovering nutrients from the treatment of human excreta, in addition to promoting environmental preservation of natural resources, mainly related to the large water consumption of the current sanitation model. It is necessary to evaluate the degree of maturity of this technology, through a specific methodology called technology readiness level and the behavior of users when they are in contact with BSS. Specific tests for odor monitoring, accessibility and usability, temperature monitoring were carried out. and humidity and monitoring the bathroom use panel. The tests show that the technology has a satisfactory degree of maturity, reaching stage 8 (TRL 8). Furthermore, user acceptance was unanimous on the part of everyone involved in the research.

Key words: dry toilet, resource recovery, technological maturity.

LISTA DE SIGLAS

1. ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
2. ACF - Action Contre La Faim
3. ANSI - American National Standards Institute
4. BSS - Bacia sanitária seca
5. CAPES - Qualis
6. CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
7. DBO - Demanda bioquímica de oxigênio
8. DQO - Demanda química de Oxigênio
9. ECOSAN - Saneamento Ecológico
10. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
11. ETE - Estações de Tratamento de Esgoto
12. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
13. ISO - NSF - Fundação Nacional de Saneamento Norte Americana
14. JCR - Fator de Impacto
15. NASA – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
16. NSF – Fundação Nacional de Saneamento Norte Americana
17. ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
18. OMS - Organização Mundial de Saúde
19. ONU - Organização das Nações Unidas
20. PIB - Produto interno bruto
21. PROKNOW-C - processo de seleção sistematizado de referência bibliográfica
22. SI – Sistema Internavional
23. SIDA - Agência Sueca de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento
24. SUSANA - Sustainable Sanitation Alliance
25. TCLE - Termo de Assentimento/Justificativa de ausência
26. TRL - Techonology Readniess Level
27. UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket
28. UDDT- Urine Diverte Toilets
29. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo
30. UNICEF - United Nations Children_s Fund
31. USGBC- United States Green Building Concil

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição dos Nove Níveis de Maturidade Tecnológica	52
Tabela 2: Descrição dos níveis dos TRL'S.....	53
Tabela 3: Características da Urina Humana.....	70
Tabela 4: Quantidade de nutrientes tendo como fonte as excretas e quantidade de nutrientes requerido para produção de 230 kg de cereais	71
Tabela 5: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo(18/09/20 à 16/12/20).....	132
Tabela 6: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20).....	133
Tabela 7: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/09/20 à 30/09/20).....	134
Tabela 8: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (18/09/20 à 30/09/20).....	134
Tabela 9: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20).....	135
Tabela 10: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20).....	136
Tabela 11: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20).....	137

Tabela 12: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)..... 137

Tabela 13: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)..... 138

Tabela 14: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)..... 139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação da emissão de poluentes e do consumo de energia nos sistemas de saneamento convencional e ecológico.....	27
Quadro 2: Modelos de Sanitários Secos	41
Quadro 3: Resumo dos tipos de tratamentos aplicados às fezes, com suas vantagens, desvantagens e referencial teórico.....	60
Quadro 4:Resumo dos tipos de tratamentos aplicados a urina, com suas vantagens, desvantagens e referencial teórico.....	62
Quadro 5 Análise do nível de TRL e CTA/CTR com os resultados dos testes	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelos de saneamento convencional e modelo de saneamento baseado em recursos no contexto nacional	29
Figura 2: Modelo descentralizado e centralizado do saneamento baseado em recurso	31
Figura 3: Relação das economias do saneamento inteligente como soluções de negócios em saneamento sustentável inteligentes.....	34
Figura 4: Sanitários com recipientes móveis. Fonte: Jenkis (2005)	37
Figura 5: Sanitários com Separador. Peru. Fonte: Rotária (2015).....	37
Figura 6: Vaso sanitário segregador de banheiro seco - Gana. Fonte: Magri, 2013.....	37
Figura 7: Vaso sanitário segregador de banheiro seco – prédio GIZ, Eschborn, Alemanha. Fonte: Magri, 2013	37
Figura 8: Separador a base de água. Fonte: Ecovita, 2016.....	38
Figura 9: Vaso sanitário segregador a vácuo (1L/fezes, 0,5L/urina) - prédio GIZ, Eschborn, Alemanha. Fonte: Magri, 2013	38
Figura 10: Ilustração da NSF 41:2018	48
Figura 11: Ilustração da ISO 30500:2018	49
Figura 12: Modelo de agrupamento dos níveis de maturidade tecnológica	55
Figura 13: Ilustração dos compartimentos do sanitário seco	79
Figura 14: Resumo do processo de seleção do portfólio bibliográfico da metodologia de construção do conhecimento ProKnow-C.....	81
Figura 15: Etapas da seleção do portfólio bibliográfico através dos filtros utilizados no PROKNOW-C.....	84

Figura 16: Vista das bacias sanitárias secas para coleta separada de fezes e de urina	85
Figura 17: Recipiente de armazenamento da Urina separada.....	85
Figura 18: Banheiro seco utilizado nos testes com vistas na câmara de secagem das fezes e tubo de exaustão do protótipo.....	87
Figura 19: Caixas de armazenamento das fezes	87
Figura 20: Georreferenciamento da empresa Fluxo Ambiental, campo experimental da pesquisa.....	89
Figura 21: Treinamento com os colaboradores da empresa.....	89
Figura 22 Seleção dos pontos de monitoramento externo do sanitário seco	93
Figura 23 Ponto de monitoramento interno	93
Figura 24: Medidor de temperatura e umidade KlimaLogg Pro fixado no interior do banheiro seco	96
Figura 25: Transmissor TFA KlimaLogg Pro, modelo 30.3039. IT.....	97
Figura 26: Transceptor de dados TFA.....	97
Figura 27: Mapa de rede das palavras chaves relacionadas com o tema de pesquisa mais usadas pelos autores	103
Figura 28: Mapa de rede das palavras chaves relacionadas com o tema de pesquisa mais usadas pelos autores e o ano de publicação.....	104
Figura 29: Mapeamento dos países que têm publicado sobre o tema da pesquisa.....	105

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Gráfico com o fator de impacto das revistas selecionados pela metodologia Proknow-c.....	100
Gráfico 2: Quantidade de publicações das revistas selecionadas que têm estudados assuntos correlatos com o tema de pesquisa selecionadas através do proknow-c	101
Gráfico 3: Relação dos países que tem publicado artigos relacionados com o tema de pesquisa abordado	102
Gráfico 4: Fatores primordiais que influenciam quanto ao uso e a aceitação do sanitário.....	106
Gráfico 5: Tipos de tratamentos aplicados nas fezes de acordo com o artigos selecionados pelo Proknow-C.....	107
Gráfico 6: Tipos de tratamentos aplicados na urina de acordo com os artigos selecionados pelo Proknow-C.....	107
Gráfico 7: Modelo de gerenciamento aplicado aos produtos gerados nas bacias sanitárias secas a partir dos resultados do proknowc.....	108
Gráfico 8: Tipos de aplicações das excretas humanas pós tratamento descritas nos estudos analisados pelo proknowc	109
Gráfico 9: Informações gerais do Júri	110
Gráfico 10: Faixa etária dos participantes do júri.....	111
Gráfico 11: Mês de referência 09/2020.....	112
Gráfico 12: Mês de referência 10/2020.....	112
Gráfico 13: Mês de referência 11/2020.....	112
Gráfico 14: Mês de referência 12/2020.....	112
Gráfico 15: Mês de referência 09/2020.....	114

Gráfico 16: Mês de referência 10/2020	114
Gráfico 17: Mês de referência 11/2020.....	114
Gráfico 18: Mês de referência 12/2020.....	114
Gráfico 19: Mês de referência 09/2020.....	116
Gráfico 20: Mês de referência 10/2020.....	116
Gráfico 21: Mês de referência 11/2020	116
Gráfico 22: Mês de referência 12/2020.....	116
Gráfico 23: Mês de referência 09/2020.....	118
Gráfico 24: Mês de referência 10/2020.....	118
Gráfico 25: Mês de referência 11/2020.....	118
Gráfico 26: Mês de referência 12/2020	118
Gráfico 27: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você perceber é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 09.2020).....	121
Gráfico 28: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você percebe é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 10.2020).....	122
Gráfico 29: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você perceber é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 11.2020).....	123
Gráfico 30: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você percebe é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 12.2020).....	124
Gráfico 31: Mês de referência 09/2020.....	125

Gráfico 32: Mês de referência 10/2020.....	125
Gráfico 33: Mês de referência 11/2020.....	125
Gráfico 34: Mês de referência 12/2020.....	125
Gráfico 35: Relação de sanitários que utilizam água de acordo com o PROKNOW-C	127
Gráfico 36: Aplicações dos produtos gerados pós tratamento das excretas.....	128
Gráfico 37: Boxplot para as variáveis temperatura e umidade do ar segundo todo período de estudo.....	130
Gráfico 38: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20)	132
Gráfico 39: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20)	132
Gráfico 40: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 30/09/20)	133
Gráfico 41: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 30/09/20)	133
Gráfico 42: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20)	135
Gráfico 43: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20)	135

Gráfico 44: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)	136
Gráfico 45: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)	136
Gráfico 46: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)	138
Gráfico 47: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)	138
Gráfico 48: Resultado do primeiro teste do banheiro seco 18/09/2020 ...	140
Gráfico 49: Resultado do segundo teste do banheiro seco (16/12/2020)	141
Gráfico 50: Painel de Uso do Sanitário Seco	143

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	19
2.	OBJETIVOS.....	22
2.1	OBJETIVO GERAL.....	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3	REVISÃO BIBLIGRÁFICA.....	23
3.1	SANEAMENTO BÁSICO.....	23
3.2	SANEAMENTO BASEADO EM RECURSOS.....	25
3.3	SANEAMENTO BASEADOS RECURSOS DE FORMA INTELIGENTE... 	32
3.4	SANITÁRIOS SECOS.....	35
3.4.1	TIPOS DE SANITÁRIOS SECOS	38
3.5	ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	43
3.6	NORMAS TÉCNICAS E CERTIFICADORAS	46
3.7	TECHONOLGY READNILESS LEVEL– REVIEW.....	50
3.8	PROCESSOS DE TRATAMENTO	56
3.9	UTILIZAÇÕES DAS EXCRETAS.....	68
3.10	EXEMPLOS DE PROJETOS DE SANEAMENTO BASEADO NOS RECURSOS.....	72
4	METODOLOGIA	79
4.1	O MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO ACERCA DA BACIA SANITÁRIA SECA	80
4.1.1	Mapeamento bibliométrico.....	84
4.2	DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO	84
4.3	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	88
4.3.1	AVALIAÇÕES DA PERCPEÇÃO DE ODOR DO BANHEIRO SECO SEPARADOR DE URINA E FEZES	90
4.3.2	Seleção do Júri.....	90
4.3.3	Teste de Ofaltometria.....	92
4.3.4	Teste Organoléptico - Análise da hedonicidade odorante	92
4.4	ANÁLISES DE MATURIDADE TECNOLÓGICA PROTÓTIPO.....	94

4.4.1	TRL 1 Princípios Básicos e TRL 2 Identificação das Aplicações Práticas Iniciais	95
4.4.2	TRL 3 – Função crítica ou prova de conceito	95
4.4.3	Validação da Tecnologia	96
4.4.4	Determinação de Temperatura e Umidade.....	96
4.4.5	TRL 5/6 - Modelo tecnológico em um sistema ambiente relevante	98
4.4.6	TRL 7 Demonstração da tecnologia em ambiente operacional.....	98
4.4.7	TRL 8 – Resultados dos testes e demonstrações	99
5	QUESTÕES ÉTICAS.....	99
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	100
6.1	SELEÇÕES DE PORTFÓLIO E MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO	100
6.2	TIPOS DE TRATAMENTO APLICADOS AS EXCRETAS.....	106
6.3	GERENCIAMENTO E APLICAÇÃO DOS PRODUTOS GERADOS A PARTIR DO TRATAMENTO DAS EXCRETAS	108
6.4.2	TESTE ORGANOLÉPTICO - ANÁLISE DA HEDONICIDADE	112
6.5	ANÁLISES DO NÍVEL DE MATURIDADE TECNOLOGIA – TRL's.....	126
6.5.1	TRL 3 e 4 Prova de conceito e validação da tecnologia	129
6.5.2	Determinação de Temperatura e Umidade (TRL 3/4)	129
7.1.1	TRL 5/6 - Modelo tecnológico em um sistema ambiente relevante (solo)	139
7.1.2	TRL 7 Demonstração da tecnologia em ambiente operacional...	142
7.1.3	TRL 8 – Resultados dos testes e demonstrações	145
7	CONCLUSÃO	147
8	RECOMENDAÇÕES	148
9	REFERENCIAS.....	149
	ANEXO 1 FORMULÁRIO DE MONITORAMENTO DE ODORES.....	167
	ANEXO 2 FORMULÁRIO DE ACESSIBILIDADE E USABILIDADE.....	168
	ANEXO 3 QUESTIONÁRIO PARA SELEÇÃO DO JÚRI	169
	ANEXO 4 PAINEL DE USO DO SANITÁRIO SECO	170

1. INTRODUÇÃO

O grande consumo de água provocado pelo aumento da população e o desenvolvimento industrial em conjunto com as variações climáticas preocupam em relação à preservação dos recursos hídricos. O déficit de saneamento é ainda mais alarmante e está diretamente relacionado à escassez de água. Aproximadamente 1,2 bilhões de pessoas defecam à céu aberto (WHO, 2008).

As tendências de demanda da água para uma população mundial em crescimento e em urbanização levantaram sérias preocupações e são frequentemente denominados —desafios globais, que incluem as alterações climáticas, poluição, demandas de água doce, alimentos e energia (KUMAR, 2008). Discussões acerca do saneamento relacionadas com a segurança hídrica e alimentar têm sido tema de vários debates e fóruns importantes, além disso, um dos objetivos do desenvolvimento sustentável é a redução de pessoas sem acesso ao saneamento até 2030.

Considerando as tendências atuais, segundo Thibodeau et. al., (2014), é necessário que ocorra uma mudança de paradigmas na gestão da água e do esgoto sanitário para balancear a disponibilidade deste recurso. Seu tratamento e reuso através de alternativas tecnológicas de maior eficiência energética dão suporte a implementação dos conceitos nexus água – energia - alimento (SALGOT & FOLCH, 2018). Para Novotny (2010) há uma necessidade de alterar o modelo de metabolismo das cidades, para um que irá reutilizar e reciclar a água. Essa mudança de paradigma reconfiguraria as cidades, trazendo um modelo inteligente com os recursos disponíveis do saneamento.

A contribuição do saneamento pode amenizar problemas socioambientais, principalmente quando há a recuperação e a reciclagem dos nutrientes que são geralmente descartados nas excretas humanas, carregadas com água no modelo convencional de saneamento. Dentro desse contexto, medidas de tratamento e reuso podem contribuir para que ocorra o fechamento do ciclo de

uso da água e o fechamento do ciclo dos nutrientes. (GUEST et al., 2009, WERNER et al., 2009; KARAK e BHATTACHARYYA, 2011).

Existem tecnologias que podem promover a recuperação dos nutrientes lançadas no esgoto, sendo uma delas as bacias sanitárias secas, que transformam os excrementos humanos em material seguro para ser utilizado como fertilizante agrícola. Os sanitários secos coletam urina e as fezes separadamente a partir de uma bacia sanitária com uma configuração especial. As fezes são tratadas por um determinado tempo através da compostagem e desidratação. A urina é armazenada e, posteriormente, pode ser usada como biofertilizante, devolvendo os nutrientes ao solo.

Nesse aspecto, a utilização de sanitários secos levaria a uma diminuição na demanda hídrica urbana, por promoverem a conservação de água e reduzirem a pressão sob os recursos naturais. Ainda hoje, as práticas de saneamento seco só são difundidas como alternativas em locais em que o saneamento convencional não está disponível, e não como uma forma de conservação dos recursos que viabilizam o aproveitamento da energia e nutrientes presentes nos dejetos humanos. Não obstante, é fato que o saneamento seco é capaz de gerar economias significativas, tanto nas etapas de captação, tratamento e distribuição de água, quanto na coleta, tratamento e disposição de esgoto. Dessa forma, faz-se necessária a implantação de sistemas alternativos de saneamento, principalmente nas localidades desprovidas de recursos naturais e rede de coleta, transporte e tratamento de efluentes.

Existem diversos modelos de sanitário seco, mas todos têm o mesmo objetivo em comum. Os parâmetros projetuais precisam ser considerados desde a etapa de planejamento até a operação, tendo em vista que, por ser uma alternativa tecnológica pouco conhecida, muitos potenciais usuários acabam apresentando um preconceito com a mesma. Ressalta-se que muitos sanitários secos são construídos sem projeto de engenharia, o que resulta em banheiros mal construídos e insalubres, reclamações quanto ao mau cheiro por parte dos usuários, descontrole do acúmulo de excretas nas câmaras de acumulação, processos de tratamentos incompletos e a presença de vetores. Por tais motivos, ocorre a discriminação por parte dos formuladores de planos de

saneamento, do governo e dos próprios usuários em vários locais do mundo. À vista disso, os projetos de banheiro seco precisam considerar aspectos de engenharia, segurança, acessibilidade, confiabilidade e higiene.

Portanto, em que pese os conhecidos benefícios do saneamento seco sob a ótica ambiental, surge um questionamento: qual nível de maturidade tecnológica os equipamentos do saneamento seco (bacias sanitárias secas) possuem atualmente? A tecnologia de bacia sanitária seca está pronta para ser utilizada com ampla aceitação na sociedade?

Neste contexto, essa pesquisa realizou inicialmente um mapeamento bibliométrico acerca do saneamento inteligente, muito especificamente enfocando o saneamento seco e o aproveitamento dos recursos contidos nas excretas humanas. Foi avaliado, através de metodologia específica, o nível de maturidade tecnológica de um banheiro seco separador de urina e fezes, com ênfase na sua produção e comercialização como ferramenta de práticas para recuperação dos recursos, foram realizados testes de monitoramento de odores, avaliação do uso e aceitação da bacia sanitária seca com a aplicação de questionário semi-estruturados e monitoramento de temperatura e umidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar a aceitação pelos usuários e o nível de maturidade tecnológica de um banheiro seco capaz de coletar separadamente a urina e as fezes humanas.

2.2 Objetivos Específicos

- 1- Realizar um mapeamento bibliográfico acerca da bacia sanitária seca;
- 2- Avaliar a percepção olfativa de um banheiro seco separador de urina e fezes;
- 3- Avaliar a aceitação de um modelo de bacia sanitária seca;
- 4- Avaliar o nível de prontidão tecnológica de um modelo de bacia sanitária seca.

3 REVISÃO BIBLIGRÁFICA

3.1 Saneamento Básico

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é: —... o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. É o conjunto de medidas adotadas em um local para melhorar a vida e a saúde dos habitantes, impedindo que fatores físicos de efeitos nocivos possam prejudicar as pessoas no seu bem-estar físico, mental e social. (WHO/UNICEF, 2017). Dentre os diversos fatores ligados diretamente ao saneamento, um dos que mais afetam o meio ambiente é o esgoto sanitário, que pode ser definido basicamente como —o abastecimento de água da comunidade após ter sido utilizado em uma variedade de aplicações e que agora contém constituintes que o torna inadequado para a maioria dos usos sem tratamento (Metcalf & Eddy, 2014).

O esgoto sanitário pode afetar a qualidade e, diretamente, a quantidade dos recursos hídricos. A água potável pelo mundo está diminuindo a cada ano e seus problemas consequentes estão cada vez mais sérios, principalmente pelo lançamento de esgoto sanitário sem o devido tratamento nos corpos receptores. Nos grandes aglomerados urbanos, onde hoje vive a maior parte da população mundial, a situação é ainda mais grave. Nos seus centros e em suas periferias, a população de menor renda é a que mais sofre com o decréscimo das fontes de água potável disponíveis, com as doenças que se relacionam com o saneamento e também com os impactos gerados a partir da degradação do meio ambiente (ALVES, 2009). Portanto, segundo Schoen et. al., (2017) o planejamento de um sistema comunitário sustentável requer compreensão e avaliação abrangentes do sistema integrado de saneamento com qualidade, levando em consideração seu ciclo de vida.

Portanto, o saneamento básico é uma das peças fundamentais para o desenvolvimento urbano sustentável, e de acordo com as previsões do Fundo de População das Nações Unidas, para 2035 estimam que a população urbana mundial corresponda cerca de 60%, dentro da qual, a grande maioria viverá em

bairros e assentamentos desfavorecidos. Isto posto, é muito importante procurar soluções sustentáveis, que permitam que o atual número de 2.6 bilhões de pessoas sem acesso ao saneamento básico adequado, seja drasticamente reduzido (UN, 1987).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), estima-se que 32% da população brasileira conta com a coleta e o tratamento de esgoto sanitário. Como consequência da falta de tratamento de esgoto para uma boa parte da população, mais de 2.500 crianças morrem por ano. Os investimentos em saneamento no país são de, aproximadamente, um terço do necessário, sendo gastos 0,22% do PIB, quando seria necessário 0,63%. Como resultado, se gasta até quatro vezes mais com saúde por problemas decorrentes dessa falta de saneamento.

Os efluentes são causadores de impactos ambientais negativos, que só podem ser reduzidos ou até mesmo extintos com investimentos no tratamento (LUTHI et al., 2011). Os sistemas sanitários das excretas humanas foram projetados com o uso de água como meio de transporte, e a parte da população que possui um banheiro depende de sistemas convencionais de esgotamento sanitário. Esrey et al. (1998) define que os sistemas convencionais se limitam a duas categorias: os baseados em redes de transporte de água (sistemas de descarga) e os que centram em sistemas de fossa séptica (sistemas de acumulação). Em ambos os sistemas o meio ambiente é poluído, os nutrientes são descartados e diversos problemas de saúde são criados porque os sistemas baseiam-se na premissa de que os resíduos que nós eliminamos não têm valor representativo e devem ser descartados. Para Schuzte, Bracken e Parkinson (2011) o motivo da ascensão do esgotamento sanitário e cessão da reutilização dos excrementos humanos se deram principalmente pelo crescimento dos assentamentos, aumento do consumo de água e uso de descargas sanitárias, produção de fertilizantes sintéticos e as intervenções políticas.

O cenário do saneamento adequado para o esgotamento sanitário é mais grave ainda por todo o mundo. São 2,4 bilhões de pessoas no mundo que vivem sem um esgotamento sanitário adequado. Em 2014, apenas 68% da

população mundial tinha acesso ao esgotamento adequado, contra os 77% esperados dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Mais de um bilhão de pessoas no mundo ainda não possui acesso a um banheiro, sinalizando que continuam a fazer suas necessidades fisiológicas ao ar livre, uma prática muito problemática, por representar um foco contínuo de doenças e de contaminação da água (WHO, 2014), promovendo também um aumento no risco de consumo de água contaminada, tendo em vista que milhões de pessoas não possuem acesso ao esgotamento sanitário (WHO/UNICEF, 2017).

No Brasil, a situação não difere muito ao do resto do mundo. O SNIS (2016) mostra que apenas 51% da população brasileira tem acesso à coleta de esgoto. Além disso, são 4 milhões de brasileiros sem acesso a um banheiro. Apenas 44% dos esgotos coletados no país são tratados. Em termos de volume, as capitais brasileiras lançaram 1,2 bilhão de m³ de esgotos brutos na natureza em 2013. A região Norte do Brasil é a que está em pior situação nos dados de esgotamento sanitário: apenas 18% do esgoto é tratado e o índice de coleta é de 10%; seguida pela região Nordeste, com apenas 36,22% do esgoto tratado e com índice de coleta de 26% (Instituto Trata Brasil, 2015).

Logo, se faz necessária a implantação de sistemas alternativos de saneamento, principalmente nas localidades desprovidas de recursos naturais e rede de coleta, transporte e tratamento de efluentes. Uma alternativa é a adoção de práticas de saneamento baseada nos recursos, também conhecido como saneamento inteligente, que parte se baseia na recuperação dos recursos.

3.2 SANEAMENTO BASEADO EM RECURSOS

O objetivo principal de um sistema de saneamento segundo a Aliança de Saneamento Sustentável (Sustainable Sanitation Alliance – SuSanA, 2011) é proteger e promover a saúde humana assegurando um ambiente saudável e neutralizando o ciclo de disseminação de doenças. Diante disso, uma nova perspectiva no contexto do saneamento denominada *Ecological Sanitation* - *EcoSan*, derivado da abreviação em língua inglesa de Saneamento Ecológico, oferece uma filosofia de lidar com aquilo que é atualmente considerado

resíduo. Esta abordagem cíclica considera os excrementos humanos como recursos. Atualmente, pesquisas acerca do tema trazem como classificação o saneamento inteligente ou aquele que foca na recuperação dos recursos.

O saneamento baseado em recursos é um conceito flexível em que o principal objetivo se dá na ciclagem dos nutrientes, aperfeiçoando o gerenciamento dos nutrientes e os recursos hídricos, o que reduz o risco à saúde, melhora a qualidade das águas, melhora a qualidade e a fertilidade do solo (COHIM e KIPERSTOK, 2007). Não existe a necessidade do uso direto de água potável; além disso, os sistemas são simples, flexíveis, baratos e de fácil instalação e operação *in loco*.

Nesta perspectiva, é necessário tratar de sistemas de saneamento que reduzam o consumo de água, energia e solucionem a poluição gerada. Uma alternativa está no saneamento baseado nos recursos (ESREY et al., 1998), que representa uma mudança na maneira como as pessoas pensam e agem com relação às excretas. Trata-se de uma abordagem que valoriza o fechamento do ciclo de nutrientes e evita a abordagem linear de jogá-los foral. É 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.

Para demonstrar essa abordagem, Magri (2013) apresentou uma comparação entre sistemas convencional e o baseado nos recursos, dando ênfase nas emissões de poluentes no meio hídrico e o consumo de energia nos dois sistemas. Atualmente existem diferentes escolhas tecnológicas para promover o aproveitamento das excretas. O quadro 1 demonstra a comparação entre os sistemas, considerando a segregação com o tratamento e a disposição final das águas cinzas, e o aproveitamento das águas negras para produção de biogás e o reuso como fertilizante agrícola.

Quadro 1: Comparação da emissão de poluentes e do consumo de energia nos sistemas de saneamento convencional e ecológico.

Saneamento convencional com tratamento avançado de esgoto sanitário		Saneamento focado nos recursos com a segregação entre águas cinzas e negras	
Emissões		Emissões (águas cinzas)	
DQO	3,60 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹	DQO	0,80 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹
DBO5	0,40 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹	DBO5	0,10 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹
N total	0,73 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹	N total	0,20 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹
P total	0,07 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹	P total	0,01 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹
K total	>1,70 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹	K total	≤0,60 kg.p ⁻¹ .ano ⁻¹
Consumo (-) de energia		Consumo (-)/Ganho (+) de energia	
Abastecimento de água	-25 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹	Abastecimento de água	- 20 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹
Tratamento de esgoto	-85 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹	Coleta de esgoto segregado à vácuo	- 25 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹
-	-	Tratamento de águas cinzas	- 2 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹
-	-	Transporte de lodo	- 20 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹
-	-	Produção de biogás	+110kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹
-	-	Substituição de fertilizantes	+ 60 kWh.p ⁻¹ .ano ⁻¹
Balanço final	-110kWh.p⁻¹.ano⁻¹	Balanço final	+ 103kWh.p⁻¹.ano⁻¹

Fonte: Adaptado de OTTERPOHL, (2000).

O novo conceito de saneamento inteligente que enfoca na recuperação dos recursos, reconectando a cadeia do saneamento à agricultura, promovendo a ciclagem dos nutrientes, de forma a reduzir o risco à saúde, se relacionado com o saneamento, melhora a qualidade das águas, aperfeiçoa o gerenciamento de nutrientes e recursos hídricos, há a diminuição da utilização de água com a função de transportar excretas, melhora a qualidade do solo com o uso das excretas, como fertilizantes e condicionante dos solos, e o uso de sistemas descentralizados para o gerenciamento dos produtos gerados é o paradigma da atualidade (COHIM e KIPERSTOK, 2007). Em 2000, foram reconhecidos os pensamentos trazidos pelo saneamento baseado nos recursos, conhecidos como -Princípios de Bellagioll, estabelecidos durante uma

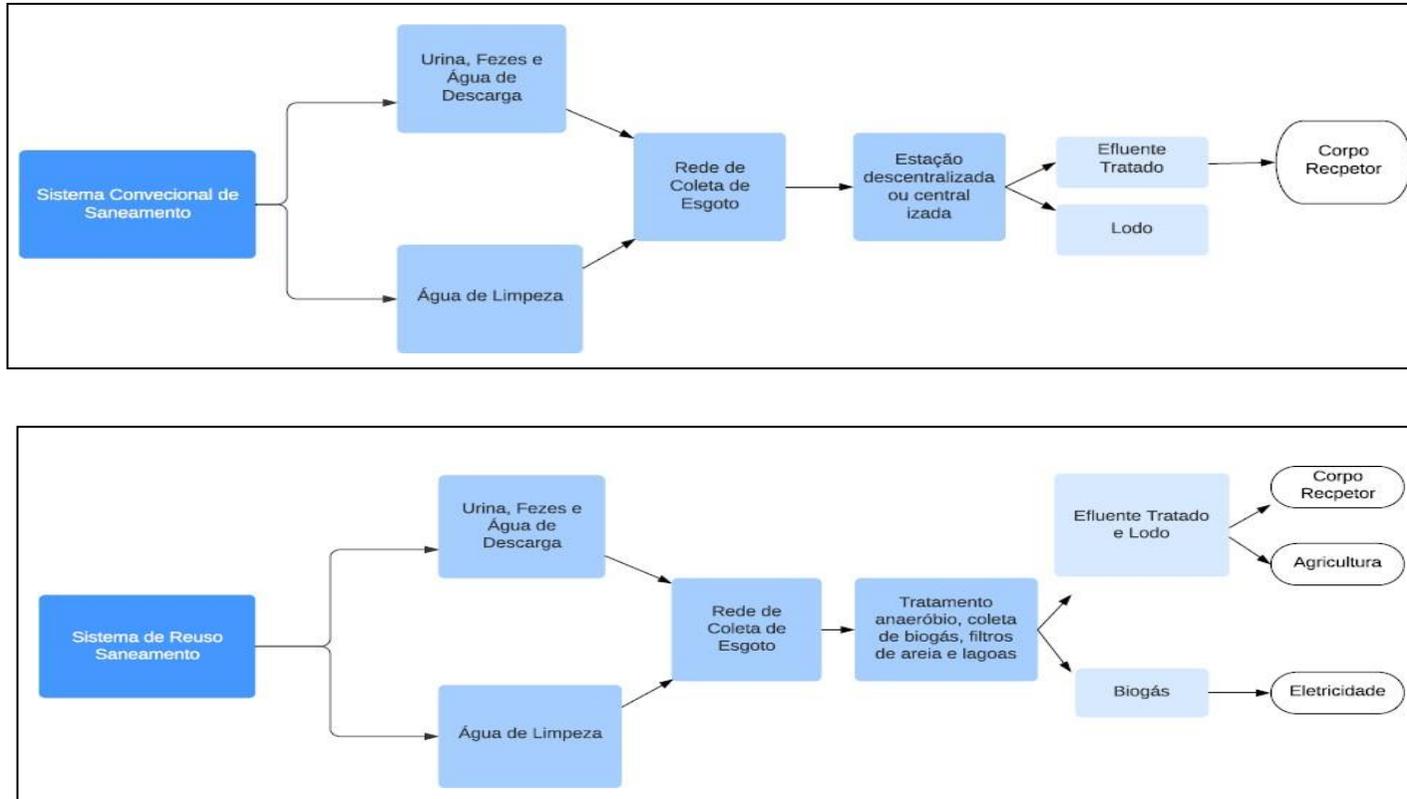
Conferência entre especialistas, que aconteceu em Bellagio/Itália, pertencentes ao *Environmental Sanitation Working Group do Water Supply and Sanitation Collaborative Council*, da Organização Mundial da Saúde e das Nações Unidas, em que ficou assegurado a necessidade de modificações nas políticas e práticas convencionais, de maneira que se possa acelerar o progresso, visando a universalização do acesso ao saneamento ambiental seguro.

Segundo Aquino (2005), o aproveitamento das excretas humanas foi praticado nas grandes cidades, como forma de descarte de seus dejetos. Diferentemente dos países ocidentais, em alguns países orientais, o aproveitamento das excretas é uma prática realizada há milhares de anos, sobretudo na China, onde os agricultores os utilizam para a adubação orgânica nas plantações (AQUINO, 2005). Historicamente, países como China, Japão e Coréia são conhecidos pelo aproveitamento da urina e das fezes na agricultura (ESREY et al., 1998).

Segundo Steinfeld; Del Porto (2000), por muitos anos, muitos consideravam essas práticas como uma alternativa a ser aplicada apenas aos países em desenvolvimento. Contudo, as evidências apontam para outra realidade, como as experiências bem sucedidas, além de salvar a água para outros usos mais nobres, esses sistemas mantêm as águas negras (fezes) separadas de outras águas residuárias, podendo ser tratadas aerobiamente. Para Langergraber; Muellegger (2005), não é apenas uma solução para pessoas pobres, mas sim soluções consideradas apropriadas conforme as peculiaridades locais.

No Brasil, práticas de aproveitamento dos recursos provenientes do esgoto ainda são pouco utilizadas e conhecidas. Medeiros (2019) trouxe em sua pesquisa uma abordagem esquemática do modelo empregado de esgotamento sanitário no Brasil com uma releitura proposta por Panesar e outros (2011), conforme figura 1.

Figura 1: Modelos de saneamento convencional e modelo de saneamento baseado em recursos no contexto nacional

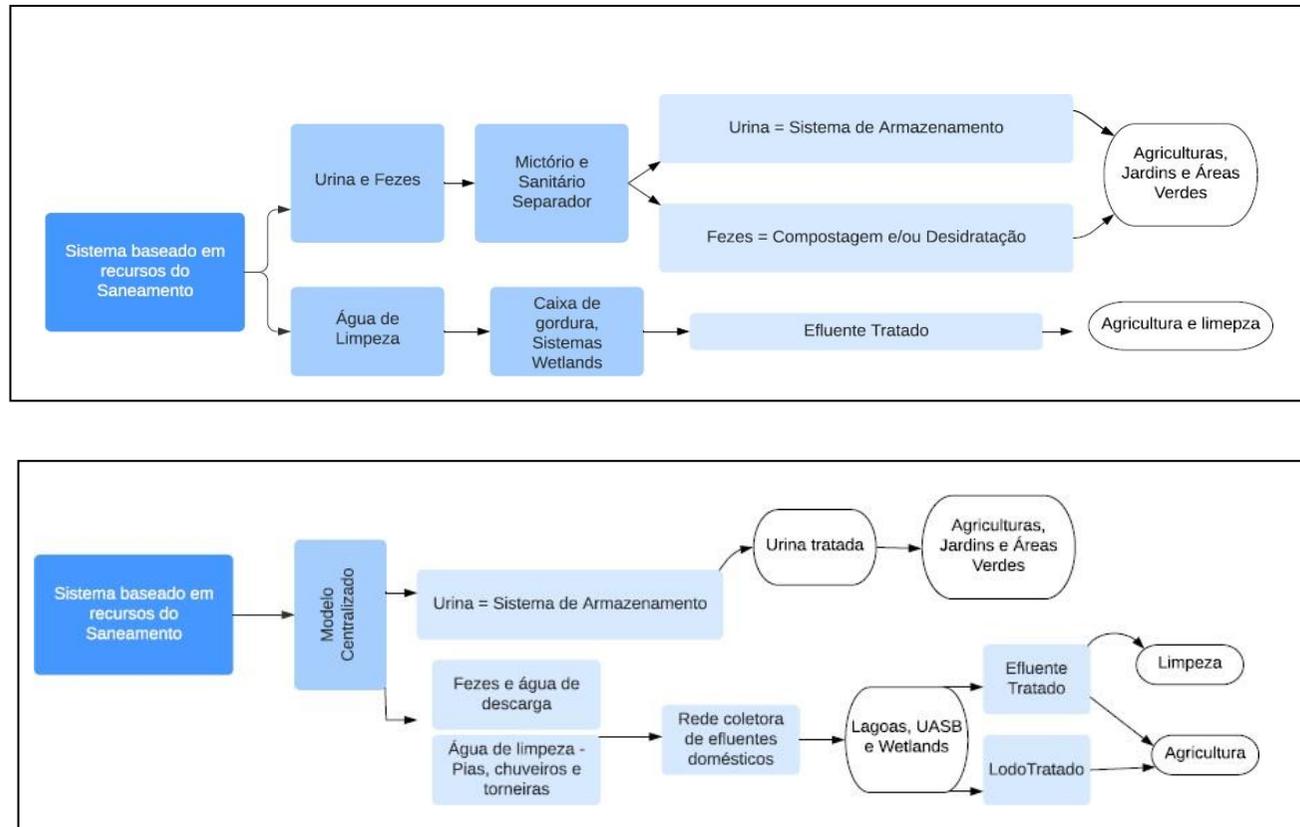


Fonte: Adaptado de Medeiros, 2019.

O cenário no Brasil para esgotamento sanitário mistura todas correntes de efluente doméstico e, após o tratamento, destina o efluente em corpo receptor. O cenário melhorado considera a otimização do sistema, com aproveitamento parcial dos recursos das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE, principalmente biogás e lodo, onde o reuso é aplicado na agricultura e o biogás pode ser utilizado como recurso para produção de energia. O reuso de efluente ainda é classificado como não-potável. Porém, existem modelos que propõe o aproveitamento dos recursos como, por exemplo, a destinação do efluente cinza para a ETE com reuso não potável, e o reuso do efluente amarelo e marrom ou o reuso do efluente amarelo e a distinção do efluente cinza e marrom para a ETE com reuso não potável, como alternativas iniciais para o reuso dos recursos que, na maioria das vezes, são descartados e vistos como algo que pode ser reutilizado no Brasil. Além disso, os modelos de tratamentos na categoria de melhorado e de reuso podem ser distintos do modelo convencional como, por exemplo, a utilização de lagoas para o tratamento dos efluentes.

O saneamento focado nos recursos propõe o aproveitamento dos recursos naturais a partir do efluente doméstico. Os usos de sanitários separadores e mictórios promovem a segregação adequada, gerando um sistema propício para aplicação das fezes e urina na agricultura, nos jardins e áreas verdes das cidades. No caso do modelo centralizado, após tratamento do efluente os mesmos podem ser utilizados em como não potáveis como, por exemplo, em limpezas de áreas públicas, caso atendam aos padrões de qualidade estabelecidos para tal uso, conforme ilustra a figura 2.

Figura 2: Modelo descentralizado e centralizado do saneamento baseado em recurso



Fonte: Adaptado de Medeiros, 2019

Desta forma, pesquisas apontam para a recuperação e reuso das excretas humanas (fezes e urina), entendendo que estes são dois componentes com características diferentes, e que seu tratamento e reuso individual possibilitam formas de aproveitamento eficientes dos seus componentes, além da facilidade de remoção de patógenos (ESREY et al., 2001), dentro de um panorama de segurança hídrica e alimentar, respeitando o valor econômico dos nossos resíduos (Magri, 2013).

3.3 SANEAMENTO BASEADOS RECURSOS DE FORMA INTELIGENTE

Além disso, atualmente, o saneamento baseado na recuperação dos recursos também é classificado como uma alternativa inteligente da economia do saneamento, sendo uma nova maneira de vê-lo projetado para custos, recuperação, oportunidades, geradores de rendas e sistemas de resiliência. O uso de recurso digital é uma ferramenta primordial nesse conceito, para aprimorar os processos e, ao mesmo tempo, torná-los mais eficientes, criativos e sustentáveis.

Segundo Toilet (2018), dentro do contexto inteligente o saneamento pode ser incluído em diversos setores das cidades como, por exemplo, na arquitetura das cidades através do monitoramento de dados, uso de banheiros comunitários, operações de tratamento de esgoto, circulação de doenças infecciosas e outros indicadores de saúde. No modelo inteligente os dados são aprimorados, permitindo a tomada de decisão mais eficiente que levará a economia de custos para a cidade, gerando renda em parceria com o setor privado. O saneamento inteligente é projetado para fornecer informações e tornar a vida de um cidadão não apenas mais fácil, mas também mais saudável, gerando um ambiente limpo, seguro e sustentável.

Na visão do SI, os resíduos humanos precisam de uma nova classificação, que contenham nutrientes, energia e água. Sendo assim, Toilet Board (2018) adotou o nome de -recursos sanitários!. Este novo conceito está ligado diretamente à visão do saneamento baseado nos recursos, que tem como objetivo principal recuperar água, energia e alimento das excretas humanas.

Em paralelo ao tema da pesquisa, na visão inteligente do saneamento os sanitários devem coletar recursos que poderão ser reutilizados dentro da economia circular de saneamento e atuar como uma interface para capturar os dados sobre o comportamento dos usuários como parte da economia inteligente de saneamento, denominando-se -economia do banheiro. Dentro do conceito de saneamento inteligente, o banheiro é uma tecnologia fundamental para a recuperação dos recursos. Além disso, o saneamento inteligente traz em sua sùmula o conceito da economia circular de saneamento, que conecta o ciclo biológico, recuperando nutrientes, água e recursos sanitários, além de criar produtos que agregam valor, como energia renovável, fertilizantes orgânicos, proteínas e muito mais, atendendo a múltiplas formas de resíduos biológicos. Com a adição da tecnologia digital, não somente as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) podem aumentar sua eficiência operacional e rendimentos de produtos utilizáveis, mas também acessam com eficiência os mercados para esses produtos. O monitoramento do fluxo de recursos pode contribuir para reutilizar estratégias que podem fornecer um caminho para a recuperação de custos da infraestrutura de saneamento e novos fluxos de receita, relacionando-se com outro conceito importante que é o da Economia Inteligente de Saneamento, que busca conectar as informações dos sistemas de saneamento para as pessoas que tomam decisões, sejam elas operadores das estações de tratamento, governo, operadores de negócios de saneamento, profissionais de saúde ou cidadãos individuais. Com acesso a mais informações, como tráfego de pedestres de sanitários públicos ou indicadores de nutrientes e saúde nos recursos sanitários, cada grupo de partes interessadas pode tomar decisões mais orientadas por dados.

Esses três conceitos: economia circular do saneamento, economia inteligente do saneamento e a economia do banheiro, relacionam-se entre si, gerando ganhos na recuperação dos recursos.

Figura 3: Relação das economias do saneamento inteligente como soluções de negócios em saneamento sustentável inteligentes.



Fonte: Adaptado de Toilet Board, 2018.

A figura 3 mostra a relação entre as economias do saneamento, em que a bacia sanitária é uma ferramenta que pode proporcionar possibilidades de negócios inovadores e escalonáveis no setor do saneamento, a fim de relacionar todos os setores da sociedade e incentivar a replicação do conceito. Neste cenário, o uso de dados móveis, redes tecnológicas de negócios e informações conseguem disseminar de uma maneira mais rápida e ampla todas as informações. Softwares instalados nos modelos modernos dos sanitários, por exemplo, podem ser propícios para alcançar os objetivos de economia do saneamento circular que são, basicamente: minimizar e reutilizar resíduos, gerando e capturando dados que podem agregar valor e gerar um produto que é o objetivo principal da economia inteligente de saneamento. A economia circular refere-se aos resíduos como recursos sanitários que tem um potencial significativo para alimentar um determinado sistema que substitui o gerenciamento tradicional por uma abordagem circular, conectando o ciclo

biológico dos resíduos para criar produtos de valor agregado, como energia e fertilizantes, por exemplo, e os sistemas de saneamento digitalizados aperfeiçoam todos esses dados para gerar uma eficiência operacional, além de informações sobre o uso do consumidor. No modelo inteligente, o saneamento é incluído na arquitetura geral das cidades, que monitora os usos dos sanitários, as formas de tratamento, proporciona a criação de indicadores ambientais e de saúde e consegue detectar a necessidade de manutenção, melhorias e continuidade em todo o sistema.

3.4 SANITÁRIOS SECOS

De acordo com Devkota et al. (2013), os sanitários de secos são uma tecnologia emergente aplicável para a recuperação dos recursos do esgoto sanitário, sendo uma das principais tecnologias com ênfase na recuperação dos nutrientes presentes nas excretas humanas.

Existem hoje diversos modelos de banheiros secos ou banheiros com vasos sanitários que operam com pouca quantidade de água, adaptáveis a áreas rurais ou a áreas urbanas. Nas áreas urbanas, atualmente, tem-se implantado sistemas com a segregação de águas cinzas e negras. Para geração de águas negras os vasos sanitários com baixos volumes de água de descarga (entre 0,1 e 1,0L) tem tornado os sistemas mais sustentáveis (MAGRI, 2013).

De uma maneira geral o sanitário seco é dotado dos seguintes equipamentos:

- Bacia Sanitária – Dispositivo de assentamento com tampa. Podendo ser do tipo separador, ou seja, onde a bacia é compartilhada conforme mencionado no parágrafo anterior;
- Tubo condutor de excretas – Conduz as excretas coletadas para a câmara de estocagem (e, eventualmente, de tratamento). Se a bacia sanitária for separadora, existirão dois tubos independentes para a coleta segregada de fezes e de urina.
- Câmara de coleta das excretas – Pode ser um reservatório exclusivamente utilizado para acumulação e transporte, mas também pode ter a função de tratar as excretas. Se a bacia sanitária for

separador, o banheiro será dotado de câmaras independentes para fezes e para urina.

- Sistema de ventilação – Permite o escoamento e a disposição na atmosfera dos gases odorantes gerados no banheiro.

Segundo Berger (2010) e Morgan (2007), o sanitário seco é uma unidade que não precisa de água para o seu funcionamento básico, ou seja, é um sistema de tratamento dos dejetos humanos a seco, funcionando como uma alternativa eficiente para a solução de problemas de saneamento básico e recursos hídricos, tendo em vista que seu uso não utiliza água para o descarte ou transporte das excretas. É uma tecnologia consagrada em diversos países do mundo e, basicamente, utiliza o processo de compostagem e desidratação para transformação das fezes em composto orgânico (ALVES, 2009), normalmente utiliza-se um material para cobrir as fezes após cada defecação, sendo que este material varia em função do tratamento a ser aplicado posteriormente nas excretas.

A separação das excretas neste contexto é realizada por meio de sanitário que pode ser equipado com uma bacia compartimentada, ou possuir bacias específica para fezes e urina, caso seja do tipo separador o sanitário terá uma na frente para a coleta da urina e a outra, na parte de trás, para o material fecal. Assim, a urina é, supostamente, coletada de forma totalmente separada, e transportada por sistemas de tubulações, sendo direcionada aos tanques de armazenamento (HELLSTRÖM et al., 1999) e as fezes para câmara específica. A separação é benéfica no sentido de facilitar o tratamento e a manipulação das fezes, que ficam menos úmidas, e também acaba por potencializar a concentração de nutrientes na urina.

Desta forma, destacam-se principais vantagens e desvantagens de um sistema de sanitários seco. Entre as vantagens, estão:

- Redução no consumo de água;
- Proteção dos recursos hídricos;
- Fonte de Nutrientes e produção de fertilizante orgânico;
- Tecnologia simples e fácil de ser replicada;

- Divulgação prática de sistemas de saneamento sustentável.

Quanto às desvantagens, podemos enumerar:

- Necessidade de educação e orientação adequada para seu uso;
- Necessidade de obtenção e adição de material orgânico seco;
- Tratamento e sanitização dos dejetos podem requer mais tempo e conhecimento técnico;
- Sistema requisita aceitação cultural.

As figuras 4, 5, 6, 7,8 e 9 apresentam exemplos de sanitários secos.

Figura 4: Sanitários com recipientes móveis. Fonte: Jenkis (2005)



Figura 5: Sanitários com Separador. Peru. Fonte: Rotária (2015)



Figura 6: Vaso sanitário segregador de banheiro seco - Gana. Fonte: Magri, 2013.



Figura 7: Vaso sanitário segregador de banheiro seco – prédio GIZ, Eschborn, Alemanha. Fonte: Magri, 2013



Figura 8: Separador a base de água. Fonte: Ecovita, 2016



Figura 9: Vaso sanitário segregador a vácuo (1L/fezes, 0,5L/urina) - prédio GIZ, Eschborn, Alemanha. Fonte: Magri, 2013.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.4.1 TIPOS DE SANITÁRIOS SECOS

Atualmente, existem diversos modelos de sanitários secos, porém todos partem do mesmo princípio, que é segregação das excretas humanas separadamente, com foco no tratamento e uso.

De acordo com Del Porto e Steinfeld (2000), os banheiros secos podem ser classificados como: auto coletores ou centralizados. Os banheiros podem ser chamados de auto coletores quando o vaso sanitário é um pequeno coletor, em que normalmente são usados individualmente em residências unifamiliares ou edificações de pequeno porte. Já os centralizados ou remotos são a junção de várias bacias sanitárias conectadas a uma câmara coletora localizada em um local diferente.

Os modelos auto coletores compreendem um assento ligado a um recipiente móvel, geralmente pequeno, para armazenagem intermediária. Devido à sua forma compacta, pode ser instalado ao nível do solo, de modo que o material coletado deve ser transportado quando cheio para outro local, onde receberá o tratamento. A retirada do material do coletor é feita com frequência, pois seu volume não deve ser muito grande, a fim de possibilitar o transporte (MUCH e BERGER, 2009).

Segundo Much e Berger (2009), nos modelos centralizados o vaso sanitário e o recipiente de armazenamento são conectados através de uma tubulação, em que o material é diretamente transportado para a câmara onde será armazenado. Um modelo centralizado pode ser constituído de uma única câmara, na qual o excremento é adicionado pelo topo e o produto final é removido por baixo ou de duas ou mais câmaras intercambiáveis.

Além dos modelos supracitados, os modelos também podem ser de diferentes maneiras como, por exemplo, classificado pelo processo de alimentação contínua ou descontínua. No caso de sanitários com alimentação contínua, os sanitários não requerem interrupção de funcionamento para efeito de manutenção. As excretas são introduzidas em uma câmara coletora com fluxo próximo do pistão, sendo retiradas e tratadas ao final do percurso de escoamento. Já na alimentação descontínua, as interrupções de funcionamento são necessárias em um determinado intervalo de tempo para que o esvaziamento da câmara ocorra quando estiverem cheias.

Para Castillo (2002), as bacias secas são classificadas basicamente em dois tipos: separadores de urina e fezes (Urine Diverte Toilets – UDDT), em que nesses casos os modelos separadores consistem em um assento especial que separa as fezes da urina no momento que são excretadas. Deste modo, a urina é dirigida a um coletor separador para posterior descarte ou aproveitamento como biofertilizante, por exemplo.

Jenkins (2005) classifica os tipos de recipiente coletor de acordo com os processos e funções de maneira como as excretas são gerenciadas após a excreção. Vejamos:

Sistemas de recipientes móveis, em que as excretas podem ser coletadas separadamente e estocadas em recipientes móveis para posterior tratamento.

Sistema de carrossel, que normalmente são pré-fabricados em forma circular com vários compartimentos, que é girado para posicionar o compartimento vazio sob o sanitário a cada vez que o anterior atingir o ponto limite de enchimento.

O sistema de múltiplas câmaras, que é constituído de duas ou mais câmaras posicionadas sobre um compartimento intercambiável, no qual as câmaras são cheias uma de cada vez. Isso permite que o material armazenado em uma câmara avance no processo de tratamento enquanto a outra câmara é usada. O período de uso intensivo de uma câmara corresponde ao tempo de compostagem das excretas na outra. Obviamente, ao final deste período, a câmara deve ser esvaziada para poder entrar em funcionamento de coleta novamente. (DEL PORTO e STEINFELD, 2000).

Sistemas de câmara única, as excretas são coletadas conjuntamente e estocadas em um recipiente único. Quando o recipiente enche, o funcionamento do sanitário deve ser interrompido para seu esvaziamento. Assim sendo, quando cheios, o sanitário é substituído. Segundo Rieck e Muench (2011), existem os projetos de câmara única, que tem o mesmo funcionamento básico de uma câmara única. Porém, após enchimento da câmara as fezes são direcionadas para leiras de compostagem. O maior diferencial entre os dois sistemas é em relação ao tempo de armazenamento e a realização do tratamento primário (desidratação) no interior da câmara.

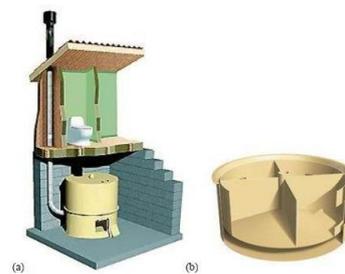
Vale ressaltar que muitos modelos são industrializados e comercializados de acordo com as normas e padrões vigentes como, por exemplo, a norma americana - NSF/ANSI 41-2018, que trata de questões projetuais das bacias sanitárias secas. Além disso, muitos sanitários também são construídos localmente pelos próprios usuários com ou sem assistência técnica.

Segundo Demenighi (2012), os diversos tipos de sanitários secos representam uma nova concepção no sistema de saneamento e, como qualquer nova tecnologia, quando implantada, necessita de uma orientação e aceitação por parte dos usuários. Isso, dependendo de questões culturais e socioeconômicas, pode ser conseguido com menor ou maior êxito. A aceitação é maior quando existe uma conscientização ambiental a favor da economia de água e através do interesse na utilização dos nutrientes das excretas, porém, dos modelos citados, a grande maioria são auto coletores, não separadores, com alimentação descontínua, com câmara dupla e construída localmente. O quadro 2 ilustra alguns modelos de sanitários secos existentes.

Quadro 2: Modelos de Sanitários Secos

MODELO DE SANITÁRIO	ILUSTRAÇÃO
<p>Auto-coletor com recipiente móvel. Fonte: Jenkins, 2005.</p>	
<p>Sanitário com múltiplas câmaras Fontes: Ota, 2018.</p>	
<p>Sanitário com câmara Única Fonte: OTA, 2018.</p>	

Sanitário Carrossel
Fonte: Ecotech, 2009



Sistemas Centralizados com coleta do material fecal e sistema de coleta de urina
Fonte: Rotária, 2015.



Sistemas construídos localmente
Fonte: Rotária, 2015



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.5 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Alguns usuários encontram dificuldade em compreender imediatamente o que implica uma bacia sanitária seca. Isso justifica, portanto, a necessidade de projetos de educação e demonstração essenciais para aumentar a aceitação do usuário, os aspectos construtivos estão relacionados diretamente com a aceitação e usabilidade da tecnologia.

Segundo Tilley (2014), os sanitários secos são apropriados para quase todo tipo de clima e o fertilizante produzido por um sanitário é suficiente para recuperar o custo de construção. Esse tem sido um incentivo maior para aderir à ideia de higiene ou conveniência. Literaturas demonstram que o custo da construção de uma UDDT começa em US\$ 307, sendo o modelo mais barato derivado do uso de chapas de ferro em vez de blocos de cimento ou tijolos de terra.

De acordo com Demeninghi et al; (2017) os aspectos construtivos de um sanitário segregador estão relacionados basicamente com os elementos: superestrutura, bacia segregadora, sistema de coleta e armazenamento da urina, câmara de armazenamento das fezes e o tubo de ventilação.

Os componentes supracitados precisam oferecer privacidade, conforto, segurança e acessibilidade para os usuários. Para que isso ocorra recomenda-se que todos os aspectos sejam analisados previamente de acordo com as características socioculturais da região.

Recomenda-se que o espaço mínimo de um sanitário separador considerando que o sistema seja de duas câmaras com assentos intercambiáveis seja de 160cm de largura e 120cm de comprimento, com uma distância de 30cm das paredes (DEMENINGHI et al; 2017). O assento pode ser posicionado sobre bancadas ou pedestal.

Justifica-se a utilização de escadas e/ou ressalto quando o local a ser instalado não proporciona inclinação natural, a fim de comportar as câmaras abaixo do assento. Segundo Demenighi (2012), os sanitários secos instalados

na China, onde é necessária a instalação de escadas, é recomendado que os degraus tenham altura de 150mm a 200mm e que a quantidade de degraus não seja superior a quatro, por requererem mais espaços e não serem seguros para crianças e idosos. Além disso, que sejam instalados mecanismos de apoio para esse público como, por exemplo, corrimão ou quaisquer outras estruturas de segurança adaptável (KUMAR, 2008).

É importante ressaltar que, em caso de necessidade, pode-se utilizar dois aparelhos distintos para a coleta das fezes e urina, por meio dos mictórios, tendo em vista que muitos homens possuem o hábito de urinar em pé. Considerando que o sanitário seco possui sistema de armazenamento de urina, no momento da construção o volume do recipiente de armazenamento precisa atender à demanda de produção de urina do local que está sendo instalado, e para que isso seja calculado multiplicamos a taxa diária de produção por pessoa pelo número de dias de armazenamento desejado, conforme equação abaixo:

$$VTu: Nux Vu x Tarm$$

Sendo:

VTu = Volume do tanque de urina;

Nu = Número de usuários;

Vu = Volume de urina excretado por pessoa/dia;

Tarm = Tempo necessário de armazenamento.

Segundo a ONU, recomenda-se adotar a média de 1,5 litros pessoa/dia.

Para fezes, recomenda-se o uso de câmara que permite a compostagem e/ou desidratação do material fecal durante alguns meses. Pesquisas demonstram um tempo de 6 a 12 meses para que haja um tratamento seguro. Existem diversos tipos de câmaras impermeáveis e que podem ser construídas no próprio local ou em recipientes específicos. Estudos mostram que há a

tendência de compactação do material, criando condições favoráveis de anaerobiose, dessa forma, recomenda-se a construção de câmaras no local. Porém, todos esses aspectos devem ser levados em consideração no momento de elaboração do projeto. O dimensionamento irá depender diretamente do número de usuários e a frequência de utilização, para estimativa recomenda-se utilizar 35 litros de fezes para um armazenamento de um período mínimo de 6 meses, multiplicando pelo número de usuários, conforme a equação a seguir.

$$VC_f = Nu \times 35 \text{ litros}$$

Sendo:

VC_f = Volume da câmara de fezes;

Nu = Número de usuários.

Para justificar o uso de 35 litros, Rieck (2011) afirma que as câmaras devem ser dimensionadas com uma margem de segurança de 20%, tendo em vista que durante o processo pode ocorrer distribuição desigual das pilhas de fezes. Para exemplificar, a equação demonstra um exemplo de cálculo para o dimensionamento da câmara conforme o número de usuários e as variáveis possíveis, sendo:

VC = Volume da câmara;

Nu = Número de usuários;

$$VC = Nu \times (3,78 \text{ Kg} - 15\% + 0,7 \text{ Kg} + 2,88 \text{ Kg}) \times 6^{(**)} - 30\% + 20\% = 35.$$

Onde:

- 3,78 kg - Assumir a média de 0, 129 Kg por pessoa/dia = 3,78 Kg por mês (para dieta brasileira);
- 15% - Período de ausência: subtrair 15% do volume total;
- 0,7 kg – Em casos em que o papel higiênico é depositado dentro da câmara, adiciona-se 0,7 kg/mês por pessoa;

- 2,88 kg – Material secante, volume de 2,88 kg por pessoa/mês;
- (**) - Tempo de armazenamento em meses;
- 30% - Percentual de redução de volume;
- 20% - Margem de segurança.

Outro parâmetro a que se deve atentar no momento da projeção do sanitário seco é a limpeza. Para a urina recomenda-se borrifar água no orifício de captação da urina e no mictório, para as fezes recomenda-se a utilização de tampas nas bacias e adição de material rico em carbono após a defecação, tendo em vista que o mesmo tem um papel auxiliar no tratamento das fezes, e os projetos devem considerar a ventilação interna dentro do sanitário. A tubulação de eliminação dos gases e ventilação deve ser prevista, tendo em vista que a ventilação fornece a exaustão dos odores e umidade. A tubulação opera por meio de efeito sifão, levando os odores para fora do ambiente, podendo ser metálica ou de plástico, e recomenda-se ultrapassar 1m acima do telhado do sanitário. Vale ressaltar que a saída precisa ser vedada para evitar a entrada de água de chuva e insetos, sendo que tal vedação pode ser feita com uso de uma tela resistente, por exemplo.

De acordo com Demeneghi (2012), o piso do sanitário precisa ter uma superfície lisa e durável, para facilitar a limpeza interna, deixando o ambiente agradável para os usuários. Todos esses parâmetros de construção contribuem significativamente para a aceitação da tecnologia.

Ressalta-se que, atualmente, existem normas técnicas específicas aplicáveis nas construções das bacias secas e uma norma que certifica tais tecnologias.

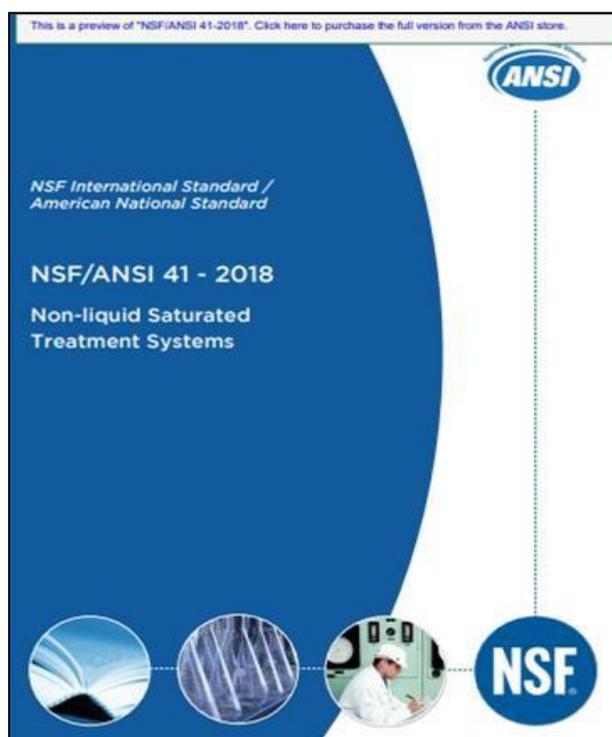
3.6 NORMAS TÉCNICAS E CERTIFICADORAS

No contexto de tecnológico normalmente existe a necessidade da norma técnica para padronizar a projeção, fabricação, operação e manutenção de uma determinada tecnologia. A Fundação Nacional de Saneamento Norte Americana, National Sanitation Foundation International (NSF) - The Public Health and Safety Company™, aprova e regulamenta certos sanitários secos que atendem aos critérios dentro da norma NSF/ANSI Standard 41. A NSF é

amplamente reconhecida por seus conhecimentos científicos e técnicos nos domínios da saúde e ciências ambientais, e está diretamente ligada ao governo Norte Americano, à Organização Mundial da Saúde (OMS) e serve para fabricantes que operam em 80 países (NSF, 2009). Entretanto, a NSF chama atenção para o fato de que nem todos os banheiros secos são aprovados e que estes devem atender aos seguintes critérios: (a) o sistema do banheiro deve ser capaz de lidar com períodos estendidos de uso e com ocasionais sobrecargas; (b) o banheiro não deve possuir odores ofensivos; (c) o material produzido deve alcançar apropriados níveis de tratamento para bactérias; (d) propagandas, literatura e rotulagem da NSF 41 devem obter níveis adequados de confiabilidade; (e) o teste do produto final deve estar acessível ao fabricante; (f) os resultados dos testes devem ser confirmados por testes paralelos de sistemas de saneamento que operam no mercado. Dessa maneira, a NSF 41 estabelece os requisitos mínimos de materiais, projetos, construções, testes e avaliações de desempenho para sistemas de tratamento saturados não líquido, que é o caso da bacia sanitária seca, com ênfase na proteção da saúde e do meio ambiente, diminuindo os fatores de incômodos e especificando a literatura mínima que os fabricantes de tais tecnologias devem utilizar.

A NSF 41-2018 orienta aos fabricantes de uma forma direta e simples quais os tipos de materiais que podem ser utilizados, os modelos (design) da construção da bacia sanitária seca, levando em consideração as superfícies internas e externas, a integridade estrutural do sanitário, contemplando todos os componentes necessários para o bom funcionamento e usabilidade do banheiro seco.

Figura 10: Ilustração da NSF 41:2018



Fonte: ANSI WEBSTORE, 2020.

Em paralelo à NSF41-2018, como forma discricionária de metodologia para fins de teste e certificação, a Organização Internacional de Padronização – ISO, publicou em 2018 a norma ISO – 30500:2018 que especifica os requisitos gerais de segurança e desempenho para os projetos e testes de unidades de sistemas de saneamento pré-fabricados que não geram esgoto que, nesses casos, englobam as bacias sanitárias secas. A ISO 30500:2018 traz em seu escopo todos os mecanismos necessários para a construção e operação do sistema de uma forma mais abrangente e explicativa, apresenta conceitos e metodologias de testes para os componentes dos sistemas, definindo os insumos básicos, apresenta também os requisitos básicos para segurança, funcionalidade, usabilidade, confiabilidade, manutenção dos sistemas e compatibilidade com os objetivos de proteção ambiental. É importante ressaltar que a NSF 41-2018 e a ISO 30500:2018 são muitos similares quando comparados os critérios básicos de projeção e construção dos sistemas. Porém, a ISO traz de uma forma mais detalhada as metodologias de testes e ensaios necessários para a validação de funcionalidade do sistema.

Figura 11: Ilustração da ISO 30500:2018



Fonte: ISO ORG, 2020.

Atualmente, quando se fala em aspectos construtivos e de projeção, é fundamental a utilização dessas normas para projeção e inspeção quando se trata de sistemas pré-fabricados de tratamento de efluentes que não geram esgoto.

Além dos aspectos construtivos, toda tecnologia possui um grau de maturidade tecnológica. Hoje em dia diversas corporações e grandes empresas têm realizado estudos específicos para avaliarem o grau de maturidade e prontidão tecnológica dos seus produtos, sistemas e tecnologias. Por este motivo, a metodologia específica está sendo criada e aplicada com o objetivo de descobrir o nível de maturidade, que é denominada como Technology Readiness Level, sendo uma ferramenta fundamental para organizar e planejar os processos de melhorias contínuas.

Atualmente, os sanitários secos são muito utilizados em países em desenvolvimento, principalmente em áreas rurais ou periféricas das cidades. Nos países desenvolvidos, esse tipo de tecnologia ainda é relativamente pouco

utilizado, embora seja muito bem aceito por segmentos populacionais mais conscientizados a respeito da preservação ambiental. Vários problemas decorrem desse tipo de solução, dentre eles podemos citar:

- Sanitários mal construídos e insalubres;
- Reclamações quanto ao mau cheiro por parte dos usuários;
- Descontrole do acúmulo de excretas nas câmaras;
- Processo de estabilização das excretas incompleto;
- Presença de vetores;
- Higienização.

Por todos esses motivos esse tipo de solução tecnológica acaba sofrendo discriminação. Outro ponto importante de se destacar é que além dos itens supracitados, a bacia sanitária seca é utilizada de forma errônea, propiciando condições que fazem com que os formuladores e os usuários tenham uma resistência quanto ao uso. Por causa desses fatores, teste com ênfase no usuário precisa ser realizado e a avaliação acerca do nível de maturidade tecnológica do sanitário seco pode ser uma ferramenta chave para aprimorar os novos modelos e valorizar aqueles já existentes e que estão em uso em diversos países.

À vista disso, é de extrema necessidade realizar um estudo do nível de maturidade tecnológica, com o intuito de investigar as etapas de construção do sanitário seco, bem como realizar um mapeamento das principais vertentes de dificuldade de aplicação de tal tecnologia e, por meio do TRL, descobrir em qual nível tecnológico as bacias sanitárias se encontram atualmente.

3.7 TECHNOLOGY READINESS LEVEL – REVIEW

A tecnologia é derivada da descoberta de um novo conhecimento através da pesquisa científica. Para que não seja comprometida, necessita ser avaliada (NASA, 2012). Segundo Velho et.; al, (2017) as tecnologias não nascem prontas para uma aplicação imediata, sendo necessário um longo processo desde a sua criação por meio de uma ideia, através do desenvolvimento dinâmico e em curdo para customizá-la até o seu emprego. Assim sendo, uma nova tecnologia está sujeita à experimentação, simulação, refinamento,

prototipagem e ensaios de desempenho, até que a mesma esteja preparada para o uso e a comercialização.

Para Banke (2010), existem diversos níveis que uma determinada tecnologia deve superar até sua comercialização e utilização. Assim, para que esses estudos e experimentos ocorram, existe a necessidade de se estabelecer metodologias específicas, a fim de elaborar um planejamento adequado, com uma melhor definição de escopo e, principalmente, os recursos necessários, com ênfase na viabilidade do produto. Atualmente, existem diversas metodologias para análise de uma determinada tecnologia, porém, como ferramenta metodológica, a *National Aeronautics and Space Administration* apresentou o nível de maturidade tecnológica (TRL) através do documento *“The NASA technology push towards future space mission systems”* (Saden, 1989).

O nível de Maturidade Tecnológica (TRL) é uma metodologia sistemática métrica que permite avaliar o nível de uma tecnologia particular, desde o seu princípio básico até a aplicação em um ambiente operacional. Segundo Mankins et al., (1995), a escala de TRL permite, no âmbito do processo de criação de uma determinada tecnologia e/ou sistema, realizar uma avaliação da maturidade da tecnologia, compreendendo equipamentos, materiais, componentes, software, sistemas e processos de trabalho, podendo classificar o nível do estágio tecnológico de uma determinada tecnologia.

O TRL, em sua métrica, apresenta nove níveis de prontidão, sendo o mais baixo o primeiro TRL e o mais alto o nono, sendo que cada nível apresenta uma característica discricionária específica. O uso da metodologia tem como objetivo uma análise do avanço da tecnologia dentro dos diferentes níveis, pois ela somente avança para a etapa posterior com evidências cumpridas no nível anterior. O tempo para mover-se de um nível para outro é distinto nas diversas tecnologias que podem usar tal metodologia para avaliar seu grau de maturidade tecnológico, podendo ser mais longo e difícil quando se comparados nos mais diferentes projetos. Assim, intuições e organizações tratam o TRL como uma metodologia aplicável para avaliação métrica de sistemas e tecnologias diversas que necessitam de uma seguridade para o uso e comercialização. Por exemplo, a Organização de Padrões Internacionais

(ISO), dispõe da norma 16290:2003, que trata da definição dos níveis de maturidade tecnológica e de seu critério de avaliação para sistemas espaciais e operação.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (BRASIL, 2014) fala que o nível de maturidade tecnológica é definido como: *“um sistema de medição e uma métrica sistemática empregada na avaliação da maturidade de uma tecnologia particular, assim como na comparação da maturidade de diferentes tipos de tecnologias, ou seja, trata-se de um avaliador do nível de maturidade de uma tecnologia”*.

Portanto, os níveis de desenvolvimento tecnológico constituem uma ferramenta estratégica de gestão de projetos, ao identificarem a fase de maturidade atingida, propiciando uma investigação maior de todo processo de criação, permitindo aos investigadores e à gestão supervisionar a evolução da tecnologia, promover melhorias, programar trabalho a desenvolver e programarem os custos de comercialização. (GIL et al.; 2014)

A Tabela 1 apresenta os nove níveis para classificação da maturidade tecnológica.

Tabela 1: Definição dos Nove Níveis de Maturidade Tecnológica

TRL 1	Princípios Básicos
TRL 2	Conceito e/ou aplicação de tecnologia formulada
TRL 3	Função crítica e experimental ou prova de conceito característica tecnológica.
TRL 4	Tecnologia validada no ambiente de laboratório
TRL 5	Tecnologia validada no ambiente relevante
TRL 6	Modelo / protótipo / subsistema demonstrado no ambiente relevante (solo ou espaço)
TRL 7	Protótipo demonstrado em um ambiente especial
TRL 8	Sistema real concluído e qualificado por meio de teste e demonstração
TRL 9	Sistema real "comprovado" através de operações bem sucedidas.

Fonte: Adptado de ECSS, 2009 .

A sistemática dos TRL já tem sido recomendada e utilizada em diversas iniciativas de fomento à inovação, com base na Tabela 2 pode-se descrever os níveis de maturidade tecnológica da seguinte forma:

Tabela 2: Descrição dos níveis dos TRL'S

TRL		Descrição
1	Princípios básicos	Nível baixo de maturidade tecnológica. Neste nível ocorre o início da pesquisa científica, em que o foco está na descoberta da tecnologia.
2	Identificação das aplicações práticas iniciais	Início da atividade inventiva. O potencial material para uma aplicação confirmada, uma vez que os princípios básicos são observados, aplicações práticas podem ser identificadas. Aplicações são especulativas, não há experimentos e análises detalhadas e pode haver nenhuma prova ou análise detalhada para apoiar as suposições.
3	Função crítica ou prova de conceito	Início da atividade de pesquisa e desenvolvimento, avanços iniciais da pesquisa, estudos e análises laboratoriais, previsões analíticas da tecnologia. Os estudos analíticos e estudos de escala de laboratório foram concebidos para validar fisicamente as previsões de elementos separados da tecnologia. Informação de apoio inclui os resultados dos testes laboratoriais realizados para medir os parâmetros de interesse e comparação com as previsões de análise para componentes críticos.
4	Validação da tecnologia	Sucessão das etapas anteriores, em que os elementos tecnológicos são integrados para funcionarem em conjunto, concepção, desenvolvimento e testes laboratoriais. O resultado fornecerá evidências de que o desempenho pode ser atingido com base em sistemas projetados ou modelados. Os componentes tecnológicos básicos são integrados para estabelecer que as peças vão trabalhar juntas. Isso é relativamente "baixa fidelidade" em comparação com o eventual sistema. Informação de apoio inclui os resultados dos experimentos e estimativas de como os componentes experimentais e resultados de testes experimentais diferem dos objetivos esperados de desempenho do sistema

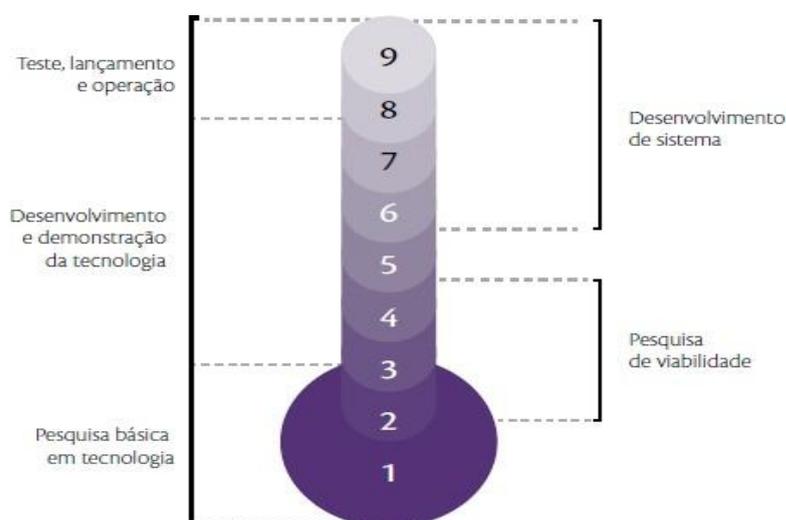
		integrado.
5	Validação da tecnologia em um ambiente relevante	Os componentes básicos podem ser ligados a elementos reais e testados em um ambiente de simulação. Os componentes básicos tecnológicos estão integrados de modo que a configuração do sistema é semelhante à aplicação final em quase todos os aspectos. Informação de apoio inclui os resultados dos testes de escala de laboratório, a análise das diferenças entre o laboratório e o sistema operativo eventual/ambiente, e a análise do que os resultados experimentais querem dizer para o eventual sistema operativo/ambiente.
6	Modelo de sistema em um ambiente relevante (solo e/ou espaço)	Os modelos ou protótipos em escala de engenharia são testados em um ambiente relevante. Isso representa um grande passo em uma tecnologia de demonstrar prontidão.
7	Demonstração da tecnologia em um ambiente operacional ou simulado	O protótipo deve estar próximo à escala do sistema operacional planejado e a demonstração deve ocorrer em um ambiente operacional previsto.
8	Resultados dos testes e demonstrações	A tecnologia tem sido comprovada para trabalhar em sua forma final e sob condições esperadas. Em quase todos os casos esse TRL representa o fim do verdadeiro desenvolvimento do sistema.
9	Aprovação e operação (uso) da tecnologia	A tecnologia possui requisitos de desempenho estabelecidos e acordados entre os interessados, levando em conta a integração de todo o sistema. A aplicação possui resultados de ensaios operacionais e de conformidade do sistema e/ou produto, ou seja, a tecnologia está pronta.

Fonte: Adaptada de Markins, 1998 e Gil et, al., 2014.

De acordo com EARTO (2014), a transição entre os níveis muitas vezes pode variar, principalmente onde as etapas não estão ainda bem definidas. Por isso, considera-se, ainda, a possibilidade de recuo dos níveis, pois os mais elevados

necessitam de pesquisas e testes operacionais. Para Gil et al., (2014) a métrica afere a maturidade em um determinado momento, e ao longo do processo há diversas adaptações da ferramenta para os setores distintos, com pequenas diferenças nas descrições dos estágios, deixando os níveis mais claros para os pesquisadores de projetos. Assim, Mankins (1995), sugere um modelo de agrupamento dos níveis para que seja mais bem entendido e utilizado, conforme demonstra a figura 12.

Figura 12: Modelo de agrupamento dos níveis de maturidade tecnológica



Fonte: Adaptado de Markins, 1998 e Gil et, al., 2014.

O agrupamento dos níveis do TRL nesse modelo está de acordo com suas características e sequências. O objetivo principal dos níveis 1 e 2 é a pesquisa básica de uma determinada tecnologia que, quando encontrado, o intervalo entre os níveis 2 a 4 tem como foco a descoberta da viabilidade tecnológica. A demonstração da tecnologia com ênfase na aplicação específica, antes do desenvolvimento do sistema/protótipo, pode ser descoberta entre os níveis 3 a 7, e o desenvolvimento da tecnologia por meio de unidade de fabricação pode ser agrupado entre os níveis de 6 ao 9, pois nesse intervalo ocorre a fabricação de protótipo e a realização de teste em ambiente relevante e operacional. Por fim, o lançamento final do produto para comercialização é demonstrado entre os níveis 8 e 9. Sendo assim, a análise do TRL pode ser realizada por meio do agrupamento, tendo em vista a relação entre cada uma das etapas.

Segundo Dawson (2007), existem diversos benefícios da prática e uso da sistemática dos TRL, podendo ser destacados:

- Gerenciamento de riscos com o uso da tecnologia;
- Facilidade de entendimento comum sobre o status atual de tecnologia de acordo com a aplicação desejada;
- Comparação de tecnologias em seus estágios;
- Avaliação métrica da maturidade do programa de tecnologia de projetos, antes do desenvolvimento inicial;
- Auxílio nas tomadas de decisões relacionadas à transição da tecnologia;
- Auxílio nas tomadas de decisões acerca dos financiamentos da tecnologia, dentre outros.

É importante ressaltar que a metodologia já está consolidada em diversos órgãos públicos, instituições e centros de pesquisas, como no Departamento de Defesa Americano e no Ministério de Defesa (MD) brasileiro, por meio de estudos conduzidos pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) através do Programa da Comunidade Europeia e, no Brasil, pelo grupo de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Sede, e a Embrapa tem utilizado a sistemática com ênfase no fomento da inovação tecnológica. (VELHO, 2017)

3.8 PROCESSOS DE TRATAMENTO

A recuperação de recursos é o conceito básico de liderança em saneamento inteligente. O controle da poluição dos recursos hídricos é um fator determinante para o monitoramento e adoção de medidas com ênfase na proteção ambiental, porque os poluentes são transformados em produtos valiosos em vez de serem descartados para o meio ambiente. Em média, a excreção anual de um ser humano atinge a 22 kg de DQO (matéria orgânica) com um teor energético de 270 MJ, 3,7 kg de nitrogênio (N) e 0,7 kg de fósforo (P). O conceito BDT que se baseia nos objetivos do desenvolvimento sustentável diz que cerca de 95% desses recursos podem ser recuperados e, além disso, podem oferecer oportunidades locais para aqueles que adotam as práticas de (SI) (Tobias et al; 2017).

Existem processos de tratamento para que a recuperação dos recursos seja possível, dentre eles, destacam-se: os processos de compostagem e desidratação, estocagem, tratamento químico e incineração, que normalmente são aplicados nas fezes. Segundo KR et al; (2017) a urina humana normalmente não contém patógenos que podem ser responsáveis pela ingestão entérica humana. Somente em casos especiais, por exemplo, uma infecção sistêmica com febre ou contaminação fecal e organismos patogênicos estarão presentes na urina. Porém, segundo o Ecorens (2004), o armazenamento da urina à temperatura ambiente é considerado uma opção viável de tratamento, deve-se evitar a diluição da urina. O tempo recomendado de armazenamento a temperaturas de 4 a 20°C varia entre um e seis meses para sistemas de grande escala, dependendo do tipo de cultivo a ser fertilizado. Para residências individuais, a urina pode ser aplicada diretamente a qualquer cultivo sem ser armazenada, contanto que transcorra um mês entre a fertilização e a colheita, se a contaminação fecal cruzada for evitada.

No modelo tecnológico de sanitários desidratadores (*dehydrating toilets*) o processo de desidratação ocorre geralmente em temperaturas elevadas. Os sanitários desidratadores geralmente são construídos em alvenaria ou em madeira, ou outro material mais resistente que não interfira no aumento da temperatura. Por via de regra, as câmaras geralmente são muito grandes, pois permitem a completa secagem, e o conteúdo pode ser diretamente espalhado em campos como fertilizantes sem qualquer armazenagem intermediária. Normalmente, a tampa da câmara, para retirar as fezes, é feita com chapa metálica pintada de preto para promover o aquecimento solar. É instalada para o lado exposto ao sol, reforçando a secagem do material. Materiais como cinza e serragem são adicionados cada vez que se utiliza o sanitário para auxiliar a secagem da matéria fecal.

Os sanitários compostáveis (*composting toilets*) são sistemas que tratam as excretas humanas através de processos biológicos, transformando o material em composto orgânico que pode ser utilizado para fertilizar o solo e a produção alimentar segura, quando aplicado de forma correta.

Sistemas de compostagem requerem pouco ou nenhum uso de água para transporte de resíduos. Semelhante ao sanitário convencional, o sanitário em um sistema de compostagem é um coletor de resíduos. Os resíduos são coletados no tanque de compostagem, onde é digerido aerobicamente. Alguns sistemas podem usar outras tecnologias complementares como, por exemplo, a vermicompostagem como alternativa ao composto aeróbico (Yadav et al., 2010; Hill e Baldwin, 2012). Além disso, outros materiais como, por exemplo, serragem, pó de serra e folhagem, devem ser adicionados para ajustar a relação entre carbono e nitrogênio (relação C/N), promovendo uma compostagem mais segura e o aumento da porosidade do composto.

Os sanitários de compostagem geralmente são equipados com um misturador mecânico que homogeneiza a matriz de composto para manter as condições favoráveis à digestão aeróbica em que a matéria orgânica oxida, ou podem ser manuseados manualmente por um operador responsável. Não é indicado o lançamento de água em seu interior, devendo ser lançados apenas as excretas e o papel higiênico. Entretanto, se ocorrer mau cheiro, recomenda-se empregar pequenas porções de sais alcalinizantes, como sais de sódio, cálcio e potássio, sendo comum o uso de cal ou cinza.

Segundo WHO (2006), a estocagem é a forma mais simples e antiga aplicada ao tratamento para as fezes. Desta forma, o processo resulta na redução de patógenos. Porém Schönning e Stenström (2004) ressaltam que a redução deste organismo depende de condições de armazenamento, temperatura, pH, umidade e a característica biológica que afeta a inativação. O armazenamento é especialmente benéfico em climas quentes e secos, resultando na desidratação do material e baixo teor de umidade que auxiliam na inativação dos patógenos. Se toda matéria fecal é secada corretamente, o decaimento dos patógenos é facilitado. Para o EconRes (2004), a estocagem em conjunto com outras barreiras de segurança apresenta uma melhor eficiência na remoção de patógenos.

Outra vertente possível é a adição de produtos químicos para o tratamento das fezes, em que normalmente ocorre a adição de ácidos, bases e agentes oxidantes. Segundo Vinnerås (2002) a adição de produtos químicos como

Ca(OH)_2 , NH_3 , KOH e PO_4^{-3} , são recomendados para os substratos que serão reutilizados como fertilizantes, pois o teor de nutrientes do desinfetante aumenta o valor fertilizante do produto final.

Pesquisas demonstram que, inicialmente, a adição de cinzas ou cal é um mecanismo químico que pode facilitar a inativação microbiológica do material fecal.

O uso de outros químicos como, por exemplo, ureias também demonstram uma boa efetivação no tratamento, tendo em vista que a ureia é um aditivo que eleva o pH, e apresenta uma concentração considerada de amônia que pode auxiliar no tratamento. Esses tipos de tratamento são considerados, principalmente, como uma opção para tratamento secundário em sistemas de grande escala (Ecorens, 2004)

Em relação à incineração, embora o nitrogênio seja perdido durante a incineração (Niwagaba et al.; 2007), as cinzas podem ser um bom fertilizante por reterem fósforo e potássio. Porém, para WHO (2008), a incineração é frequentemente associada a emissões de poluentes atmosféricos que devem ser classificados quanto a sua origem e composição, e a forma de monitoramento deve ser um item a ser considerado, de acordo com o ponto de vista ambiental.

O quadro 3 apresenta os processos de tratamento das fezes mais estudados, as suas principais características, vantagens, desvantagens e as referências.

Quadro 3: Resumo dos tipos de tratamentos aplicados às fezes, com suas vantagens, desvantagens e referencial teórico.

CARACTERÍSTICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Compostagem		
<p>Degradação aeróbia com produção de CO₂, H₂O e energia (calor);</p> <p>Podem ser classificados como: mesofílica, psicrófílica ou termofílica;</p> <p>Existem processos associados: são a co-compostagem e a vermicompostagem.</p>	<p>Baixa necessidade tecnológica;</p> <p>Degradação de poluentes orgânicos;</p> <p>Boa qualidade de higienização do produto final.</p>	<p>Intensa operacionalização;</p> <p>Necessária a adição de fonte de carbono externa que possua degradação lenta;</p> <p>Processo dependente do tempo e temperatura;</p> <p>Riscos de crescimento de organismo patogênico.</p>
<p>REF.: NIWAGABA, 2007, TONNER-KLANK et al., 2007, NIWAGABA et al., 2009 a-b, GERMER et al., 2010, YADAV et al., 2010; KAZAMA et al., 2011.</p>		
Secagem		
<p>Processo correlacionado com: pH, temperatura e umidade;</p> <p>Desidratação de um aditivo (alcalino) é disposto sobre as fezes, que passam a perder umidade e sofrer elevação do pH.</p>	<p>Baixa necessidade de tecnologia;</p> <p>Pode atingir uma boa qualidade de higienização no produto final.</p>	<p>Necessário o uso de um aditivo;</p> <p>Processo dependente de fatores, como: temperatura, umidade e pH;</p> <p>Períodos longos para inativação de patógenos.</p>

REF.: NIWAGABA et al., 2009c, AUSTIN E CLOETE, 2008; SHERPA et al., 2007.

Sanitização com amônia

<p>Sanitização pelo aumento da concentração de NH₃;</p> <p>Depende de alguns fatores, como: pH e temperatura;</p> <p>Alto potencial de destruição das membranas de células bacterianas e desnaturar proteínas (NH₃).</p>	<p>Baixa necessidade de tecnologia;</p> <p>Baixo risco de recrescimento de organismos patogênicos;</p> <p>A amônia adicionada não é perdida, fazendo com que o valor do nutriente das fezes se eleve;</p> <p>Preservação da matéria orgânica;</p> <p>Eficiente na inativação de bactérias, parasitas intestinais e alguns vírus.</p>	<p>Necessária a cobertura física do sistema para que não haja perdas e emissão de amônia;</p> <p>Processo dependente de outros fatores como, por exemplo: pH, temperatura, amônia.</p>
--	--	--

REF.: VINNERAS et al., 2002; PARK E DIEZ-GONZALES, 2003; PECSON et al., 2007; OTTOSON et al., 2008^a; NORDIN et al., 2009; VINNERAS et al., 2009; ESPINOZA, 2010; EMMOTH et al., 2011; FIDJELAND et al., 2013 a,b; VINNERAS, 2013.

Fonte: Adaptado de Magri (2013).

Em paralelo com as pesquisas realizadas acerca das fezes, vários processos têm sido também estudados visando o reuso e aplicação agrícola da urina. Os processos visam higienização, estabilização, redução de volume, recuperação de nutrientes e remoção de micropoluentes (Magri, 2013)

Quadro 4:Resumo dos tipos de tratamentos aplicados a urina, com suas vantagens, desvantagens e referencial teórico.

CARACTERÍSTICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Estocagem ou Armazenamento		
<p>Promove a higienização em função das transformações bioquímicas;</p> <p>pH, temperatura e tempo são os fatores que interferem diretamente no processo;</p> <p>Com a elevação do pH, o equilíbrio químico promove a ação tóxica para os micro-organismo;</p> <p>Pode ocorrer a precipitação de fósforo, Cálcio e magnésio durante a estocagem/armazenamento, tendo em vista a elevação do pH.</p>	<p>Baixa necessidade de utilização de equipamentos e manutenção.</p>	<p>Longo período de estocagem para completa sanitização (6-12 meses);</p> <p>Odor considerável;</p> <p>Risco de perda de amônia</p>
<p>REF.: HELLSTROM et al., 1999; HOGLUND, 2001; MAURER et al., 2006; UDERT et al.; 2006.</p>		
Acidificação		
<p>Promover a higienização e a estabilização inibindo a decomposição da ureia, por impedirem o crescimento bacteriano e a elevação do pH.</p>	<p>Baixa necessidade de utilização de equipamentos e manutenção.</p>	<p>Risco de manipulação por ser necessária a utilização de ácido;</p> <p>Necessário ajuste do pH quando for realizado o reuso;</p>

REF.: HELLSTROM et al., 1999; HOGLUND, 2001; MAURER et al., 2006		
Nitrificação		
<p>Estabilização por processos de nitrificação, em que a ureia é transformada em amônia, nitrito e nitratos;</p> <p>Realizados em reatores de biomassa fixa, preferencialmente;</p> <p>Fatores interferentes: pH, concentração de O₂, pré-tratamento da urina, meio suporte.</p>	<p>Boa estabilização biológica;</p> <p>Não é necessária a adição de químicos;</p> <p>Impede a formação de maus odores provenientes do NH₃.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Gastos com energia (fornecimento de O₂ ao processo de nitrificação);</p> <p>Processo sensível a variações de pH.</p>
REF.: UDERT et al., 2003-a; MAURER et al., 2006; FENG et al., 2008; PRONK e KONÉ, 2009; UDERT e WACHTER, 2012.		
Precipitação da estruvita		
<p>A estruvita é formada da reação entre o magnésio e fosfato, na presença de amônia;</p> <p>O pH da urina hidrolisada é ótimo para a precipitação da estruvita;</p> <p>A precipitação é otimizada com a adição de Mg (pois na urina este encontra-se em baixas concentrações), na forma de MgO, Mg(OH)₂; MgCl₂ ou ainda como a salmoura, que dá origem ao sal de cozinha.</p>	<p>Boa recuperação de fósforo;</p> <p>Baixo custo econômico e energético.</p>	<p>Baixa necessidade de tecnologia e equipamentos;</p> <p>Gasto com adição de magnésio, ou outros aditivos, para otimização do processo.</p>

<p>REF.: MAURER et al. 2006; RONTELTAP et al., 2007a; RONTELTAP et al., 2007b; GANROT et al., 2007; PRONK e KONÉ, 2009; RONTELTAP e.t al., 2010.</p>		
<p>Troca iônica</p>		
<p>Processo baseado no uso de meios que possuem afinidade com os nutrientes presentes na urina, principalmente com a amônia;</p> <p>Os meios mais utilizados são as variedades de zeólita, como a clinoptiolita, ou os polímeros sintéticos;</p>	<p>Boa recuperação de nitrogênio;</p> <p>Baixo custo econômico e energético, se os meios de troca iônica forem de fácil aquisição.</p>	<p>Há necessidade de tecnologia;</p> <p>Possibilidade de gasto dos meios de troca iônica.</p>
<p>REF.: LIND et al., 2000; MAURER et al., 2006.</p>		
<p>Stripping da amônia</p>		
<p>Processo de separação térmico, normalmente conduzido com vapor;</p> <p>A urina aquecida é colocada em contato com o vapor, normalmente em reatores do tipo -torresl, com material de enchimento;</p> <p>Assim, a amônia volátil é transferida da fase líquida para o vapor;</p> <p>A solução concentrada com água e amônia é recuperada.</p>	<p>Boa recuperação de nitrogênio.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Gasto energético significativo.</p>

REF.: MAURER et al., 2006; OTTERPOHL et al., 2007

Precipitação do isobutilaldeído-di-ureia (ibdu)

A ureia forma um complexo com isobutilaldeído, resultando na precipitação do isobutilaldeídiuréia, um fertilizante de liberação lenta, comercializado em ampla escala;

Utilizado em conjunto com processos de redução de volume, pois é necessária uma elevada concentração de ureia para a precipitação;

Uma reação em batelada dura aproximadamente 24 horas.

Elevada redução de volume.

Há a necessidade de tecnologia;

Gasto com a adição de isobutilaldeído.

REF.: BEHRENDT et al., 2001; MAURER et al., 2006

Evaporação

Evaporação de membrana + sistema termoelétrico: urina tratada com O/UV/H₂SO₄, aquecida, bombeada por membranas de fibra com pressão reduzida para que a água evapore (Wieland, 1994);

Liofilização: Urina congelada é sublimada sob vácuo, e recuperada a -90°C para produzir gelo com 51mgST.L⁻¹ (Holland et

Elevada redução de volume.

Há a necessidade de tecnologia;

Pode ocorrer a perda de amônia (recomendado pré-tratamento que interrompa a hidrólise da ureia);

Dependendo da tecnologia utilizada há elevado gasto com

<p>al., 1992);</p> <p>Evaporação natural, em que a energia é a única forma de calor para a evaporação;</p> <p>Sistemas de evaporação de ar: urina pré-tratada é bombeada por um filtro para um tecido absorvente (pavio). O ar aquecido evapora a água do pavio, restando os sólidos (Wieland, 1994).</p>		<p>energia;</p> <p>Evaporação Natural é menos eficiente quando comparada aos demais processos.</p>
<p>REF.: HOLLAND et al., 1992, WIELAND, 1994, MAURER et al., 2006, ZANCHETA, 2007, PRONK e KONÉ, 2009</p>		
<p>Congelamento</p>		
<p>Lind et.al, 2001 concentraram 80% dos nutrientes da urina em 25% de seu volume inicial – temperatura de -14°C;</p> <p>Rebouças et al., 2007 concentraram 70% dos nutrientes da urina em 30% de seu volume inicial – temperatura de -22°C.</p>	<p>Economicamente viável em locais com clima frio.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Economicamente inviável em locais com clima quente.</p>
<p>REF.: LIND et al., 2000; GULYAS et al., 2004; MAURER et al., 2006; REBOUÇAS et al., 2007; GANROT et al., 2007</p>		
<p>Osiose Reversa</p>		
<p>Sistema de membrana, em que a retenção do N ocorre na forma não ionizada, sendo que o processo é diretamente dependente do pH do</p>	<p>A retenção de nutrientes é eficiente.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Elevado custo;</p>

<p>meio;</p> <p>Ocorre também a retenção de fósforo, potássio e micropoluentes.</p>		<p>Não há a separação entre os micropoluentes e os nutrientes;</p> <p>Ocorre a precipitação de sais.</p>
<p>REF.: MAURER et al., 2006</p>		
<p>Eletrodialise</p>		
<p>Sistema de membranas de troca iônica, feita de polímeros, funcionais de estrutura densa, que faz a extração e concentração de sais;</p> <p>Grande potencial de remoção de micropoluentes em função do tamanho do poro e da capacidade de troca iônica.</p>	<p>A retenção é muito eficiente.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Elevado custo e consumo de energia.</p>
<p>REF.: MAURER et al., 2006; PRONK et al., 2006-a; PRONK e KONÉ, 2009.</p>		
<p>Nanofiltração</p>		
<p>Sistema de membranas num processo dependente do pH, pois há muita interação eletrostática;</p> <p>Pesquisas demonstram a remoção de hormônios e fármacos de até 92%, e a permeabilidade quase total do nitrogênio na forma de ureia.</p>	<p>A retenção é muito eficiente;</p> <p>Remove micropoluentes sem reter nutrientes.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Elevado custo e consumo de energia.</p>
<p>REF.: MAURER et al., 2006; PRONK et al., 2006-b</p>		

Ozonização e oxidação avançada		
<p>Oxidação de micropoluentes;</p> <p>Recomenda-se o uso de oxidantes que reagem diretamente com os poluentes, sendo que o ozônio é o mais eficiente neste sentido;</p> <p>Hormônios e fármacos podem ser degradados completamente.</p>	<p>A oxidação é muito eficiente.</p>	<p>Há a necessidade de tecnologia;</p> <p>Elevado custo e consumo de energia.</p>
<p>REF.: MAURER et al., 2006; DODD et al., 2008</p>		

Fonte: Adaptado de Magri (2013).

Os principais parâmetros que afetam os processos de tratamento das excretas são: a umidade, a aeração, a temperatura, a relação C/N, o tamanho das partículas e o pH. Esses fatores devem ser levados em consideração e monitorados, pois possuem uma relação direta com a qualidade e segurança do produto final.

3.9 UTILIZAÇÕES DAS EXCRETAS

Segundo COHIM et al., (2008), a utilização das excretas humanas, principalmente em práticas agrícolas, é uma das diretrizes principais do saneamento focado nos recursos, que visa a ciclagem dos nutrientes e promove a segurança alimentar. Para Maurer et al., 2003; Magid et al., 2006 e Jonsson et al., 2004, a ideia principal dessa nova tendência do saneamento é usar os fluxos do efluente na recuperação dos nutrientes para a produção agrícola, visando reduzir os custos dos tratamentos de efluentes e preservar os recursos naturais. Porém, vale ressaltar que os sistemas são baseados em tecnologias que asseguram os padrões de qualidades e as normativas de saúde pública.

Anualmente, cerca de 130 milhões de toneladas de fertilizantes são vendidos globalmente (63% em países em desenvolvimento). Desta quantia, 78 milhões de toneladas são nitrogênio e 14 milhões de toneladas são fósforo. O restante é constituído por potássio, enxofre e micronutrientes. As excretas de 6 bilhões de pessoas contém 27 e 3 milhões de toneladas de nitrogênio e fósforo, respectivamente, o que significa que 35% do uso de nitrogênio mineral e 22% do uso de fósforo de mineração no mundo poderiam, teoricamente, ser supridos pelo uso das excretas humanas (WHO, 2006).

Dentro desse contexto, é recomendada a utilização dos dejetos humanos na agricultura pelo seu grande aporte de nutrientes. Segundo Richert et al., 2010, esse processo de coprodutos através do saneamento tem o potencial de gerar renda, aumentar a produtividade agrícola, diminuir despesas com insumos e possibilitar que as regiões que produzem alimento dependam cada vez menos de insumos externos.

O nitrogênio no solo é fundamental para o desenvolvimento das plantas, possibilitando o acesso delas aos demais nutrientes presentes no solo, tais como fósforo e potássio. Em geral, vegetais não leguminosos com folhas de coloração verde necessitam de mais nitrogênio. O fósforo dá mais resistência a climas secos, acelera a maturidade das plantas, ajuda na formação de frutas e sementes e estimula o crescimento de legumes e a formação de nódulos. O potássio dá resistência à seca e a invernos rigorosos (JONSSON et al, 2004).

A urina é a responsável pela maior parte dos nutrientes presentes nas excretas humanas. Cerca de 80% do nitrogênio contido nos esgotos provém da urina, apesar de representar apenas 0,7% do volume dos mesmos. O nitrogênio é um grande problema por provocar a eutrofização de corpos d'água, necessitando um elevado dispêndio de energia para sua remoção ou tratamento (GONÇALVES, 2009). Segundo Richert et al., 2010, a urina é um fertilizante completo de alta qualidade com macronutrientes N, P, K, enxofre, cálcio, magnésio e microrrogânicos. Em sua pesquisa, Santos e outros (2015) apresentam as características da urina humana coletada em um experimento e é demonstrada na tabela 3.

Tabela 3: Características da Urina Humana

Parâmetro	Unidade
Ph	8,7
Condutividade Elétrica	24,3 dSm ⁻¹
N	6937 mg L ⁻¹
P	923 mg L ⁻¹
Ca ²⁺	65 mg L ⁻¹
K ₂ O	1483 mg L ⁻¹
Mg ²⁺	10 mg L ⁻¹
S	1655 mg L ⁻¹
Fe	1,63 mg L ⁻¹
Mn	1,63 mg L ⁻¹
Cu	0,88 mg L ⁻¹
Zn	1,13 mg L ⁻¹
Na	2,937 mg L ⁻¹
Br	0,50 mg L ⁻¹
Cl	4093 mg L ⁻¹

Fonte: Adaptado de Santos e Outros (2015)

Ressalta-se que existem sais presentes na urina humana. Sendo assim, é aconselhável o monitoramento dos cultivos nas áreas onde os solos já são afetados por sais, principalmente os de regiões de clima áridos e semiáridos (MEDEIROS, 2019).

Assim como o uso da urina, as utilizações dos compostos gerados pelas fezes apresentam grandes benefícios de produção e aplicação ao solo e são significativos. Dentre inúmeras vantagens, destacam-se: melhorias na qualidade física do solo, formação de agregados estáveis e o condicionamento das partículas dos solos pela presença de substância húmicas, melhorias na qualidade química, aumento na capacidade de troca iônica, fornecimento melhorado de nutrientes, aumento da atividade biológica, favorecendo o aumento da população de organismos (NETO, 2007). Além disso, é importante

frisar que a aplicação do composto não é benéfica apenas para as plantas, a produção e uso de adubos orgânicos traz a redução do consumo e utilização de fertilizantes químicos (OLIVEIRA, AQUINO E CASTRO NETO, 2005).

Outro ponto importante de se considerar em utilizar as excretas é que segundo ESREY (1998), um adulto chega a produzir 400 litros de urina por ano, contendo 4 kg de nitrogênio, 400 g de fósforo e 900 g de potássio, sendo inclusive encontrados na forma disponível para serem absorvidos pelas plantas: o nitrogênio está na forma de ureia, o fósforo como superfosfato, e o potássio em forma de íon, em proporções também apropriadas – e a concentração de metais pesados é muito mais baixa do que a encontrada na maioria dos fertilizantes industrializados. Reforçando a proporção exata de nutrientes para a produção agrícola provinda das excretas, Drangert (1997) citado por Gonçalves (2009) afirma que para a produção de 230kg de cereais consumidos por uma pessoa, é preciso 7,5 de NPK (nitrogênio + fósforo + potássio), e esse valor se iguala ao conteúdo destes elementos contidos na urina e fezes (Tabela 4). O autor considera que um adulto chega a produzir 500 litros de urina e 50 litros de fezes por ano.

Tabela 4: Quantidade de nutrientes tendo como fonte as excretas e quantidade de nutrientes requerido para produção de 230 kg de cereais

Nutriente	Urina (500L/ano)	Fezes (50L/ano)	Total	Requerido para 230 kg de cereais
Nitrogênio	5,6	0,09	5,7	5,6
Fósforo	0,4	0,19	0,6	0,7
Potássio	1,0	1,2	1,2	1,2
Total N+P+K	7,0 kg (94%)	0,45 kg (6%)	7,5 kg (100%)	7,5 kg

Fonte: DRANGERT, 1997 in: GONÇALVES, 2009

Segundo Gonçalves (2009), os fertilizantes agrícolas nitrogenados são produzidos sintetizando amônia a partir do nitrogênio molecular atmosférico pelo processo Haber-Bosh, que demanda uma quantidade elevada de energia, aproximadamente 13,3 kWh por kg de nitrogênio. Com este valor pode-se prever uma economia de 74,5 kWh/ano de energia por pessoa (13,3 kWh.kg x

5,6 kg de N produzido, supondo-se por pessoa a produção de 500 L/ano de urina).

Dessa maneira, não só a agricultura se beneficia com a produção de adubos orgânicos através da recuperação dos nutrientes das excretas com a segregação da urina e compostagem das fezes. Com o crescimento do índice de urbanização das cidades, os nutrientes do saneamento podem ser usados em jardins, parques, espaços verdes e também na aquicultura e hidroponia (ESREY, 1998; GONÇALVES, 2009).

Porém, a grande maioria dos sanitários secos utilizados atualmente são auto coletores, não separadores, com alimentação descontínua, com câmara dupla e construída localmente. Vários problemas decorrem desse tipo de solução, que interferem diretamente nos usos das excretas. Dessa forma, existe a necessidade de padronização dos projetos e instalações de acordo com as normas existentes aplicáveis ao assunto, com intuito de aumentar o uso do sanitário seco.

3.10 EXEMPLOS DE PROJETOS DE SANEAMENTO BASEADO NOS RECURSOS.

Diversos experimentos, testes com protótipos e avaliação do comportamento do usuário em relação ao uso do sanitário seco têm sido realizados em diversos lugares, buscando entender a lacuna do conhecimento acerca da aplicação da tecnologia em um ambiente operacional.

Seguindo a linha de pensamento, J. Hennigs et al. (2019), realizou um teste utilizando um sanitário com descarga mecânica sem fluido em um ambiente institucional semipúblico e com algumas famílias do município de eThekwini, na República da África do Sul. Na pesquisa, os sanitários secos separadores de fezes e urina (UDDT) foram testados em seis famílias em uma comunidade de baixa renda da região, em que o recurso hídrico é limitado e muito valioso. Critérios foram estabelecidos para avaliação, sendo eles: acessibilidade, número de usuários, condições do sanitário e pedestal existentes pelo período de um mês. Foram realizados testes de funcionalidades, pesquisas e

entrevistas em relação ao uso do protótipo através de questionários curtos, e foram avaliados os materiais: poliuretano, silicone e SOB, através de experimentos laboratoriais para analisar a eficácia da limpeza e a resistência à incrustação. Além disso, os testes em domicílios com os UDDT's também foram analisados com o mesmo objetivo dos experimentos laboratoriais em relação à limpeza das bacias. Os resultados da pesquisa e teste foram eficazes para remover as excretas, fornecendo uma barreira aceitável contra odor. Os testes de laboratório forneceram informações acerca do material de furto, no qual o material a base de silicone teve um melhor desempenho que a borracha de poliuretano. O autor concluiu que pesquisas devem se concentrar em melhorar a resistência das bacias quanto à incrustação, e com a implantação de novos sistemas de saneamento sem o uso de água poderia melhorar significativamente a aceitação da população.

Nosipho, M. (2020) realizou uma pesquisa acerca da aceitação, uso e manutenção das bacias sanitárias secas, também do Município de eThekwini na África do Sul. J. Hennigs et al. (2019), conforme já mencionado, também realizou uma pesquisa envolvendo o município de eThekwini na mesma lacuna acerca do uso das bacias secas. Nosipho, M. (2020) concluiu que ainda em muitas comunidades há falta de entendimento sobre o uso e os benefícios das bacias secas. Mesmo que em sua pesquisa mostre que aproximadamente 97% dos entrevistados tiveram contato e usaram as bacias, houve um baixo nível de aceitação principalmente pela falta de descarga, justificando a relação direta entre as pesquisas. Para sanar as questões envolvidas seria necessária a participação de uma maior parte da população, bem como a educação da comunidade para combater as barreiras e paradigmas contra as bacias sanitárias secas.

De acordo com Tobias et al, (2017), em Kampala na Uganda, em duas áreas de baixa renda (Kifumbira e Kisalosaló) foram realizados experimentos e coletados dados de 22 usuários dos sanitários seco. A pesquisa teve como base quatro princípios básicos: separação da fonte de urina e fezes com coleta subsequente para recuperação de recursos, fornecimento de água oriundo da lavagem em ciclo fechado, um design moderno e atraente e um aspecto financeiro sustentável. Os testes foram realizados com intuito de realizar os

pré-testes técnicos e psicológicos. Inicialmente, o protótipo foi instalado na Universidade De Makerere, em Kifumbira, em que o sanitário foi instalado em um centro comunitário, e em Kisalosaló o sanitário foi instalado para uso regular das famílias selecionadas para a pesquisa. Após os testes e análises dos resultados, foi concluído que a separação das fontes e recuperação dos recursos é possível, e que separar a água e a urina se mostrou uma lacuna desafiadora, embora as experiências positivas com os usos dos UDDT's tenham mostrado um aumento na aceitação, mesmo após a resistência inicial quanto ao uso das fezes. Isso se explica a partir do momento que o usuário percebe as vantagens da tecnologia (Uddin et al., 2015). Os sanitários foram bem utilizados, no entanto existem alguns pontos de melhorias em relação a usabilidade para os idosos, crianças e pessoas que possuem algum tipo de deficiência, porém os resultados indicam que a população que participou dos testes estava aberta a novos projetos. Além disso, foi constatado que o sanitário tem um potencial de mercado, os determinantes psicológicos avaliados demonstram que são a favor do uso. A pesquisa conseguiu demonstrar que um produto em desenvolvimento pode ser recebido pelos usuários e mostra quais são os desafios que devem ser considerados em relação ao funcionamento técnico e o design do sanitário com ênfase no usuário.

Um estudo social com intuito de avaliar a percepção sobre o uso dos sistemas eco-toilet (ETES), foi realizado em uma comunidade rural em Mulanay, nas Filipinas (Ignacio, J. et. al.; 2018). Foi analisada a proposta de aceitação do modelo de aceitação da tecnologia com a teoria do comportamento planejado para avaliar as percepções e atitudes da população, objeto da pesquisa. O modelo utilizado na pesquisa foi o sanitário seco com desvio de urina e fezes, com ênfase na recuperação dos recursos e aplicação nas atividades agrícolas da região. Os usuários da região acreditaram que a urina e as fezes podem ser convertidas em fertilizantes seguros para a produção de alimentos, porém não era a prioridade da população de Mulanay, uma vez que menos de 25% prefere usá-los para a produção de alimentos e que as pessoas que conhecem o valor nutritivo dos excrementos humanos e estão dispostos a utilizá-los,

demonstrando uma atitude positiva quanto ao uso das bacias secas e promovendo o uso dos produtos gerados.

De acordo Silveti, D. et al.; (2019), desde 2008 a Agência Sueca de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (SIDA) apoia o projeto de saneamento ecológico, que atualmente denomina-se como saneamento inteligente, no distrito de 7, El Alto, com intuito de fornecer soluções descentralizadas de saneamento que não dependem de grandes infraestruturas. Considerando a falta de saneamento e outros serviços básicos, o projeto procurou promover a adoção de sistemas baseados nos UDDT's e no gerenciamento local das águas residuárias. Mais de 1.200 sanitários foram instalados, beneficiando aproximadamente 6.000 pessoas. O gerenciamento se dá com apoio institucional, em que uma empresa realiza a coleta das excretas e destinam-as para as instalações de tratamento. Os produtos finais gerados são utilizados na própria região como fertilizantes e também são comercializados no mercado local.

Outro paradigma semelhante com El Alto se dá na África do Sul, em Durban, em que juntamente com cidades vizinhas e áreas rurais foi implantada uma série de sistemas de saneamento e a instalação de UDDT's com a realização de treinamento com o intuito de promover uma operação e manutenção adequada dos sistemas. Mais de 80.000 UDDT's foram instalados em toda região (Silveti, D. 2015). Uma análise de decisões de múltiplos critérios (MCDA) foi desenvolvida segundo Frances et al., (2018) para a seleção de sistemas de saneamento, sendo que para tal seleção foi analisada a cidade de Durban e as regiões circunvizinhas. Os cenários utilizados na pesquisa utilizam como base os UDDT's e as latrinas melhoradas por ventilação - VIP's, que são as alternativas tecnológicas utilizadas na região como sanitários. Isso demonstra que estudos estão sendo realizados tanto na adoção da tecnologia, como nas metodologias para avaliar a operação e manutenção de tais tecnologias que, neste caso, são os sistemas de saneamento por meio do uso das bacias secas.

Considerando que umas das barreiras é a aceitação da população quanto a utilização das bacias secas, para Trimmer et al., (2016), como forma de

mudança de paradigmas, atitudes e conhecimento, foram instaladas UDDT's em duas escolas em Uganda – África, em que observou-se que inicialmente a maioria dos alunos tinha um ponto de vista negativo quanto ao uso do sanitário seco. A pesquisa permitiu que os usuários tivessem contato com os sanitários durante o período de seis meses, envolvendo pais e alunos e alguns não estudantes fizeram parte da categoria do estudo. Foram realizados treinamentos quanto a instalação e o uso dos sanitários e os resultados foram encorajadores, mas é importante reconhecer alguns limites. Os alunos passaram a educar seus pais e houve uma mudança na atitude de todos os envolvidos no processo. Além disso, houve uma inspiração na adoção de novas instalações relacionadas com a higiene.

Segundo Uddin, D. (2015), um sistema de saneamento em circuito fechado foi instalado na região da Ulaanbaatar, Mongólia, a fim de avaliar a sua viabilidade e as perspectivas futuras como uma alternativa para opções convencionais. O serviço se baseou no uso dos sanitários secos, serviços de esvaziamento e uso do material fecal, transporte e armazenamento, uso de tecnologias e preparo da compostagem, maturação dos produtos, comercialização do composto, aplicação, produção e consumo. O estudo foi realizado como um projeto de pesquisa operacional em andamento (2011–2015) intitulado -Saneamento sustentável para áreas periurbanas vulneráveis, executado em conjunto pelo USTB e pela ACF Mongólia, financiada por ACF International France. Com os resultados prévios na área de estudo, constatou-se que o uso da tecnologia pode ser considerado uma solução alternativa viável de saneamento com alto potencial para diminuir a saúde humana e os riscos de degradação ambiental. Apesar de todos os desafios e barreiras, os sanitários secos foram aceitos pelos usuários, sendo tecnologias com possibilidades de replicação nos mais variados contextos e regiões. No estudo, por exemplo, provou-se que a tecnologia é viável em clima frio da Mongólia e um ativo para as regiões com déficit hídrico. Além disso, outro viés importante é de que com as práticas do saneamento inteligente, um dos principais benefícios é a recuperação de nutrientes, podendo diminuir o uso de fertilizantes químicos nos processos de produções agrícolas, diminuindo a dependência de minerais naturais e reduzindo a insegurança alimentar.

Em Lima, a água é um recurso escasso, pois a cidade encontra-se numa zona árida. Desse modo, poupar o recurso é crucial para o desenvolvimento sustentável. Soluções de saneamento inteligente. A falta de água é, sobretudo, sentida nos bairros pobres e pelas populações desprotegidas. Conceitos de saneamento baseado na recuperação dos recursos sempre foram aplicados no país, sobretudo em zonas rurais, onde a ligação com a água era rara ou inexistente. No entanto, a partir de 1999, projetos pilotos começaram a ser testados na capital pelo Instituto de Desarrollo Urbano (CENCA). Desde então, muitos municípios têm usufruído de projetos de instalação e implementação de sanitários separadores de fezes e urina – UDDT's, designadamente a comunidade de Nievería, que foi alvo de uma reestruturação ao nível da rede de água potável. Ao mesmo tempo, em todas as casas, foram instalados sanitários separadores. Os impactos sentidos em nível ambiental e de saúde dos habitantes foram imediatos e extremamente significativos. Outras áreas da cidade de Lima seguiram o exemplo, como é o caso de Huáscar, outro bairro degradado e desprivilegiado da capital peruana. Atualmente, os conceitos e aplicação dos sanitários secos no Peru tem crescido significativamente, tornando-se um alternativo tecnológico padrão para diversas regiões (SANEAMIENTO, 2008).

O sanitário seco é visto pelo governo brasileiro como uma tecnologia aceitável, mas ainda carece de estudos aprofundados. Como pode ser verificado pelo Manual do Saneamento produzido pela Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2004), o governo brasileiro aceita hoje três tipos de soluções individuais para tratamento e destinação final dos esgotos domésticos sem a utilização de água, que são: a latrina ou fossa seca, a latrina com fossa estanque e a latrina com fossa de fermentação apoiada na superfície do solo (tipo Cynamon). Todas essas categorias são derivações simplificadas do banheiro seco. Além disso, os autores do manual apontam esses modelos como aconselháveis apenas para locais com baixa densidade populacional e alertam que as más condições de uso ou problemas construtivos podem poluir o subsolo.

O Conselho Norte Americano de construções ecológicas (United States Green Building Council - USGBC) estabelece o banheiro seco como uma das tecnologias de maior potencial para o problema da poluição das águas (LEED,

2009). Porém, no Brasil, os maiores problemas para a implantação do banheiro seco são: desconhecimento da tecnologia, questões políticas e aceitação da população.

Além dos casos mencionados, existem vários outros programas, projetos e testes que estão espalhados por diversos países, com o objetivo de enfatizar e aprimorar os usos de técnicas alternativas de saneamento e, principalmente de uma forma mais inteligente, extrair os recursos que muitas das vezes são descartados, e promover a reutilização fechando o ciclo.

4 METODOLOGIA

A pesquisa faz parte de uma parceria entre a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES através do Núcleo de Bioengenharia aplicada ao saneamento, com as empresas Fluxo ambiental e a AGUALEV do grupo Fortelev.

Para análise dos TRL's, foi construído um banheiro seco separador de urina e fezes dotado de uma bacia sanitária seca (BSS), que promove a coleta e o tratamento em separado das fezes e da urina humana. A concepção da tecnologia foi realizada pela Fluxo ambiental e a construção do protótipo realizada pela AGUALEV.

O banheiro seco possui dois compartimentos da seguinte forma:

Compartimento 1 – local onde se encontra as bacias sanitárias seca e o lavatório;

Compartimento 2 – local onde se encontra o chuveiro. Embora o banheiro seja seco no tange o gerenciamento das excretas, nas regiões onde há água disponível esta parte do banheiro pode ser utilizada para banho. Nos locais onde não há uma projeção de utilizar água no sanitário, este compartimento pode ser utilizado como vestiário, por exemplo, conforme ilustra a figura 13.

Figura 13: Ilustração dos compartimentos do sanitário seco



A bacia sanitária seca promove uma economia considerável de água e evita a geração de esgoto para tratamento, eliminando, assim, potenciais escoamentos de água contaminada para o meio ambiente. Além disso, o modelo utilizado como teste possui um compartimento com chuveiro, caixa d'água e lavabo. Ressalte-se que toda água cinza oriunda da utilização do lavabo e do chuveiro pode ser tratada, a exemplo da Wetland construída ou qualquer outro sistema de tratamento de água cinzas.

Os testes foram realizados na empresa Fluxo Ambiental, durante 90 (noventa) dias.

4.1 O MAPEAMENTO BIBLIOMÉTRICO ACERCA DA BACIA SANITÁRIA SECA

A metodologia baseou-se em um processo de seleção sistematizado de referência bibliográfica chamada ProKnow-C, cujo objetivo é minimizar o uso de aleatoriedade e subjetividade no embasamento teórico (AFONSO *et al.*, 2012). Ela se baseia na aplicação sequencial de filtros de acordo com a sua relevância científica através de critérios definidos, conforme fluxograma abaixo (Figura 18). A seleção busca os artigos científicos recentes e de alto fator de impacto, limitando um quantitativo de documentos (portfólio bibliográfico), cujo escopo se aproxime ao máximo dos interesses da pesquisa em questão. Após a aplicação dos filtros, os artigos que não apresentam relevâncias para a pesquisa são eliminados e é dado início a análise sistemática com o portfólio selecionado a serem abordadas na pesquisa (ENSSLIN *et al.*, 2012).

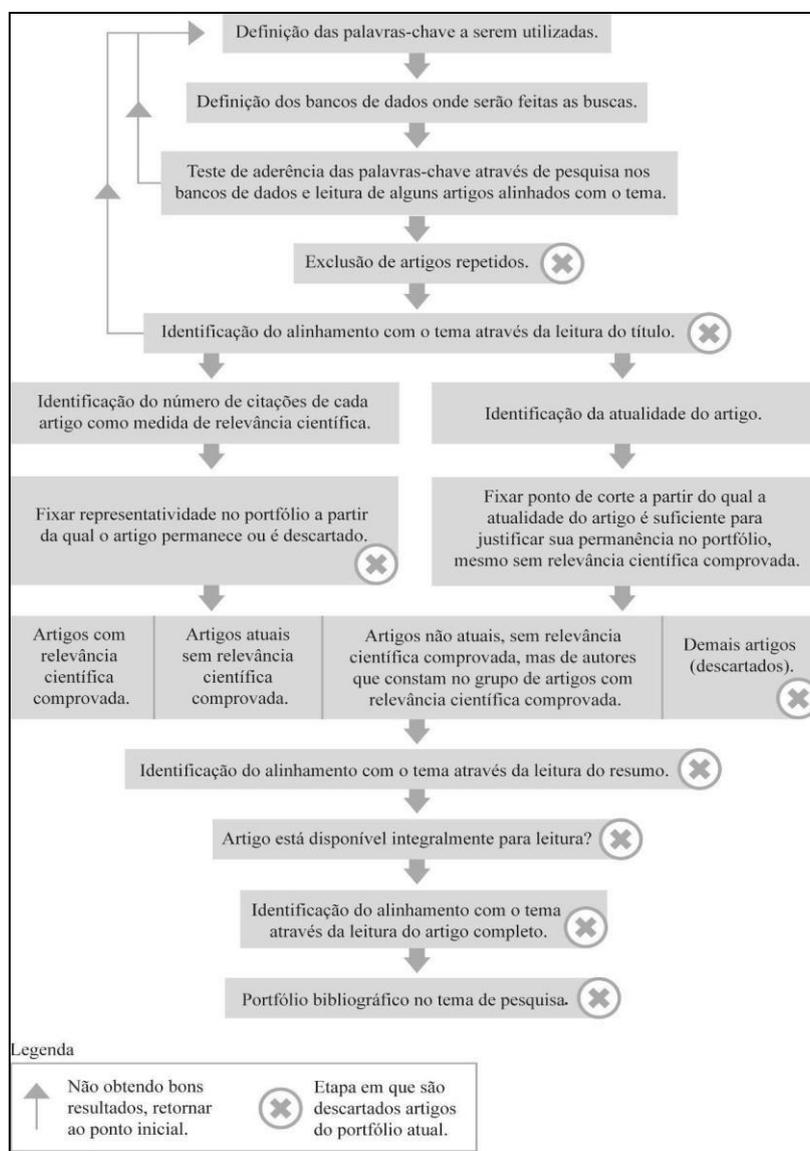
A obtenção dos dados relacionados com os objetivos foi realizada em quatro etapas:

- 1) Seleção do portfólio bibliográfico;
- 2) Análise bibliométrica do portfólio bibliográfico;
- 3) Análise sistêmica do portfólio bibliográfico e;
- 4) Descrição dos resultados do objetivo.

A obtenção do portfólio bibliográfico foi realizada sob os critérios de buscas objetivamente relevantes ao tema, com ênfase nos artigos de maior destaque científico.

Com base no portfólio obtido, foi realizada uma análise bibliométrica para a gestão e organização das informações. Tal procedimento é definido como etapa posterior à seleção do portfólio bibliográfico, de acordo com a metodologia de Ensslin, et al. (2010), e segue passos estruturados em sua elaboração (Figura 14).

Figura 14: Resumo do processo de seleção do portfólio bibliográfico da metodologia de construção do conhecimento ProKnow-C



Fonte: Ensslin, et al. (2010).

A partir da definição dos eixos da pesquisa, foram definidas as palavras-chave utilizadas nos mecanismos de busca, a fim de se obter os artigos científicos no tema da pesquisa. Para tanto, estas palavras-chave foram utilizadas isoladamente ou combinadas. As bases de dados foram selecionadas e utilizadas para realizar a busca dos artigos relacionados com o tema. Os resultados obtidos em cada base de dados foram exportados para um software de gerenciamento bibliográfico para facilitar a manipulação das informações, sendo nesse caso o Mendeley Desktop, que é uma ferramenta muito utilizada em trabalhos acadêmicos, pois tem a função de gerenciar referências automaticamente. Após a seleção do portfólio bibliográfico, foi realizada a organização dos documentos através de uma planilha de Excel versão 2017, para auxiliar no momento de busca dos artigos.

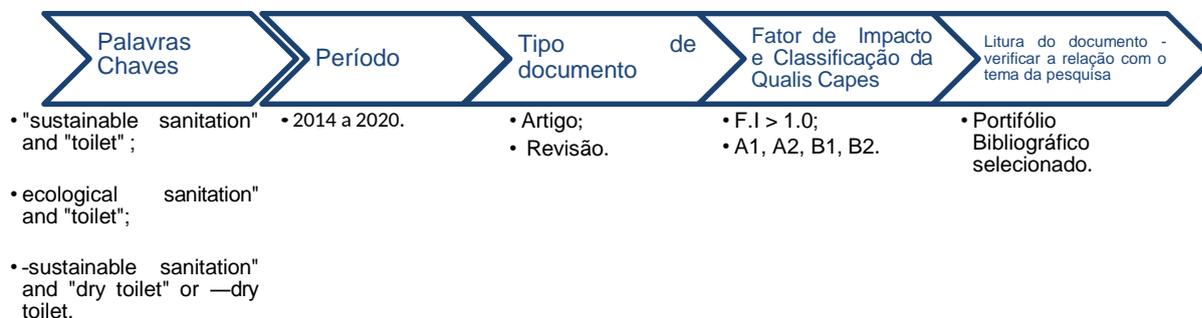
Após a verificação da adequabilidade das palavras-chave ao tema da pesquisa e realizada a busca de artigos, foram aplicados os filtros para seleção dos documentos nas bases de pesquisas e analisou-se a relevância das informações acerca do tema da pesquisa, suas tecnologias e aplicações. O objetivo foi proporcionar uma ampla discussão acerca dos banheiros secos e suas aplicações com objetivo de recuperação de nutrientes.

Para a seleção do portfólio, as palavras-chave utilizadas foram retiradas do site de busca Scopus, que segundo Ferenhof et al., (2014) é a base de dados com um alto nível conceitual no mundo acadêmico. No ano de 2014 o SCOPUS contava com aproximadamente 15.000 periódicos indexados, quase 265 milhões de sites, 18 milhões de patentes e outros documentos. Assim, foram utilizadas como palavras chaves: "*sustainable sanitation*" e "*toilet*" para a primeira pesquisa; na segunda pesquisa foram utilizadas: "*ecological sanitation*" e "*toilet*"; e, por fim, na terceira pesquisa foram utilizadas: "*sustainable sanitation*" e "*dry toilet*" ou "*-dry toilet*". A utilização das palavras-chave é justificada pelo seguinte motivo: em vários artigos utiliza-se o termo *ecological sanitation*, porém a nomenclatura atual mais utilizada é *sustainable sanitation*.

Ressaltamos que o termo *ecological sanitation* foi utilizado por vários períodos em diferentes bases de pesquisas para referenciar o que se chama, atualmente, saneamento com ênfase na recuperação dos recursos e, mais recentemente, saneamento inteligente. Sendo assim, nesta pesquisa utilizaremos o termo saneamento inteligente.

Com as combinações das palavras-chave, foram encontrados 137 artigos pertinentes. O primeiro filtro deu-se pela seleção do material, utilizando um intervalo temporal entre os anos de 2014-2020, totalizando 58 documentos. Em seguida, foram lidos todos os títulos e resumos desses artigos, com o objetivo de selecionar apenas os que se relacionassem com a tecnologia dos banheiros secos como ferramenta para aplicação do saneamento sustentável, limitando-se a um total de 36 artigos. Por fim, aplicou-se mais um filtro, e foram escolhidos os periódicos com fator de impacto igual ou maior que 1 (um), totalizando 25 documentos (Hu, M., et. al., 2016; Cheng, S., et. al., 2017; Chirjiv, K., et. al., 2013; Kim, A., et. al., 2018; Dickin, S., et. al., 2017; Zakaria, F., et. al., 2017; K.R. Effebi., et. al., 2017; Hennigs, J., et. al., 2019; R, Tobaias., et. al., 2016; Ignacio, J., et. al., 2018; Silveti, D., et. al., 2019; F, Salisbury ., et. al., 2018; Trimmer, J., et. al., 2017; Jenkins, M., et. al., 2013; Mkhize, N., et. al., 2017; Zhou, C., et. al., 2010; Dwipayanti, N., et. al., 2017; Prasad, C., et. al., 2015; Langergraber, G., et. al., 2004; Uddin, D., et. al., 2015; McConville, J., et. al., 2014; Russel, K., et. al., 2019; Lenau, T., et. al., 2015; The, T., et. al., 2015). Os periódicos escolhidos demonstram a capacidade de se trabalhar os aspectos mais modernos da tecnologia, com ênfase na sua aplicação e utilização, conforme ilustra a figura 15.

Figura 15: Etapas da seleção do portfólio bibliográfico através dos filtros utilizados no PROKNOW-C



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

4.1.1 Mapeamento bibliométrico

Através das palavras chaves informadas, foi construída uma rede de correlação com os documentos presentes na bases de dados consultada, demonstrando qual a terminologia mais utilizada pelos autores em áreas de conhecimento correlatas, delimitando sua freqüência, as ocorrências nas publicações e as interações entre elas. Quanto maior a relação entre as palavras (cluster), maior será sua aproximação. O mapeamento através de mapa de redes é uma técnica importante para demonstrar as lacunas de conhecimento envolvendo um tema de pesquisa, os números de publicações, períodos de ocorrências e os grupos de pesquisas que possuem maiores interações entre si. (Waltman, L. Eck, N. J. V., 2018)

4.2 DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO

O BSS possui uma câmara de secagem de simples manutenção e operação, sendo avaliado de BSS consolidada como alternativa para recuperação dos recursos. O modelo consiste em uma câmara de armazenamento dividida em duas partes, sendo a da frente destinada à urina e a de trás para as fezes humanas. Após depositar os dejetos sólidos, os usuários adicionam um material rico em carbono (serragem, cinzas) para auxiliar o processo de estabilização das fezes e controlar o mau cheiro no banheiro (figura 16).

Figura 16: Vista das bacias sanitárias secas para coleta separada de fezes e de urina



Fonte: Manual de Operação e de manutenção banheiro seco 3M2-520. Agualev. 2020

As duas bacias secas idênticas do BSS são instaladas lado a lado no interior do banheiro, caracterizando o banheiro de câmaras múltiplas (duas câmaras). As duas câmaras funcionam de maneira alternada e descontínua, permitindo que a urina e as fezes sejam tratadas continuamente. A câmara destinada para a urina promove a estocagem por um período suficiente para que ocorra a inativação de organismos patogênicos através de amonificação. Após o período de estocagem, a urina higienizada poderá ser aproveitada como fertilizante na agricultura ou em jardins (figura 17).

Figura 17: Recipiente de armazenamento da Urina separada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O sistema de armazenamento da urina foi acoplado ao reservatório de estocagem através de um tubo de queda. Este reservatório possui volume útil de 50 Litros, o que é suficiente para assegurar que a urina produzida por uma família com 5 pessoas (~ 5 Litros/dia) seja estocada por um período de 10 dias. Quando este reservatório estiver cheio, a urina verterá pelo extravasor situado na sua parte superior e será direcionada para um sumidouro. A cada seis meses o reservatório de urina deve ser lavado e todo material sedimentado removido.

Já as fezes são encaminhadas para a câmara de secagem, dentro da qual se encontram dois recipientes, cada qual instalado debaixo de uma das duas bacias sanitárias separadoras (figuras 18 e 19). É importante frisar que tais recipientes funcionam alternadamente e de maneira similar. O tempo de estocagem das fezes no recipiente em uso será de aproximadamente seis meses, promovendo uma redução de volume inicial de material fecal de até 80%. Quando o limite de estocagem de um recipiente for atingido, ocorre a troca da bacia sanitária pela que está em desuso, que passa ser usada rotineiramente até o limite de enchimento do seu respectivo recipiente de estocagem. Os recipientes são móveis e podem ser retirados da câmara de secagem através da tampa de abertura situada na parte alta desta. Isso permite aos usuários a recuperação do composto com facilidade, sem a necessidade de empregar quaisquer utensílios dentro da câmara. Ensaios preliminares comprovaram que a configuração da câmara seca proporciona temperaturas superiores a 50°C no seu interior, facultando uma compostagem termofílica do material fecal. Finalmente, a câmara de secagem é dotada de um sistema de ventilação que propicia o escoamento dos gases no sentido do interior do banheiro e da própria câmara para a atmosfera, prevenindo desconfortos para seus usuários.

Figura 18: Banheiro seco utilizado nos testes com vistas na câmara de secagem das fezes e tubo de exaustão do protótipo



Fonte: Elaborador pelo autor, 2020.

Figura 19: Caixas de armazenamento das fezes



Fonte:Elaborado pelo autor, 2020.

Após o tratamento do material fecal, o mesmo deve ser removido dos reservatórios e ser submetido a tratamentos complementares como, por exemplo, adição de cal equivalente a 1/3 do volume do material fecal ou a ser exposto sobre o solo, em uma fina camada de até 10 cm para secagem complementar durante sete dias. O material higienizado poderá ser utilizado como adubo em plantações cuja cultura não entre em contato com o solo e não seja de consumo cru.

4.3 Descrição do experimento

O experimento foi realizado na empresa Fluxo Ambiental, localizada no Município de Vila Velha – ES. Trata-se de uma pequena empresa fabricante de estações de tratamento de esgoto e de água, além de atuar como prestadora de serviços especializados em tratamento e reuso de esgoto, tratamento de águas e aproveitamento de águas pluviais.

A empresa Fluxo Ambiental foi escolhida como ambiente relevante, tendo em vista o quadro de funcionários, a atuação da empresa na área do saneamento ambiental e pela parceria na idealização da bacia sanitária seca, além de ser a detentora da patente industrial da tecnologia. Outro ponto importante é que diversas pesquisas já foram realizadas na empresa. Dessa maneira, por se tratar de um protótipo em fase inicial de teste, optou-se por utilizá-lo em um grupo que foi previamente exposto a outras pesquisas e uma empresa que possui as características necessárias para auxiliar na identificação do grau de prontidão da tecnologia.

O protótipo foi instalado em uma área impermeabilizada, próximo ao pátio fabril da empresa, facilitando, assim, o uso dos funcionários colaboradores da pesquisa. O ponto de instalação foi escolhido considerando a maior incidência dos raios solares, em um local que recebe sol durante praticamente todo o dia, favorecendo o processo de secagem das fezes (figura 20).

Figura 20: Georreferenciamento da empresa Fluxo Ambiental, campo experimental da pesquisa



Fonte: Google Earth, 2020

Após a instalação do banheiro seco na empresa, foi realizado um treinamento de nivelamento com todos os colaboradores e, na sequência, foram realizadas visitas rotineiras ao local (figura 21).

Figura 21: Treinamento com os colaboradores da empresa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Foram abordados temas acerca do objetivo da pesquisa, do funcionamento do protótipo, da sua operacionalização, suas rotinas de manutenção, e como seria

a participação dos colaboradores durante todo o período de teste e monitoramento.

4.3.1 AVALIAÇÕES DA PERCPEÇÃO DE ODOR DO BANHEIRO SECO SEPARADOR DE URINA E FEZES

4.3.2 Seleção do Júri

O júri sensorial foi selecionado através de cadastramento de voluntários entre os funcionários da empresa Fluxo Ambiental, na faixa etária de 18 a 50 anos. Para tanto, levou-se em consideração o interesse do indivíduo em participar da pesquisa e a disponibilidade para fazer parte dos testes e do júri com a frequência necessária.

Os membros do júri foram convocados semanalmente durante 8 semanas, sendo o júri formado por 9 (nove) membros para conduzir os testes, conforme orientação da EN 13725. As principais recomendações aos jurados foram que não conversassem durante o período de avaliação, para que nenhuma resposta pudesse sofrer interferência com a opinião do outro. Utilizando os critérios da EN 13725, para a escolha dos jurados foram considerados os seguintes requisitos mínimos:

- ✓ Disponibilidade, pontualidade e tranquilidade no momento da avaliação;
- ✓ Habilidade nas respostas dos atributos sensoriais. Deve-se evitar qualquer tipo de comunicação com os outros jurados durante os testes, pois a resposta é única e independente;
- ✓ Avaliou-se a acuidade sensorial e o poder de discriminação para cores;
- ✓ A faixa etária recomendável situou-se entre 18 a 50 anos, pois, após esta idade, o indivíduo pode revelar certa dessensibilização dos órgãos sensores;

As orientações fornecidas previamente aos testes foram:

- ✓ A partir de 30 minutos antes, e durante a medida olfatométrica, os membros do júri não devem fumar, comer, beber (exceto água) ou mastigar goma de mascar ou chupar balas;

- ✓ Tomar cuidado em não provocar interferência em sua própria percepção ou mesmo dos outros nas salas de odores por falta de higiene pessoal ou por utilização de perfumes, desodorante, loção corporal ou produtos de beleza;
- ✓ Em caso de gripe ou de outra infecção afetando a sua percepção de odor (por exemplo, crises de alergia, sinusite) devem ser excluídos imediatamente da medida;

Ressalta que todos os selecionados são usuários e participantes da pesquisa. Além da norma técnica, foi aplicado o formulário específico para a seleção do júri (anexo 3), o que resultou em um conjunto com a seguinte composição:

- 100% dos entrevistados não são e nunca foram fumantes;
- 100% dos entrevistados não possuem alergia a odores fortes;
- 100% dos entrevistados tomam Café/Chá/Similares com frequência;
- 100% dos entrevistados possuem sistema olfativo normal.

Cuidou-se de se assegurar que o código de conduta era perfeitamente conhecido por cada membro do júri. Isso porque a implementação do código de conduta tem uma influência direta nos resultados do ensaio e, portanto, é de primeira importância. Assegurou-se ainda a motivação dos membros do júri em todas as medidas, atentando-se para a eventual necessidade de ações corretivas.

Os nove jurados selecionados foram responsáveis por preencher o questionário elaborado pelo autor da pesquisa, com perguntas simples e diretas relativas à percepção de odor nos pontos vistoriados. Foram realizados testes olfatométricos e organolépticos, de hedonicidade e intensidade odorante.

As perguntas estão descritas no questionário de monitoramento de odores (anexo 1). Os testes foram realizados em pontos estratégicos, próximos ao protótipo, e a escolha dos pontos se deu no entorno do sanitário, próximo ao exaustor de gás acoplado na câmara de compostagem e desidratação das fezes e dentro do banheiro. Os pontos amostrais foram escolhidos por serem mais representativos, priorizando o início do teste no ponto onde se estima uma concentração mais baixa de odores, para o ponto onde a concentração

pode ser mais alta, auxiliando a sensibilidade dos jurados. Utilizou-se o formulário de monitoramento de odores no momento das vistorias. O formulário abrange questões relacionadas com os parâmetros organolépticos.

4.3.3 Teste de Ofaltometria

Utilizou-se uma equipe sensorial efetiva para a realização da análise olfatométrica a partir de critérios específicos que podem influenciar na percepção do indivíduo que avalia um determinado produto e os fatores ligados aos receptores sensoriais, sistema nervoso ou sua relação com os estímulos-respostas, mais conhecidos como fatores psicológicos e os fatores sociológicos como, por exemplo, o sexo, a idade, os hábitos alimentares, dentre outros.

A seleção das pessoas que constituíram o júri foi a parte fundamental na medição de odor, conforme orienta a EM 17235-CEN 1999. Elas foram selecionadas e treinadas para expressar sua opinião/impressão a respeito da presença ou ausência de odor nos pontos analisados.

Através dos testes, foram determinados;

- ✓ Limite de percepção olfativa (k50) → definido quando 50% do júri exposto detectam o odor a que estão sendo submetidos (Bichara, 1997).
- ✓ Limite de identificação olfativa → quando 100% do júri exposto identificaram nominalmente o odor do material odorante ou odorífero a que foram expostos.

As amostras foram analisadas em 3 etapas (3 rounds) e foram posteriormente unificadas para a determinação do limite de percepção (QUADROS, 2007)

4.3.4 Teste Organoléptico - Análise da hedonicidade odorante.

A análise de hedonicidade possui uma característica olfométrica que se complementa à intensidade de odor. O valor hedônico é um medidor de agradabilidade do odor, classificando-o como prazeroso ou não. A polaridade, representada pela sensação de prazer ou desprazer. A pesquisa utilizou o método comparativo para efetuar a avaliação da hedonicidade através de um painel de odor. A hedonicidade foi avaliada através da escala de incômodo no

momento das inspeções in loco e registrada no questionário monitoramento de odores (anexo 1)

Nesta fase foram aplicados os testes específicos relacionados com odor, através de pontos pré-definidos na área externa e interna do banheiro. Os pontos foram selecionados levando em consideração o seu potencial odorante, ou seja, a probabilidade de se sentir algum odor naquele determinado ponto. As figuras 22 e 23 ilustram as definições dos pontos.

Figura 22 Seleção dos pontos de monitoramento externo do sanitário seco



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Figura 23 Ponto de monitoramento interno



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Os pontos foram selecionados tendo em vista o potencial odorante de cada um. O ponto 1 (P-1) está próximo ao reservatório de urina, o ponto 2 (P-2) está ligado à câmara de secagem das fezes, na circunferência de passagem do tubo de exaustão, e o ponto 3 (P-3) na parte interna do banheiro.

As análises ocorreram semanalmente durante o período de 08/09/2020 a 16/12/2020. Assim, nos meses de setembro, outubro e novembro foram realizadas quatro análises mensais e, no mês de dezembro, finalizamos com três análises.

Conforme já descrito, aplicou-se o questionário de monitoramento de odor (anexo 1), em que cada jurado tinha total liberdade de expressar sua opinião, considerando a percepção do sistema olfativo. As respostas foram avaliadas individualmente, cada pergunta gerou uma análise específica e os resultados foram descritos mensalmente.

Após preenchimento do questionário os dados foram utilizados para avaliar a relação de incômodo (hedonicidade) que o júri sentiu. Sendo assim, os jurados foram instruídos a determinar a hedonicidade do odor utilizando uma escala que vai de -5 (muito desagradável) a +5 (muito agradável).

4.4 ANÁLISES DE MATURIDADE TECNOLÓGICA PROTÓTIPO

Foram realizados testes de validação e operacionais para avaliar qual é o nível de maturidade tecnológica atual dos sanitários secos, tendo como referência os protótipos já citados anteriormente.

É importante salientar que foi realizado um ajuste para avaliar o nível de maturidade tecnológica do sanitário seco, tendo em vista que os testes foram realizados em escala piloto. A tecnologia foi testada no ambiente operacional de uma indústria, sob condições que correspondem à aplicação final do produto em quase todos os aspectos.

4.4.1 TRL 1 Princípios Básicos e TRL 2 Identificação das Aplicações Práticas Iniciais.

Nesta etapa, a pesquisa está voltada para o princípio básico da tecnologia e as aplicações iniciais de uso. Foram utilizados dados secundários do mapeamento bibliográfico realizado através do Proknow-C. Foram utilizados aproximadamente 25 artigos no mapeamento.

Após a escolha do artigo e revisões, foram aplicados os seguintes filtros de seleção: (1) leitura e seleção dos títulos que possuíam correlação com a pesquisa, (2) leitura do resumo para verificação da existência de dados importantes para a pesquisa e (3) leitura completa do documento.

Nesta etapa da pesquisa bibliográfica os objetivos principais foram:

TRL1 - analisar o princípio básico das bacias secas;

TRL2 - analisar os usos e aplicações das bacias sanitárias secas.

4.4.2 TRL 3 – Função crítica ou prova de conceito

Considerando que esta foi uma etapa preliminar de pesquisa, por se tratar de um banheiro seco protótipo, não foram realizados testes laboratoriais e analíticos. Não obstante, a prova de conceito da tecnologia foi realizada com base no mapeamento bibliográfico e na construção, operação e manutenção do banheiro seco como solução para o gerenciamento das excretas humanas. Utilizamos como base a NSF/ANSI 41-2018, normativa americana aplicada para os sistemas de tratamento saturados, que não usam líquidos para carreamento de excretas, e a ISO 30500:2018, ambas as metodologias que podem ser aplicadas aos sanitários secos.

Os estudos foram idealizados para validar fisicamente o protótipo, usando como parâmetros o monitoramento de odor dentro e fora do sanitário em pontos pré-definidos, a acessibilidade, a usabilidade, a temperatura e a umidade. Para tanto, foram realizados testes específicos e uma pesquisa quantitativa aplicada com questionários. Os parâmetros para validação dos sistemas estão descritos na ISO 30.500:2018 e na NSF /ANSI 41-2018.

4.4.3 Validação da Tecnologia

A validação da tecnologia buscou comprovar sua validade legítima através dos realizados. Ela pode ser de duas maneiras dentro do contexto do nível de prontidão tecnológica:

1º) Em ambiente de laboratório (TRL 4).

2º) Em ambiente relevante (TRL 5).

No presente caso o TRL 4 não se aplica, uma vez que a tecnologia foi testada em ambiente operacional. Por isso, aplicou-se a validação (TRL 5), pois o banheiro seco estava pronto para a aplicação final em quase todos os aspectos.

4.4.4 Determinação de Temperatura e Umidade

A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas simultaneamente dentro do sanitário e na câmara de secagem. O equipamento utilizado para a determinação foi o termo-higrômetro digital Klimalogg Pro (base), modelo 3030.39.0.00. O aparelho foi fixado na parede do sanitário para que não recebesse a incidência direta de corrente de ar e de insolação (figura 19).

Para medição interna na câmara foi utilizado um transmissor adicional externo TFA KlimaLogg Pro, modelo 30.3039. IT. O equipamento foi fixado na caixa de armazenamento das fezes que não estava sendo utilizada (figura 24).

Figura 24: Medidor de temperatura e umidade KlimaLogg Pro fixado no interior do banheiro seco



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 25: Transmissor TFA KlimaLogg Pro, modelo 30.3039. IT.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A base dos equipamentos se comunicava via rádio frequência com o transmissor em campo e, durante uma faixa de tempo pré-estabelecida pelo operador, os dados foram armazenados pela mesma. Após o armazenamento, os dados eram descarregados através de um transceptor que acompanha o equipamento (figura 26). Os registros coletados pelo transceptor foram descarregados no software Klimalogg Pro e gerados os relatórios e gráficos de temperatura e umidade. Os resultados das análises foram correlacionados com a percepção de odor pelos usuários, por ser esse um dos principais parâmetros que influenciam na aceitação, uso e na comercialização da tecnologia.

Figura 26: Transceptor de dados TFA



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Aplicou-se os testes de correlação para a análise das variáveis quantitativas (Temperatura e Umidade do Ar) referentes as duas estações do estudo. As medidas de correlação utilizadas foram os gráficos de dispersão, além do Coeficiente de Correlação de Pearson. Além disso, objetivando a identificação do comportamento sazonal das variáveis de temperatura e umidade, foram confeccionados gráficos de boxplot, sendo este utilizado para avaliar a distribuição e valores dos dados.

4.4.5 TRL 5/6 - Modelo tecnológico em um sistema ambiente relevante

Nesta etapa, o modelo tecnológico foi testado em um ambiente relevante, capaz de estimular os aspectos fundamentais do ambiente operacional. Para tanto, foi escolhido o setor de produção da empresa Fluxo Ambiental, enfatizando-se a avaliação dos parâmetros acessibilidade e usabilidade do banheiro seco. Estes parâmetros foram avaliados através de inspeção visual, tendo como base a ISO 30500:2018.

A metodologia compreendeu a coleta de dados através de aplicação de questionário semiestruturado. O questionário foi distribuído para a equipe de funcionários da empresa Fluxo Ambiental, contendo cinco perguntas simples e diretas (anexo 2), relacionadas com a opinião acerca do uso e da acessibilidade do banheiro seco.

4.4.6 TRL 7 Demonstração da tecnologia em ambiente operacional.

O ambiente operacional da empresa Fluxo Ambiental engloba os requisitos operacionais e específicos exigidos para a demonstração de um produto ou de uma determinada tecnologia. Nesta fase aplicou-se a metodologia do Painel de Monitoramento de Uso, que consiste de uma planilha para registro da frequência e do tipo de uso do banheiro seco, fixada na parte interna do sanitário (anexo 4). Cada usuário, após utilizar o banheiro, marcou com (x) no campo fezes/urina, permitindo assim a identificação da necessidade fisiológica que deu origem ao uso. Os dados de resposta dos usuários foram analisados referentes á correlação com outros dados a que se refere este trabalho.

4.4.7 TRL 8 – Resultados dos testes e demonstrações

Após os testes e o monitoramento, os resultados foram compilados e tratados, levando-se em consideração a opinião dos usuários. Eventuais resultados positivos demonstrariam que o banheiro seco está pronto para uso e pode ser utilizado em uma escala maior. Posteriormente, poderá ser comercializado, evoluindo ao nível de maturidade tecnológica (TRL 9). Esta etapa representa a aplicação final em todos os aspectos, com a reprodução de novas unidades do banheiro seco dentro dos critérios de qualidades estabelecidos de qualidade e dos atendimentos dos objetivos de melhoria contínua exigidas pelos usuários e agências reguladoras e por estudos posteriores.

5 QUESTÕES ÉTICAS

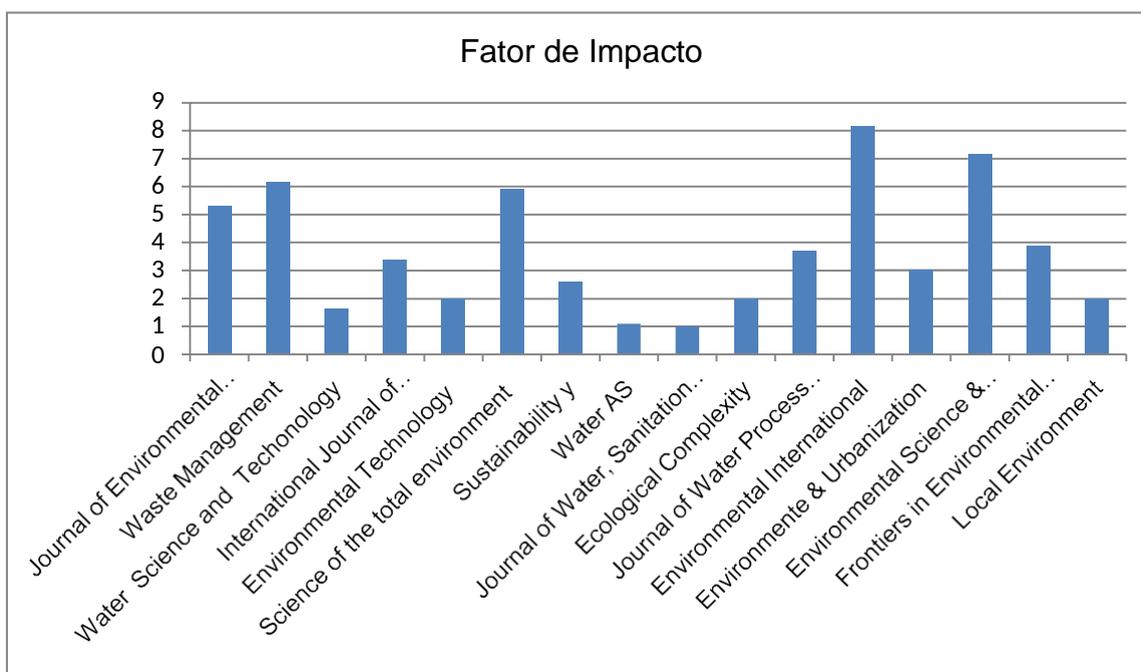
Para o desenvolvimento da pesquisa se fez necessária a avaliação do Comitê de Ética da Universidade Federal do Espírito Santo, para fins de trabalhos que utilizam seres humanos. Este foi o caso desta pesquisa, em que os colaboradores da empresa responderam os questionários relacionados com a validação da bacia sanitária seca. O parecer consubstanciado de aprovação da pesquisa foi emitido pela UFES com número de referência 4.372.207, na data de 30 de Outubro de 2020. O Termo de Assentimento/Justificativa de ausência - TCLE contém os objetivos da pesquisa e a garantia do anonimato em conformidade com a Resolução nº 466/2012 da UFES.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Seleções de Portfólio e Mapeamento bibliométrico

Com relação aos artigos do portfólio, foram consideradas publicações em 18 revistas distintas, todas no idioma inglês, com Fator de Impacto JCR variando de 1,0 a 8,15. Aquelas de maior destaque são apresentadas no gráfico 1.

Gráfico 1: Gráfico com o fator de impacto das revistas selecionados pela metodologia Proknow-c

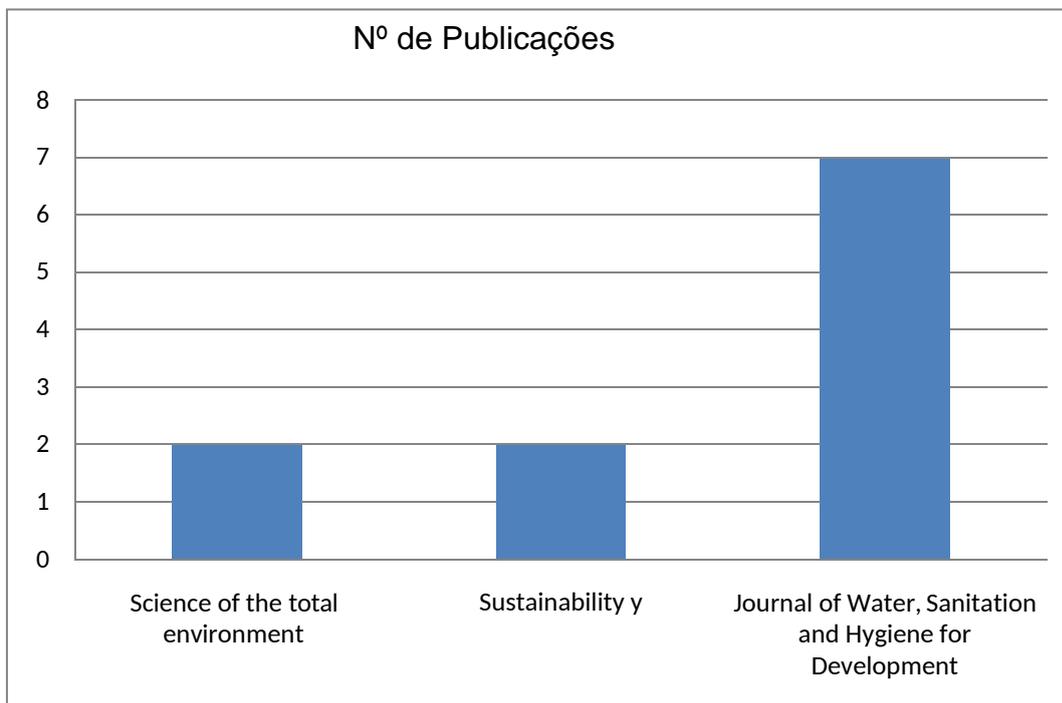


Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que uma diversidade de revistas conceituadas vem abordando o tema como escopo de suas edições, principalmente nos últimos 5 anos.

Em relação às revistas, podemos observar que no maior número de publicações, destaca-se a *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* (gráfico 2) que aborda assuntos relacionados com as matrizes ambientais sobre o saneamento, gerenciamento de resíduos, classificada como B1 no Qualis CAPES (Engenharia 1) com fator de impacto 1.

Gráfico 2: Quantidade de publicações das revistas selecionadas que têm estudados assuntos correlatos com o tema de pesquisa selecionadas através do proknow-c



Fonte: Elaborado pelo autor.

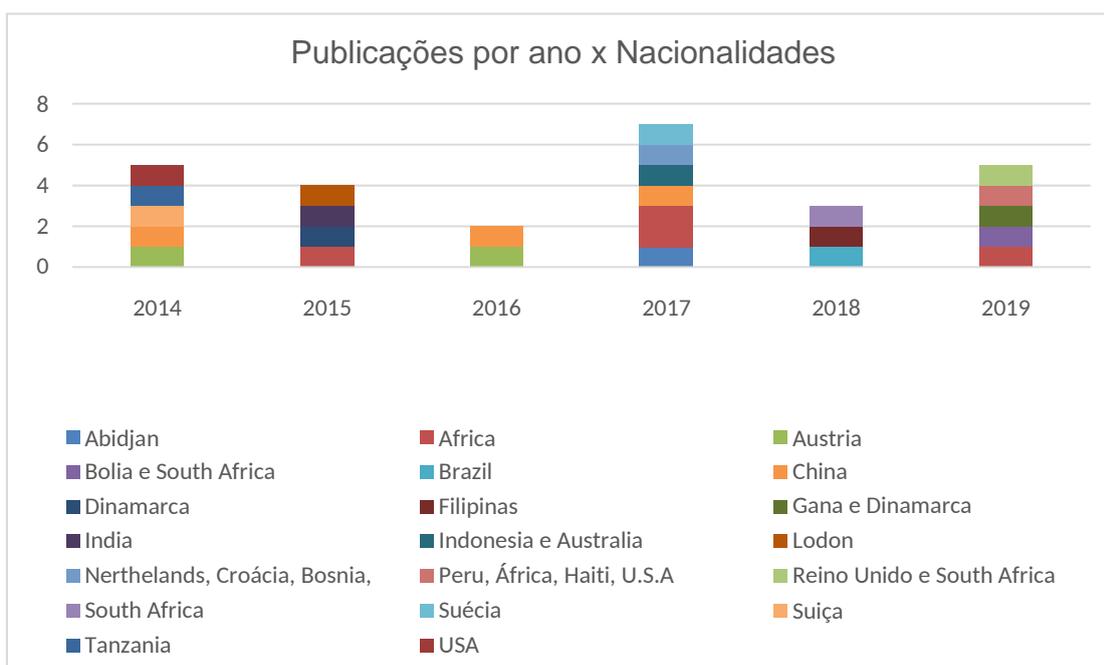
Ressalta-se, que a revista *Sustainability* tem publicado artigos voltados para as questões relacionadas à sustentabilidade ambiental, cultural, econômica e social dos seres e ao desenvolvimento sustentável. Explica-se, desta forma, a relação direta com o tema da pesquisa, envolvendo o saneamento sustentável e o uso dos banheiros secos como alternativa para as práticas de ações sustentáveis relativas ao gerenciamento e uso das excretas classificadas como A2 no Qualis CAPES (Engenharia 1) com fator de impacto de 2,59.

A revista *Science of the total environment* trata de referente ao ambiente total, incluindo a atmosfera, hidrosfera, biosfera, litosfera e antroposfera, que incluem: agricultura, qualidade e saúde humana, serviço de ecossistema e avaliação de ciclo de vida, gerenciamento e política ambiental, tratamento de águas e resíduos e demais áreas e matrizes ambientais. Trata-se de uma revista altamente qualificada e classificada como A1 no Qualis Capes (Engenharias 1) com fator de impacto 5,92.

É importante salientar que, por se tratar de um tema com um crescimento exponencial nos últimos anos, justifica-se o uso de revistas classificadas como Qualis A2 e B1, tendo em vista que o número de publicação em Qualis A1(Engenharias 1) ainda é limitante, porém venha aumentando a quantidade de publicações sobre o assunto.

O gráfico 3 ilustra a publicação dos artigos selecionados ao longo dos anos nos países, demonstrando que o assunto tem sido alvo de pesquisas em várias nacionalidades, com características sociais, culturais, econômicas e ambientais distintas uns dos outros. Esses resultados indicam que as tecnologias de banheiros secos podem ser aplicadas em diferentes países, o que contribui no número crescente de pesquisas envolvendo o tema.

Gráfico 3: Relação dos países que tem publicado artigos relacionados com o tema de pesquisa abordado

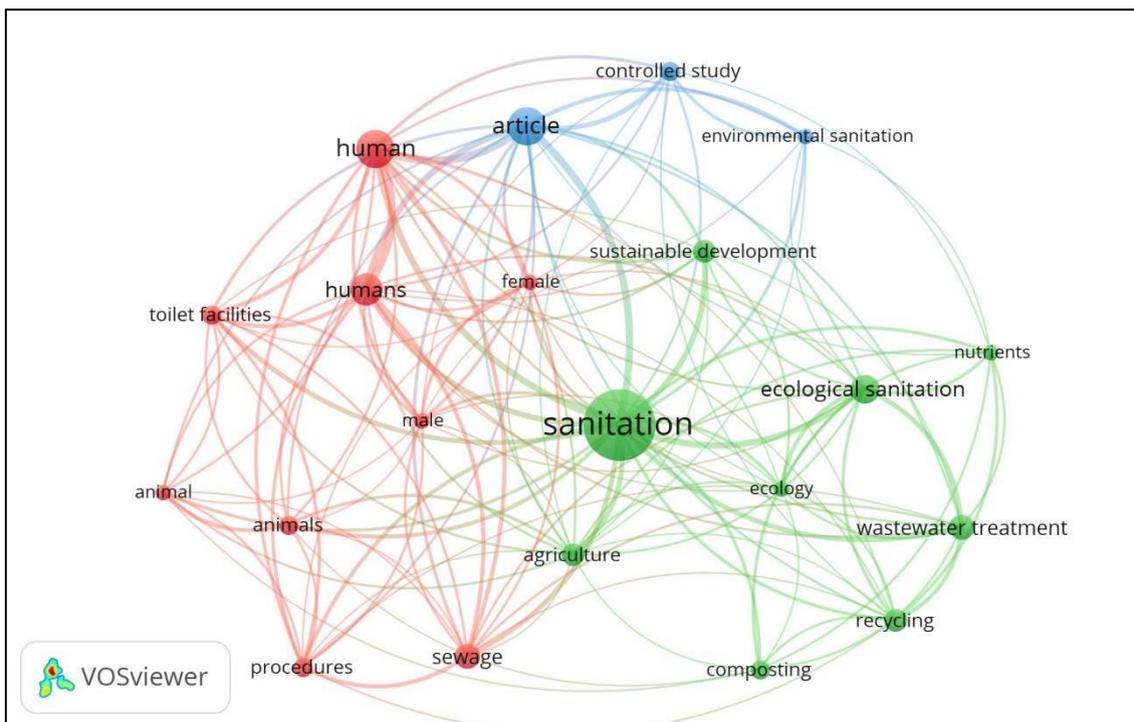


Fonte: Elaborado pelo autor.

O país que mais se destacou foi a África do Sul, seguido de outros países do continente Africano, tendo em vista que a tecnologia é aplicada principalmente nos lugares onde há uma falta de saneamento convencional, que geralmente são lugares marcados pela desigualdade social acentuada, ou seja, países mais pobres. Outro fator importante que explica o resultado é que as

aplicações das práticas de saneamento seco estão associadas à falta de recursos naturais, mas principalmente hídricos. Desse modo, o continente Africano tem demonstrado grande interesse nas realizações das pesquisas e experimentos, utilizando as ferramentas dos banheiros secos.

Figura 27: Mapa de rede das palavras chaves relacionadas com o tema de pesquisa mais usadas pelos autores.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

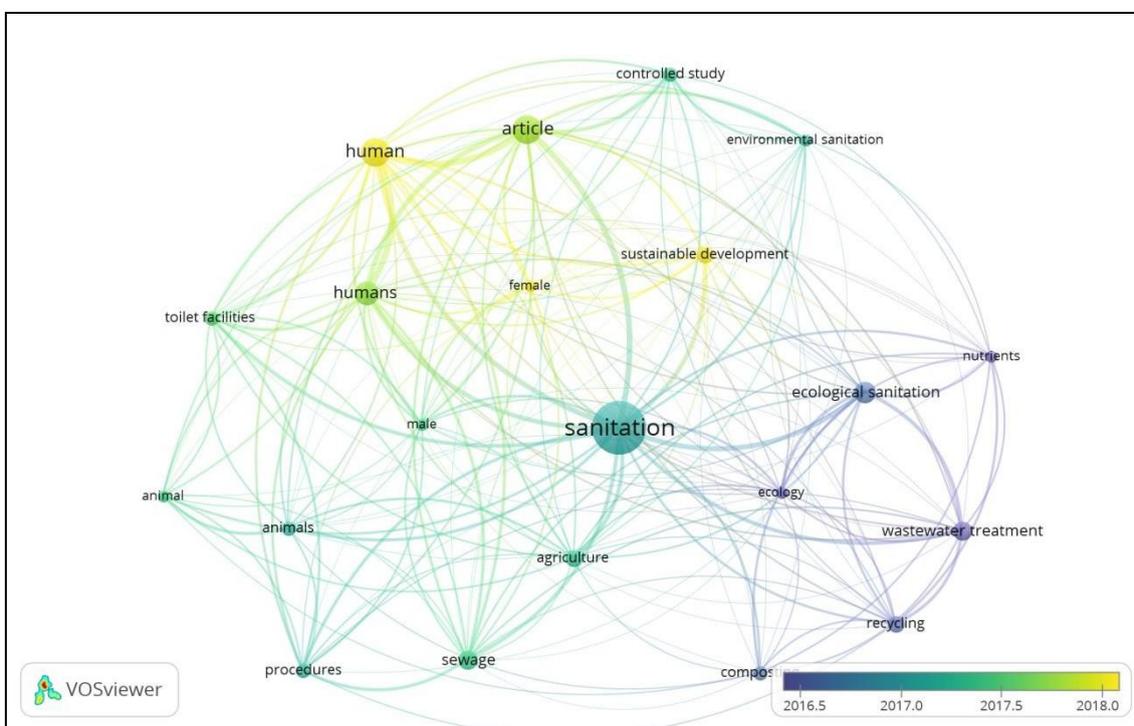
Pode-se observar que existe a formação de *clusters* (bolas) referentes às quantidades de utilização da palavra-chave e sua integração com as demais palavras do grupo. O tamanho de cada cluster demonstra a sua coocorrência nas publicações e o distanciamento entre eles está relacionado com as interações entre as pesquisas. Foram formados três agrupamentos de clusters, conforme a cor de cada grupo, sendo: grupo de cor vermelha, grupo de cor verde e grupo de cor azul.

O grupo de cor vermelha apresenta em suas publicações as relações entre as utilizações das instalações sanitárias (banheiros) com o gênero masculino e feminino. A geração de esgoto, que está diretamente relacionado com o grupo verde, que aborda as relações entre saneamento, recuperação dos recursos

através do tratamento de efluentes e dos sistemas do saneamento sustentável, além da reciclagem dos nutrientes. E o grupo azul demonstra a relação dos estudos e artigos que estão sendo publicados sobre os temas dos grupos verde e vermelho.

Além da relação entre os grupos, *software* explicita a relação dos artigos com os anos de publicações. A figura 28 apresenta o intervalo dos anos de maiores publicações das pesquisas, tendo como base o mapeamento de rede da figura 27.

Figura 28: Mapa de rede das palavras chaves relacionadas com o tema de pesquisa mais usadas pelos autores e o ano de publicação.



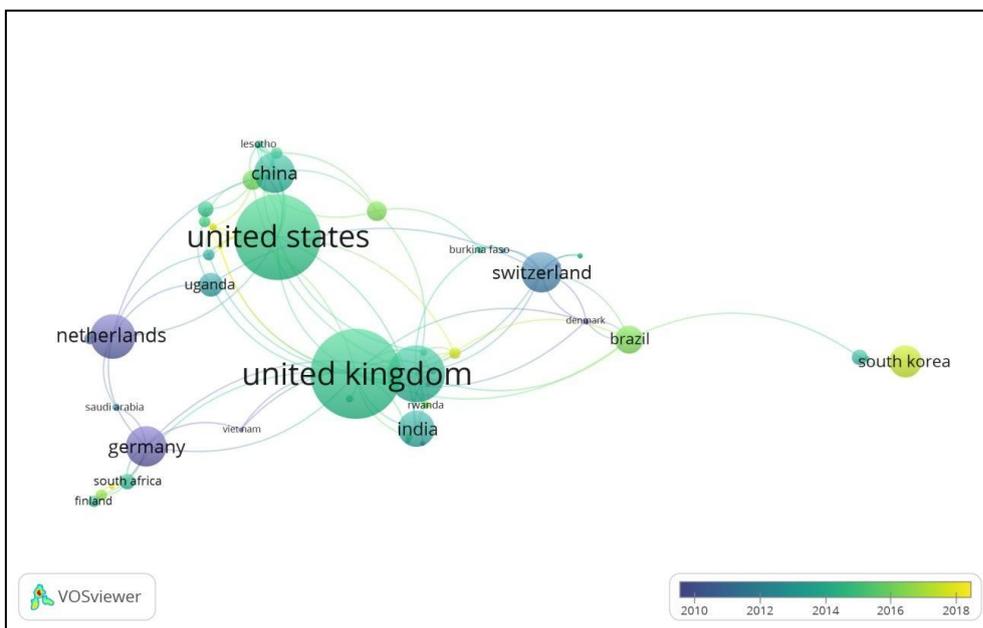
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As publicações tiveram uma correlação significativa entre os anos de 2016 e 2018. O mapeamento dos grupos evidencia que, durante esse período, houve um acréscimo no número de publicações acerca do saneamento, com ênfase nas práticas de saneamento sustentável e recuperação dos recursos.

Como comparativo, foi realizado o mapeamento dos principais países que vêm publicando sobre o tema da pesquisa durante os anos de 2010 a 2018. A figura

29 demonstra que os estadunidenses, europeus, africanos e asiáticos têm uma relação significativa com as publicações.

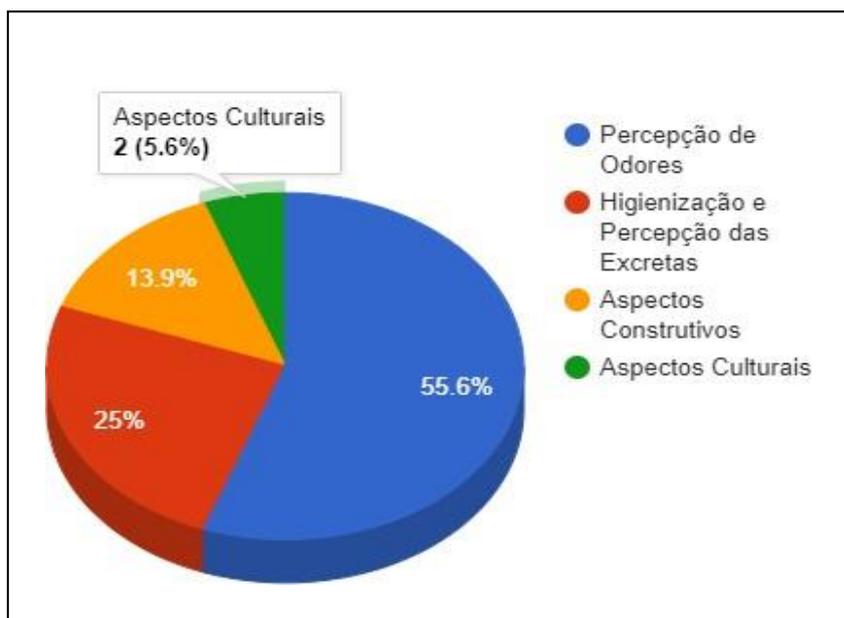
Figura 29: Mapeamento dos países que têm publicado sobre o tema da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Vale notar que os países descritos no gráfico 3 (publicações por ano x nacionalidade) também estão demonstrados no mapeamento do software que avliou as nações que têm estudado com temas relacionados com o saneamento baseado na recuperação dos recursos do esgoto sanitário.

Dentro do levantamento bibliométrico ficou evidente a existência de fatores primordiais que influenciam o uso e a aceitação do sanitário (gráfico 4). Os mais importantes são o mau cheiro, a percepção no acúmulo das excretas e a forma de higienização do sanitário. Além disso, despontam os aspectos construtivos, que neste caso estão relacionados com parâmetros projetuais que podem interferir na acessibilidade e no uso do sanitário. Portanto, esses parâmetros precisam ser analisados momento do planejamento e construção da tecnologia.

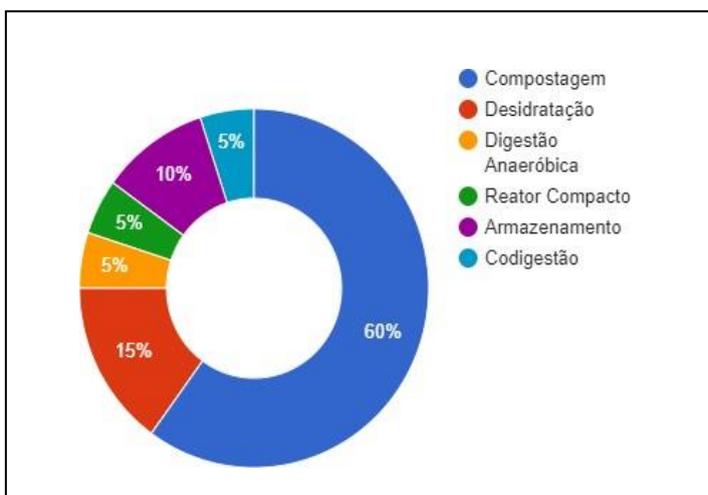
Gráfico 4: Fatores primordiais que influenciam quanto ao uso e a aceitação do sanitário

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

6.2 Tipos de tratamento aplicados as excretas.

Dos artigos que relataram diretamente o tipo de tratamento das fezes, observou-se que 60% utilizaram a compostagem. A compostagem é um tipo de tratamento particularmente simples, que não requer conhecimentos técnicos muito avançados por parte dos usuários, não exige manutenção periódica e pode ser aplicado nos mais diversos cenários sociais, ambientais e econômicos. De acordo com o levantamento bibliográfico, a tecnologia é aplicada em diversos países, com bons resultados no tratamento das fezes. Os demais tipos de tratamento foram utilizados pontualmente em alguns estudos com protótipos e algumas ferramentas específicas (gráfico 5).

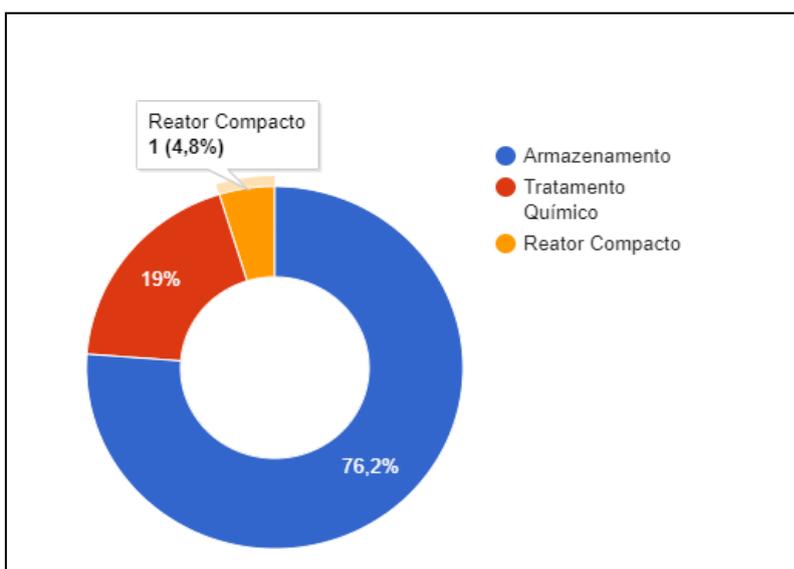
Gráfico 5: Tipos de tratamentos aplicados nas fezes de acordo com o artigos selecionados pelo Proknow-C



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Já no caso da urina, os estudos demonstraram que o tratamento mais aplicado é o armazenamento. Os demais tratamentos, classificados no gráfico 6 como químico, estão correlacionados com processos complementares, como: estabilização, precipitação de estruvita, redução do volume e a nitrificação.

Gráfico 6: Tipos de tratamentos aplicados na urina de acordo com os artigos selecionados pelo Proknow-C

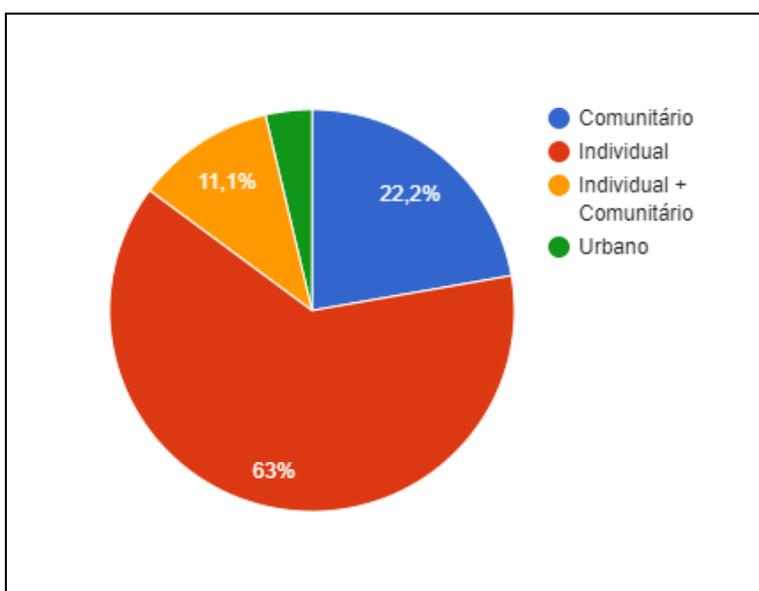


Fonte: Elaborado pelo próprio auto, 2020.

6.3 Gerenciamento e aplicação dos produtos gerados a partir do tratamento das excretas

Além das diversas formas de tratamento, os produtos gerados a partir do uso dos banheiros secos podem ter diferentes destinações. Do portfólio analisado, observou-se que existem diversas formas de gerenciamento das excretas dependendo da escala: modelos individuais, comunais e urbanos (gráfico 7). Dos estudos analisados, 63% utilizaram o gerenciamento individual.

Gráfico 7: Modelo de gerenciamento aplicado aos produtos gerados nas bacias sanitárias secas a partir dos resultados do proknowc



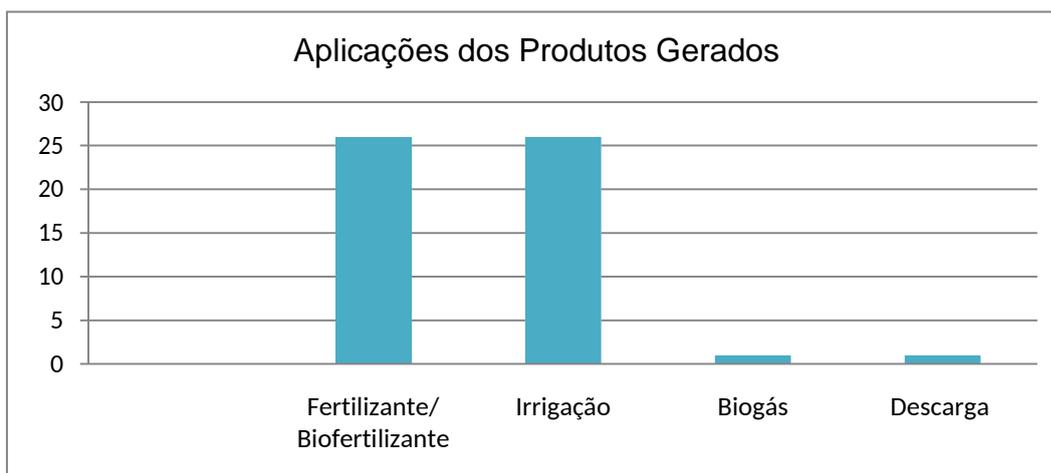
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As soluções tecnológicas individuais muitas vezes são aplicadas em regiões rurais, periféricas de extrema pobreza, desprovidas de saneamento, investimentos governamentais e recursos naturais. Assim, nessas localidades os próprios usuários realizam o gerenciamento dos produtos gerados, principalmente nas zonas rurais. Os modelos comunitários têm crescido através de projetos sociais, envolvendo a participação da comunidade local nas etapas de planejamento, construção, gerenciamento e o aproveitamento dos nutrientes das excretas pós-tratamento. Modelos de gerenciamento urbano ainda são pouco conhecidos, tendo em vista a realidade das cidades, que muitas vezes já possuem sistema de saneamento. Nas cidades, é fato que a

solução tecnológica apresentada neste estudo ainda sofre preconceito por grande parte da população. Além disso, os modelos de gerenciamento devem ser adaptados à tecnologia em conjunto com a realidade e as necessidades socioculturais, ambientais e econômicas existentes da localidade.

Os estudos também demonstram as mais diversas aplicações dos produtos gerados após o tratamento das excretas (gráfico 8). Observa-se que a fertilização através do biofertilizante e a irrigação se destacam em relação às outras possíveis aplicações. Tal resultado justifica-se, pois os banheiros secos realizam o tratamento das fezes por desidratação e/ou compostagem que, por si só, já estão altamente relacionadas com as práticas de fertilização e condicionamento dos solos.

Gráfico 8: Tipos de aplicações das excretas humanas pós tratamento descritas nos estudos analisados pelo proknowc



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A urina, por sua vez, após tratada, já pode ser usada diretamente em alguns tipos de culturas. Assim, o uso através da irrigação é mais comum onde essa tecnologia é aplicada. A coleta do biogás ainda é uma prática pouco comum, mesmo porque a compostagem é concorrente com a digestão anaeróbia como método de tratamento das fezes. Além disso, os moradores de áreas sensíveis e de zonas rurais, ainda que disponham de um biodigestor anaeróbio para tratar as fezes, muitas vezes não possuem recursos suficientes para a coleta e o uso do biogás. As práticas de fertilização dos solos e irrigação já fazem parte

da vida dos usuários das zonas rurais, motivo pelo qual o uso dos produtos gerados para esse fim é mais freqüente, representando um recurso importante para as comunidades agrícolas, particularmente em áreas com solo em declínio de fertilidade e acesso limitado a fertilizantes químicos.

6.4 TESTES ORGANOLÉPTICOS E MONITORAMENTO

6.4.1 Seleção do Júri

Na composição do júri foram 9 (nove) selecionados, 3 (três) colaboradores possuem o ensino médio completo, 3 (três) já possuem pós-graduação, e os demais subdividem-se em um grau de instrução diferente (pós graduanda, ensino técnico e ensino médio) (gráfico 9). A maioria dos jurados não apresentava doenças crônicas, à exceção de 1 (um) integrante que relatou sofrer de enxaqueca.

Gráfico 9: Informações gerais do Júri

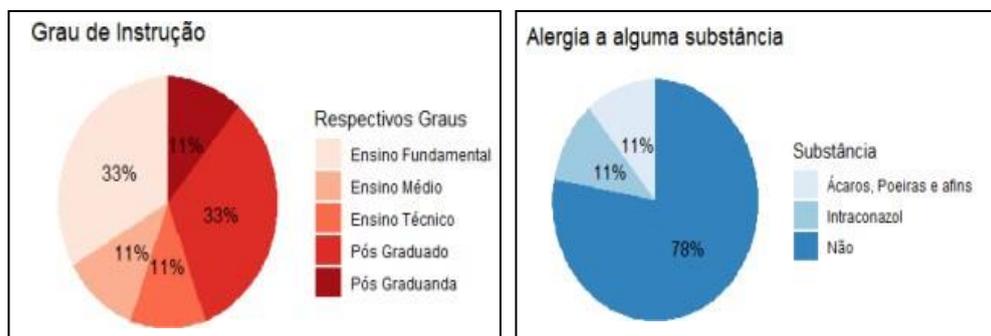


Fig 9ª Grau de Instrução dos jurados

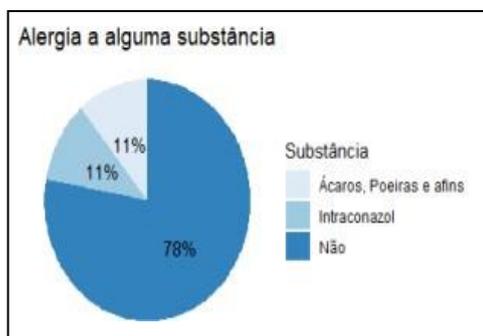


Fig 9b Grau de alergia do Júri.

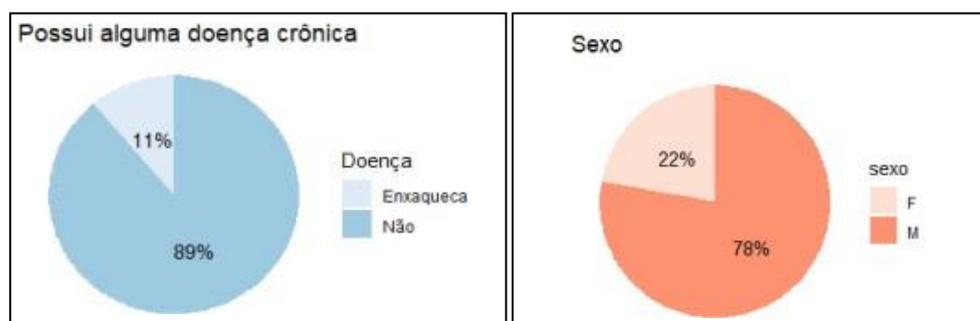


Fig 9c Cenário da Saúde do Juri

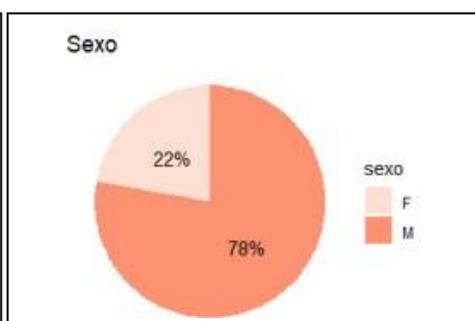
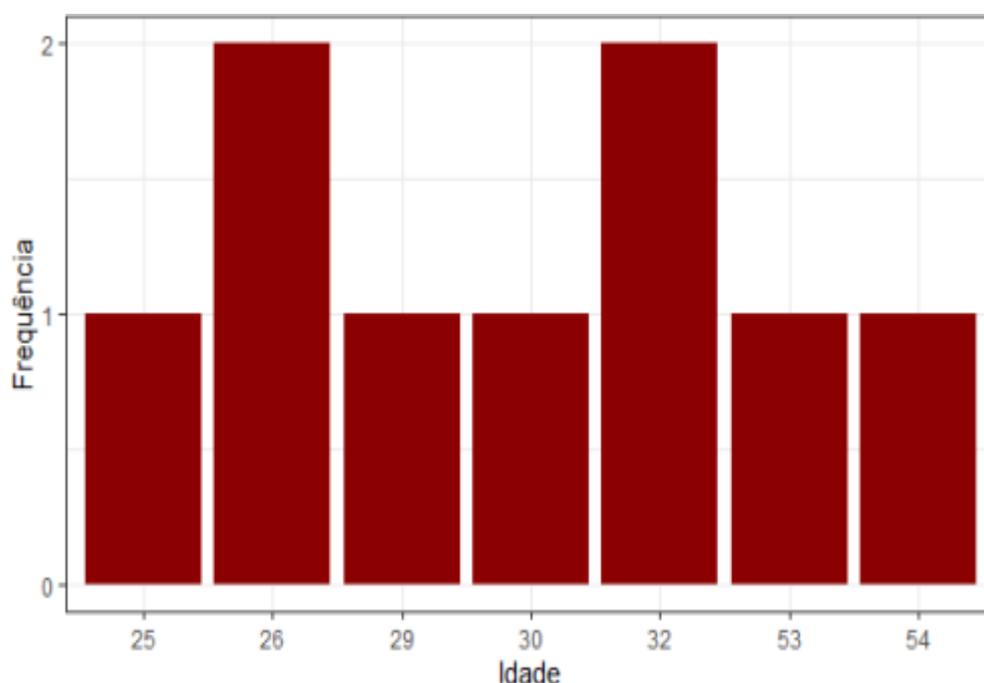


Fig 9d Gênero dos jurados

Outro ponto importante de se destacar é que apenas 2 (dois) jurados relataram ter alergia a alguma substância. Uma pessoa possui alergia a ácaros, poeiras e afins, e a outra pessoa possui alergia a Intraconazol. Por último, referente ao sexo, apenas dois dos 9 entrevistados são do sexo feminino, ou seja, apenas 22% do total.

A norma técnica para seleção do júri recomenda que a faixa etária dos jurados situe-se entre 18 a 50 anos, pois, após essa idade, o indivíduo pode revelar certa dessensibilização dos órgãos sensores. O gráfico 10 demonstra a idade dos jurados selecionados nesta pesquisa.

Gráfico 10: Faixa etária dos participantes do júri



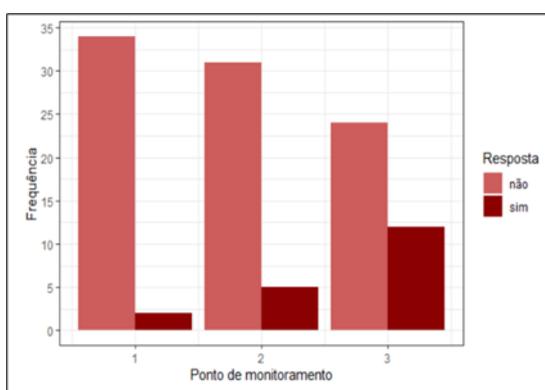
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

O gráfico acima exibe a idade dos 9 (nove) júris entrevistados. Nota-se que há apenas duas pessoas com a mesma idade (26 e 32 anos) e que a maior parte do júri possui idade entre 25 e 32 anos (7 pessoas), estando de acordo com o recomendado na EN 13725. Ressalta que todos os colaboradores da empresa utilizaram o sanitário e participaram do teste (14 colaboradores).

6.4.2 Teste Organoléptico - Análise da hedonicidade

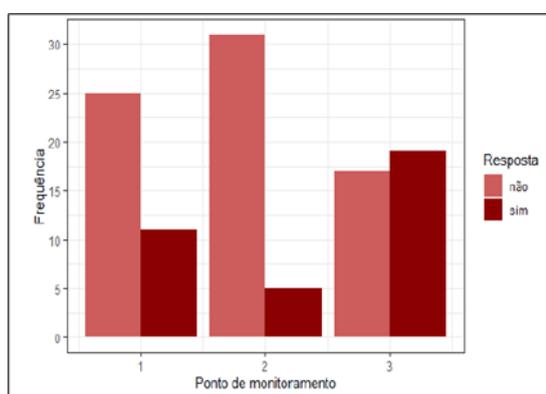
Após o período dos testes, foram obtidos os seguintes resultados para a pergunta 1 (**Neste ponto você sente algum odor?**) do questionário de Monitoramento de Odor:

Gráfico 11: Mês de referência 09/2020



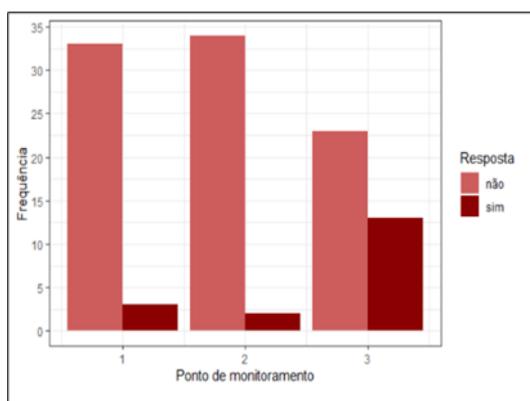
Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

Gráfico 12: Mês de referência 10/2020



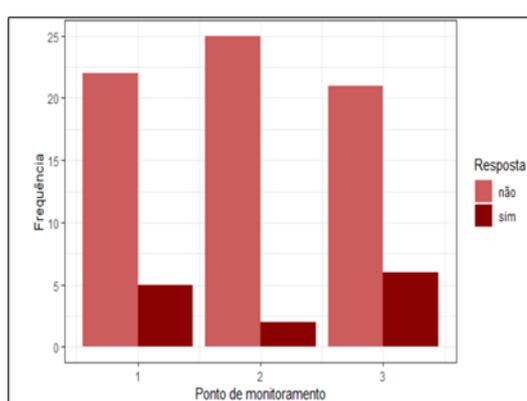
Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

Gráfico 13: Mês de referência 11/2020



Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

Gráfico 14: Mês de referência 12/2020



Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

Legendas: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

No mês de Setembro (09/2020) observou-se a frequência de respostas para a presença de odor em cada um dos três pontos. A taxa de respostas é maior para “não” em ambos os pontos, tendo uma pequena variação para o “sim” no terceiro ponto que é dentro do banheiro.

No mês de Outubro (10/2020) ocorreu um aumento da percepção de odores nos 3 pontos. No ponto 3 podemos observar uma taxa de respostas relativamente iguais, ou seja, a opinião dos jurados foi divergente, quando comparado com o mês de setembro.

No mês de novembro houve uma mudança na percepção de odor, quando se observou uma redução de respostas “sim”, principalmente nos pontos 1 e 3. Quando comparado com os meses anteriores, percebe-se que há uma semelhança maior entre os meses de setembro e novembro. É importante frisar que durante esse período foi realizada uma inspeção in loco e uma reunião no dia 29/10/2020 com todos os colaboradores da Fluxo Ambiental, para alinhar todas as medidas necessárias para o uso adequado do sanitário, normas de higienização e manutenção. Assim, justifica-se a diminuição na percepção de odores quando comparada aos meses de outubro e novembro.

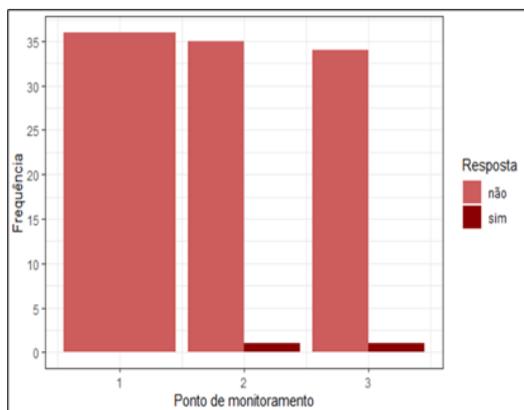
No período do mês de Dezembro (12/2020) não houve aumento na percepção de odor e o gráfico se manteve com uma frequência maior de resposta “não” quando se avaliava algum odor nos pontos de monitoramento.

Observa-se que, independentemente do ponto, a predominância foi de ausência odor, sendo que o ponto de monitoramento 3 foi o que apresentou maior frequência de repostas “sim” Porém, mesmo apresentando a maior frequência, houve um aumento considerável na resposta “não” acerca da possibilidade de incômodos.

Por mais que tenha havido a percepção de odor em alguns pontos, o mesmo não causou incômodo considerável ao júri e foi classificado, na maioria das vezes, como muito fraco. Tais resultados foram expressos nos gráficos a seguir.

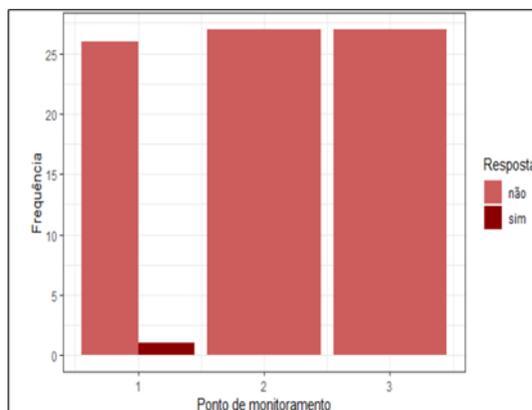
Análise das respostas da pergunta 2 (**Este Odor te causa algum incômodo?**) questionário de Monitoramento de Odor.

Gráfico 15: Mês de referência 09/2020



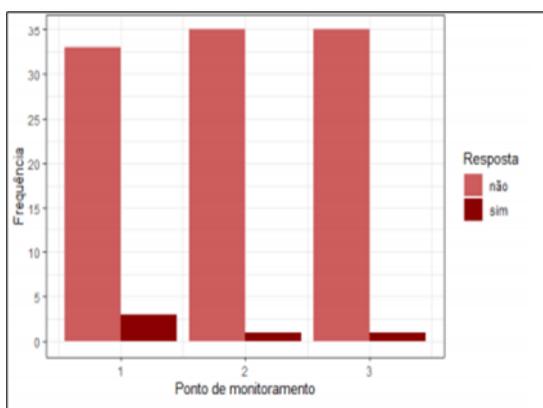
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 16: Mês de referência 10/2020



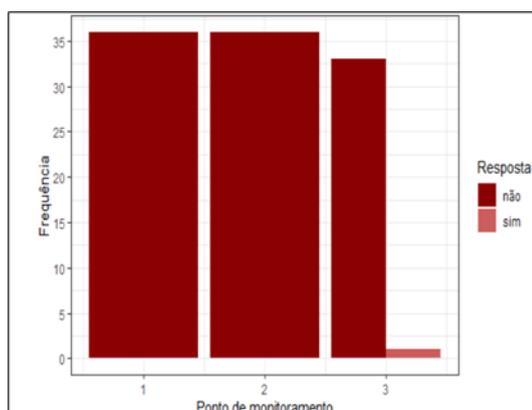
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 17: Mês de referência 11/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 18: Mês de referência 12/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Legendas: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Autoria Própria.

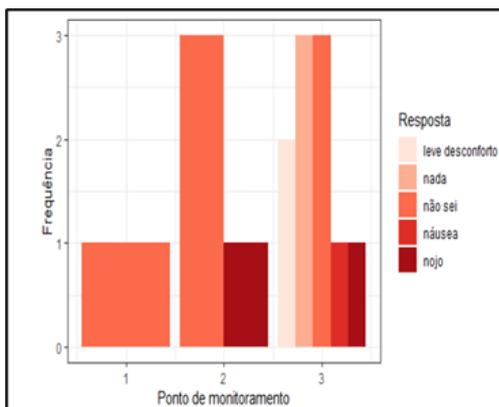
Observou-se que no mês de Setembro a taxa de respostas “não” foi alta, chegando a ser unânime para o ponto 1. Nos pontos 2 e 3, mesmo existindo a resposta positiva, foi relativamente baixa, podendo se concluir que mesmo com odor perceptível o mesmo não causou incômodo ao júri.

Já em Outubro houve uma alteração considerável no cenário, foram unânimes as respostas “não” nos pontos 2 e 3, neste período foram adotadas medidas de manutenção e higienização da BSS, além de reuniões com os colaboradores para reforçar a forma adequada do uso da tecnologia, por isso, obteve-se o resultado em questão

Para o mês de Novembro, os resultados foram semelhantes ao de Setembro, porém, houve uma maior incidência de respostas “sim” no ponto 1, nos demais pontos os resultados foram semelhantes ao mês anterior. A maior frequência para o ponto 1 neste período pode ser justificada, pois o sanitário foi utilizado por todos os colaboradores para urinar. É importante ressaltar que, por mais que tenha havido a percepção de odor em alguns pontos, o mesmo não causou incômodo.

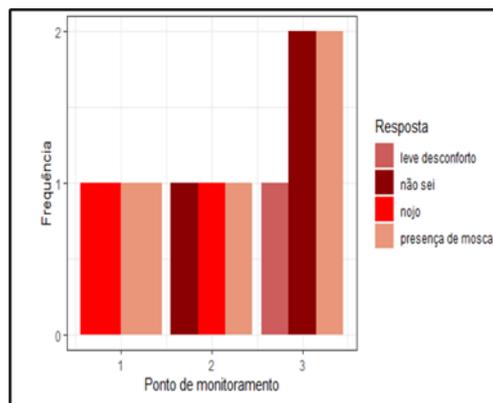
Em Dezembro apenas um ponto teve como resposta “sim”, que neste caso foi o ponto 3. Nos demais, nenhum odor causou incômodo. É importante salientar que, nos questionários, alguns jurados responderam que sentiam incômodos, porém não descreveram qual era o tipo de incômodo e odor. Além disso, alguns jurados relataram que não sentiam incômodos, porém descreveram algum tipo de odor sentido. Uma vez que cada indivíduo possui um sistema olfativo diferente do outro, para alguns o odor era perceptível e não causava incômodo, para outros não havia odor. Desta forma, avaliou-se também a descrição do incômodo, tendo em vista as respostas “sim” obtidas durante os testes, conforme demonstra os gráficos 19, 20, 21 e 22.

Gráfico 19: Mês de referência 09/2020



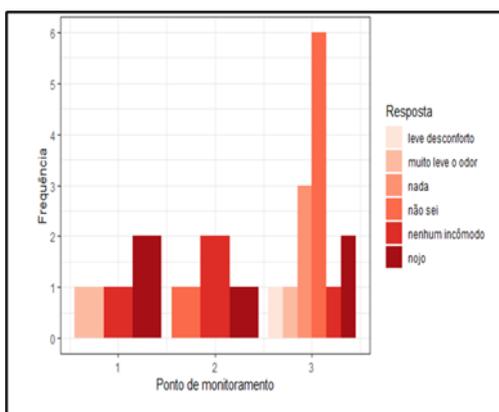
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 20: Mês de referência 10/2020



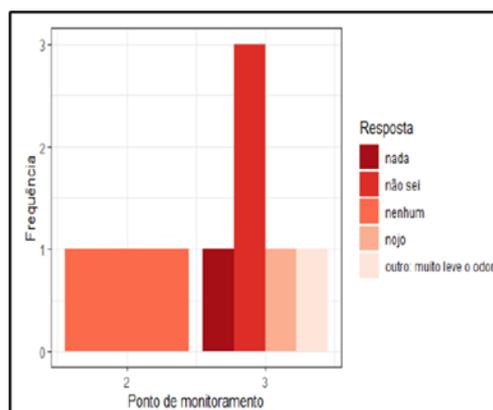
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 21: Mês de referência 11/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 22: Mês de referência 12/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Legendas: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Autoria Própria.

Em Setembro, nos pontos em a percepção, mesmo baixa, apresentaram respostas positivas, observou-se que o incômodo foi classificado como: leve desconforto, nojo, não sabe e nada. Da mesma forma que no gráfico anterior, observou-se que a maioria das respostas, quando ocorria a percepção de odor, foi classificada como: “não sei” e “nada”. No ponto 3, o incômodo foi relatado como: náusea, nojo e leve desconforto, porém é importante frisar que as

respostas classificadas no gráfico acima tiveram uma frequência relativamente baixa, chegando no pico máximo de três jurados sentirem alguma incômodo.

Além do aumento da diversidade de percepção de odores no mês de Outubro ocorreu um aumento das formas de demonstrar se esse odor estava causando incômodo. O gráfico demonstra um aumento das respostas: "não sei" no ponto 3. Além do aumento da resposta, ocorreu uma maior diversidade no tipo de resposta. Nos demais pontos o júri já conseguiu demonstrar uma clareza na resposta. No ponto 1, parte do júri julgou que o odor não causava "nenhum incômodo" e "nada", porém houve um crescimento no sentimento de "nojo". Já no ponto 2 houve um aumento de respostas classificadas como "nenhum incômodo" e houve também uma diminuição na incerteza do júri, através da resposta "não sei". Toda essa alteração pode estar relacionada com o tempo de uso do sanitário seco.

Dentre os jurados, alguns ainda manifestaram certo incômodo neste cenário, inclusive com alguns relatos sobre o aparecimento de moscas (gráfico 20).

Observou-se que ocorreu um nivelamento dos sintomas de incômodos e um aumento no [leve desconforto] no ponto 3, tendo em vista a presença de moscas. De acordo com Rebouças (2010), a secagem das fezes no interior da câmara depende de outros fatores. O aparecimento de moscas se deu por causa da umidade do composto ou pela falta de cobertura sobre as fezes. Após o uso é necessário que seja adicionado o material de cobertura em quantidade suficiente para cobrir todo o material fecal, caso isso não ocorra, pode gerar alguns problemas como, por exemplo, o aparecimento de moscas.

Após relatos da presença de moscas no banheiro seco, foi realizada uma inspeção in loco. Não tendo sido constatada presença de fezes úmidas no sanitário, foi solicitado aos colaboradores que mantivessem a tampa da bacia sanitária sempre fechada e foi adicionada cal virgem para auxiliar no processo de estabilização e secagem do material fecal.

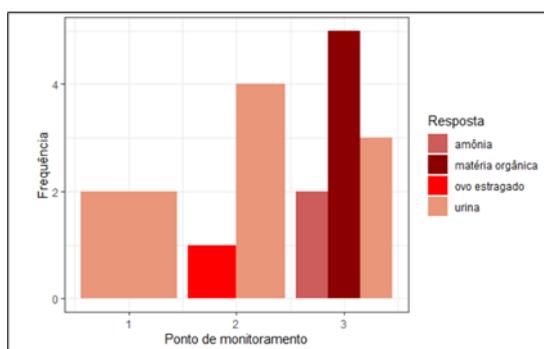
No mês de Dezembro foi possível observar que no ponto 1 não houve nenhum tipo de resposta, ou seja, não foi provocada nenhuma sensação nos jurados, mesmo que o gráfico 30 tenha demonstrado uma percepção com cheiro de

urina. Além disso, este ponto obteve unanimidade para nenhum tipo de incômodo e no ponto 3 não foi possível descrever qual era o incômodo provocado.

Desta forma, foi possível correlacionar a relação de incômodo com a forma da descrição do odor, houve uma correlação entre as perguntas 2 e 3 do questionário de monitoramento de odor, pois buscou-se avaliar na pergunta 3 como esse incômodo poderia ser descrito pelos envolvidos na pesquisa e foram obtidos os seguintes resultados:

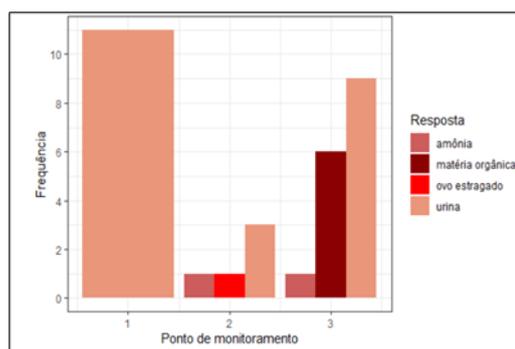
Análise das respostas da pergunta 3 (**Como esse odor pode ser descrito?**) do questionário de Monitoramento de Odor.

Gráfico 23: Mês de referência 09/2020



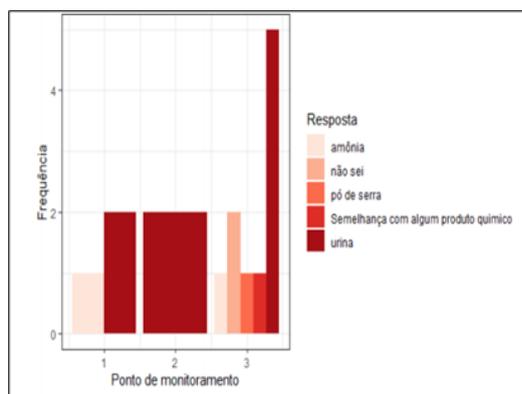
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 24: Mês de referência 10/2020



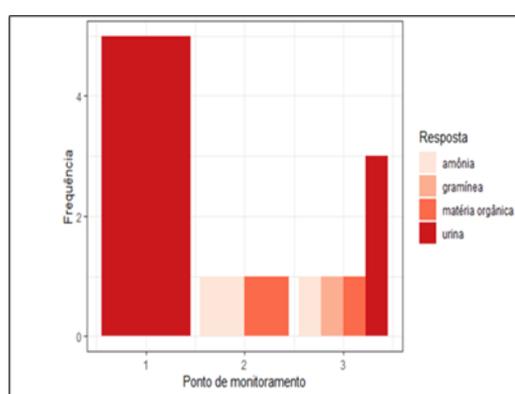
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 25: Mês de referência 11/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Gráfico 26: Mês de referência 12/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Legenda: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Autoria Própria.

Observa-se que a resposta média para o mês de Setembro, nos três pontos que são: próximo ao reservatório de urina (ponto 1), próximo ao tubo de exaustão (ponto 2) e dentro do banheiro (ponto 3), foi de urina. No ponto 1, a única percepção estava relacionada com a urina, tendo em vista que nesse ponto está localizado o coletor. No ponto 2, constatou-se a descrição baixa para urina e para -ovo podrell, sendo que esse ponto está diretamente relacionado com o processo de tratamento das fezes, pois trata-se do tubo de exaustão que é responsável pela eliminação dos gases gerados no interior da câmara. Já no ponto 3, os resultados demonstraram a percepção de urina e amônia, que se correlacionam diretamente. Nesse caso, tal resultado se justifica, pois no sanitário seco existe o coletor de urina que foi utilizado com uma frequência considerável, possibilitando a percepção desse odor. A percepção da matéria orgânica assentou-se nesse ponto, pois ao lado da bacia seca estava acoplado o recipiente de pó de serra, e no momento da inspeção o mesmo se encontrava sem tampa, podendo, assim, ter colaborado para o resultado expresso no gráfico acima.

Por mais que tenha havido a percepção de odor em alguns pontos, o mesmo não causou incômodo considerável ao júri e foi classificado, na maioria das vezes, como muito fraco.

Quando comparamos o mês de Outubro os resultados demonstram que houve uma frequência maior da percepção do cheiro da urina nos pontos 1 e 3, quando comparamos com o mês anterior. Ademais, observa-se que houve uma maior diversidade de observação no ponto de coleta 2. Tais resultados podem ser explicados pelo tempo de uso do sanitário, uma vez que novembro o volume de urina no recipiente era maior do que em setembro. Outro ponto importante é que neste período a câmara de secagem já possuía material fecal e já tinha iniciado o processo de secagem. O uso de pó de serra era superior, tanto na parte interna da câmara quanto no recipiente, tendo em vista o aumento do uso do sanitário por parte dos usuários.

Além do aumento da diversidade de percepção de odores, ocorreu um aumento das formas de demonstrar se esse odor estava causando incômodo.

Observa-se que em Novembro foi possível perceber cheiro de urina em todos os pontos, principalmente no ponto 3, nos demais pontos foram semelhantes as descrições, nesta fase da pesquisa a BSS estava sendo utilizada com uma frequência elevada, além disso, o ponto 1 e 2 estavam próximos e se localizavam na parte externa da BSS e sofreram interferências de fatores ambientais, como por exemplo, ventos que contribuíram para a percepção de urina nos pontos citados. Houve uma diversidade maior para as percepções no interior do banheiro quando comparamos com os demais meses de testes, ressalta-se que neste mês foi possível observar a resposta —semelhança com algum produto químico tal resultado pode ser explicado, pois neste período foi realizada limpeza geral da BSS com cloro. Os demais resultados foram já haviam sido constatados nos meses anteriores.

No mês de Dezembro, podemos salientar que nos pontos em que foi possível perceber cheiro de amônia, existem: o coletor de urina (ponto 1) e a bacia com o mictório (ponto 3), sendo que provavelmente nesses pontos houve o acúmulo de urina por um determinado período, o que colaborou para o resultado do gráfico acima.

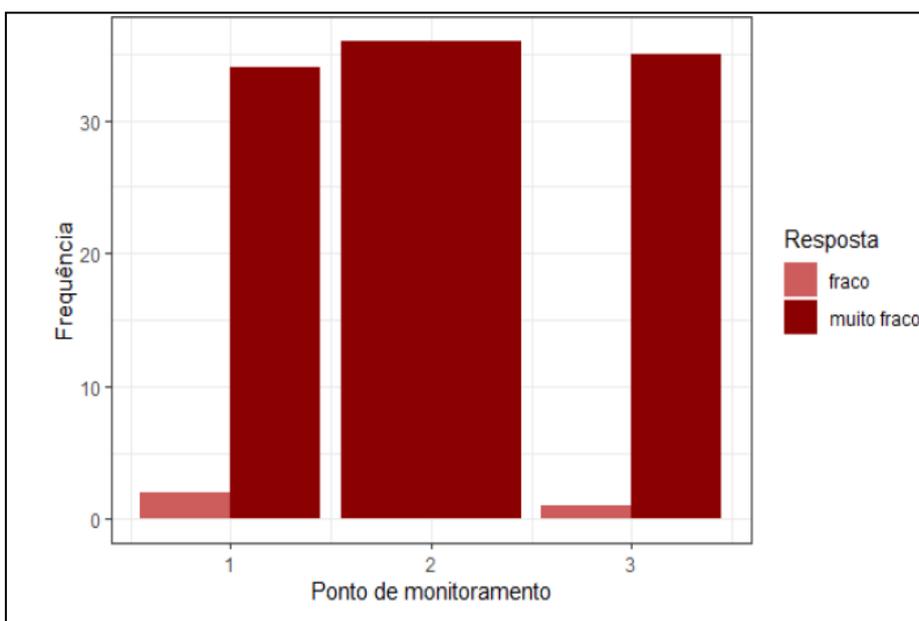
Porém, por mais que houvesse a percepção do odor de urina e amônia, não foi gerado incômodo significativo nos jurados, conforme ilustra a os gráficos a seguir que demonstram as relações de incomedos durante todos os meses da pesquisa.

Após análise das descrições dos odores, foi possível avaliar qual foi o grau de percepção através da pergunta 5 do questionário de monitoramento de odor. No mês de Setembro a taxa de respostas —siml foi alta, chegando a ser unânime para o ponto 1. Nos pontos 2 e 3, mesmo existindo a resposta positiva, foi relativamente baixa, podendo se concluir que mesmo com odor perceptível o mesmo não causou incômodo ao júri.

Mesmo com variação, foi observado que a maioria das respostas mostra que o odor, mesmo que existente, é muito fraco nos três pontos analisados, tendo apenas dois casos considerados como fraco no ponto 1 e 3.

Nos pontos em a percepção, mesmo baixa, apresentaram respostas positivas, observou-se que o incômodo foi classificado como: leve desconforto, nojo, não sabe e nada, conforme ilustram os gráficos 23, 24, 25, 26, 27.

Gráfico 27: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você perceber é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 09.2020)



Legenda: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Elaborador pelo autor, 2020.

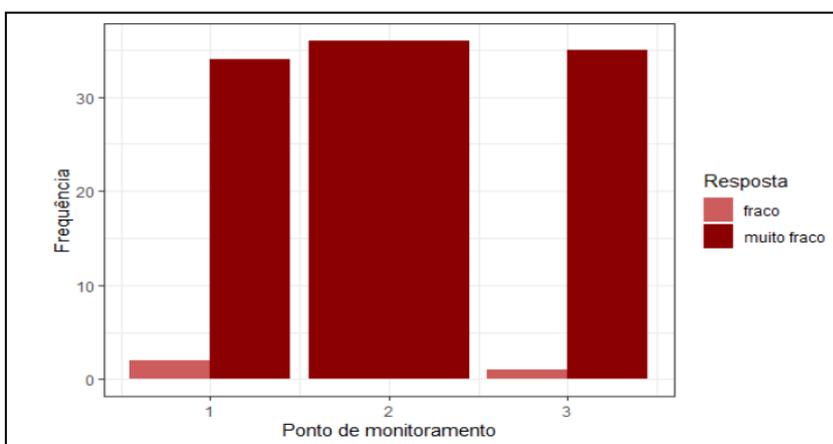
Observou-se que a taxa de respostas –siml foi alta, chegando a ser unânime para o ponto 1. Nos pontos 2 e 3, mesmo existindo a resposta positiva, foi relativamente baixa, podendo se concluir que mesmo com odor perceptível o mesmo não causou incômodo ao júri.

Mesmo com variação, foi observado que a maioria das respostas mostra que o odor, mesmo que existente, é muito fraco nos três pontos analisados, tendo apenas dois casos considerados como fraco no ponto 1 e 3.

Quando comparamos os dois meses (setembro e outubro), observa-se que os resultados foram semelhantes de um mês para o outro, e por mais que tenha havido um aumento na percepção do odor, esse odor ainda foi baixo.

Considerando toda alteração descrita, após análise das respostas de percepção de odor tendo como base o grau, foi observado que em todos os pontos a percepção foi muito fraca, conforme ilustra o gráfico 28.

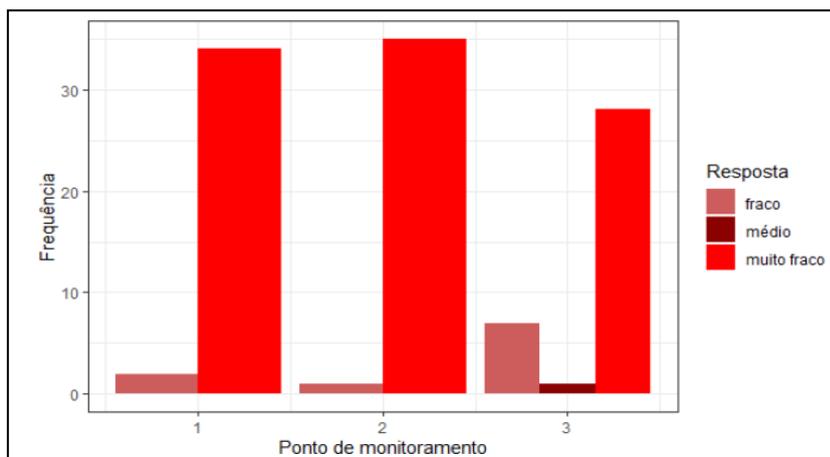
Gráfico 28: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você percebe é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 10.2020)



Legenda: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

Em Novembro, podemos destacar uma variação no ponto 3 acerca do incômodo estava mais relacionada com a presença das moscas do que com o odor, tendo em vista que a percepção do grau de odor foi classificada como “muita fraca” (gráfico 29).

Gráfico 29: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você perceber é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 11.2020)

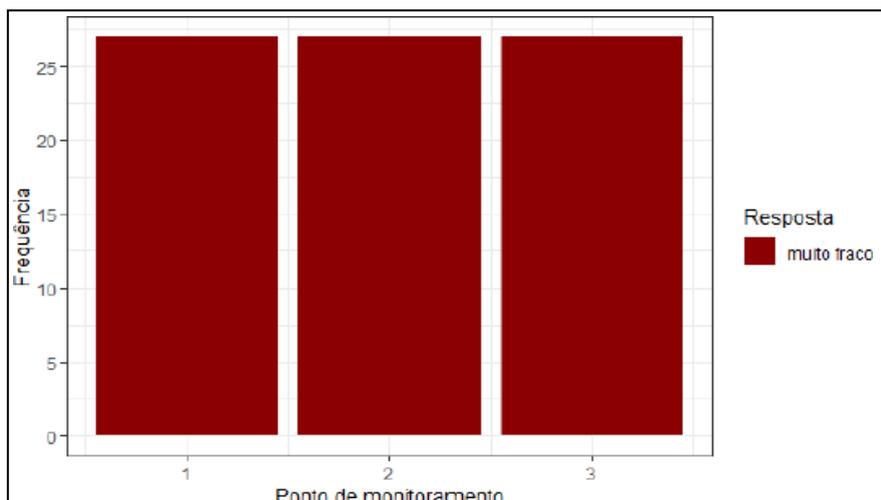


Legenda: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Elaborador pelo autor, 2020.

O gráfico demonstra que o odor sentido dentro do banheiro (ponto 3) foi classificado como muito fraco. Também é possível verificar que houve casos que a percepção foi classificada como média ou fraca, sendo diferente dos demais pontos que foram monitorados, ou seja, dentro do banheiro houve respostas distintas, porém é importante ressaltar que nenhuma delas classificou o odor como alto.

Durante o mês de Dezembro por mais que houvesse a percepção do odor de urina e amônia, não foi gerado incômodo significativo nos jurados e o odor foi classificado como muito fraco em todos os pontos monitorados, conforme ilustra a o gráfico 30.

Gráfico 30: Análise das respostas da pergunta 5 (Este odor que você percebe é?) do questionário de Monitoramento de Odor (mês de referência 12.2020)

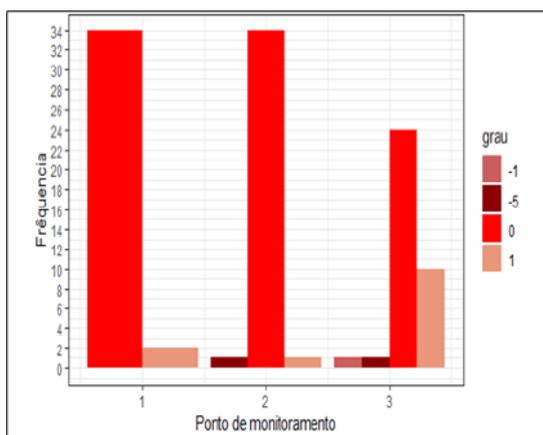


Legenda: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Elaborador pelo autor, 2020

Outra análise importante é o grau de desagradabilidade, conhecida tecnicamente como hedonicidade. Durante todo período de teste foi realizado o monitoramento da desagradabilidade em todos os pontos e obtivemos os seguintes resultados:

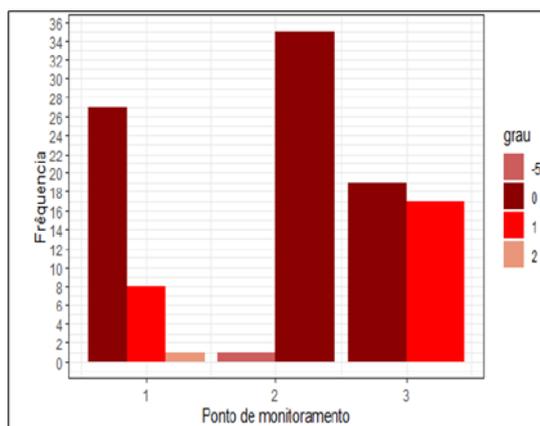
Análise das respostas da pergunta 6 (**Grau de desagradabilidade**) do questionário de Monitoramento de Odor.

Gráfico 31: Mês de referência 09/2020



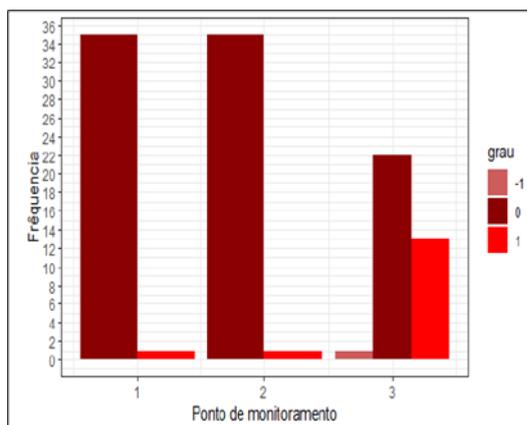
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Gráfico 32: Mês de referência 10/2020



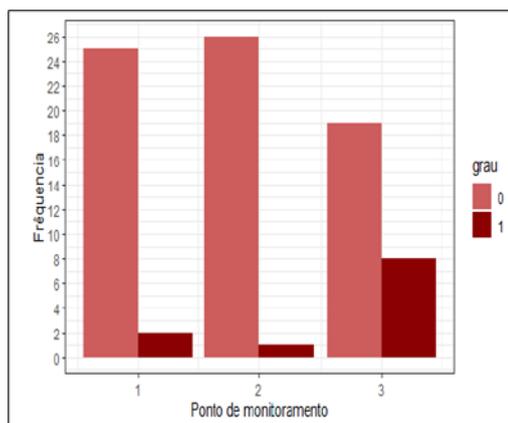
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Gráfico 33: Mês de referência 11/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Gráfico 34: Mês de referência 12/2020



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Legenda: P1 – Próximo ao reservatório de urina/ P2 – Próximo ao tubo de exaustão da câmara de secagem das fezes/ P3 – Parte interna do banheiro. Fonte: Autoria Própria.

A escala de desagradabilidade variou entre (-5) e (5), sendo (-5) muito agradável (odor negativo) e (5) muito desagradável (odor positivo). Observou que em todos os pontos de monitoramento durante o mês de Setembro a grande maioria dos avaliadores avaliou como zero o grau de desagradabilidade. Nos demais pontos os graus avaliados se mantêm numa frequência de 2 ou 1, demonstrando que, de acordo com os jurados, a tecnologia não apresenta uma hedonicidade alta.

Em outubro, observou-se um aumento de respostas positivas –siml para a percepção de odor nos 3 pontos, sendo maior quando comparado ao mês de setembro. O gráfico demonstra que o grau de desagradabilidade ainda permanece na maioria dos pontos como 0 (zero), sendo proeminente em ambos os pontos de monitoramento. Porém, um ponto que vale destacar é a presença de uma avaliação para o ponto 2 de (-5), e uma grande avaliação de grau 1, no ponto de monitoramento 3.

Pode-se observar que no mês de novembro houve uma pequena variação de -1 e 1, mesmo com escala disponível no intervalo de -5 e 5. Observa-se que ainda houve predominância do grau 0 (zero) em todos os pontos de monitoramento, mas com destaque para o grau -1, que só foi constatado uma única vez no ponto 3, e o grau 1 que, em sua grande maioria, está no ponto 3, quando se faz uma análise comparativa dos demais gráficos de hedonicidade.

Observou-se que em Dezembro, também que no ponto 3 o grau de desagradabilidade se manteve no nível 1, mas não chegando à metade dos que avaliaram como 0 (zero). Portanto, mesmo com uma avaliação alta para o grau 1 em comparação dos dois pontos, se manteve como totalidade o valor zero, demonstrando que a hedonicidade é basicamente nula, que o banheiro não possui uma interferência em relação ao odor.

6.5 Análises do Nível de Maturidade Tecnologia – TRL's

A análise do TRL foi dividida em 9 (nove) fases. A transição de cada nível de maturidade, a partir do nível 3, se deu por meio da comparação entre o Coeficiente Técnico de Referência (CTR), que representa o critério técnico expresso quantitativamente, e o Coeficiente Técnico Atual, que foi obtido experimentalmente. Dessa forma, na comparação de acordo com os avanços dos testes, quando o protótipo atingiu o TRL 3, o CTA foi menor do que o CTR, uma vez que a fase estava provando experimentalmente o conceito da tecnologia. Após atingir o TRL 4, o CTA aumentou de acordo com os testes específicos de cada nível de maturidade.

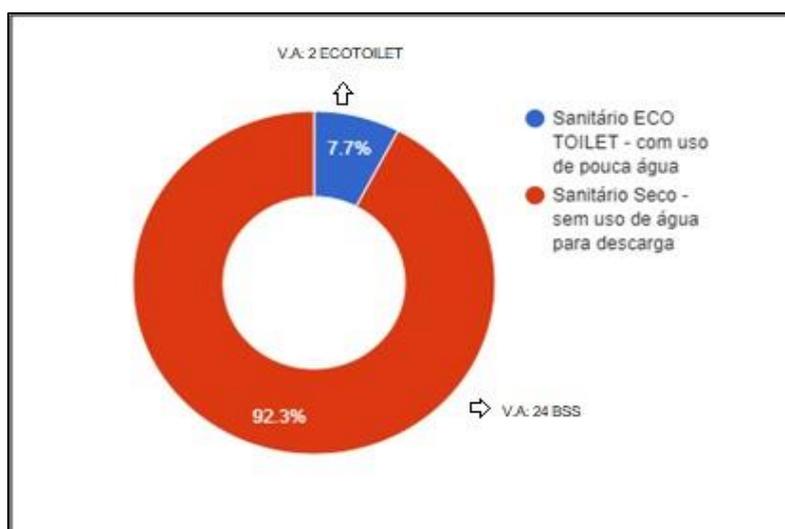
Os Princípios Básicos **TRL1** e a Identificação das Aplicações Práticas Iniciais **TRL2** foram avaliados utilizando-se como referência os dados do mapeamento

bibliométrico – ProKnow-C, considerando que nesta fase a investigação está relacionada aos modelos teóricos de ideação e concepção da tecnologia.

Os artigos analisados mostraram que o princípio básico do sanitário seco é basicamente o de realizar a coleta separada das excretas humanas (fezes e urina) de maneira eficaz, com o objetivo de segurança sanitária, principalmente para os assentamentos urbanos com vulnerabilidade social acentuada, zonas rurais, regiões com déficit hídrico e nas regiões onde não há saneamento básico.

Outro ponto importante é que os estudos apresentam as bacias sanitárias secas como uma alternativa sustentável, principalmente no tocante às rotinas de operação do sanitário, conforme demonstra o gráfico 35.

Gráfico 35: Relação de sanitários que utilizam água de acordo com o PROKNOW-C



Legenda: Valor de Referência (V.A) em relação à quantidade de artigos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Nas bacias secas não há necessidade de descarga sanitária, evitando-se a geração de esgoto sanitário. Isso resulta em uma grande economia de água e evita impactos ambientais decorrente da falta de tratamento do esgotamento sanitário, sobretudo nas regiões sem saneamento ou com o tratamento precário das estações de tratamento de esgoto. Porém, existem modelos de

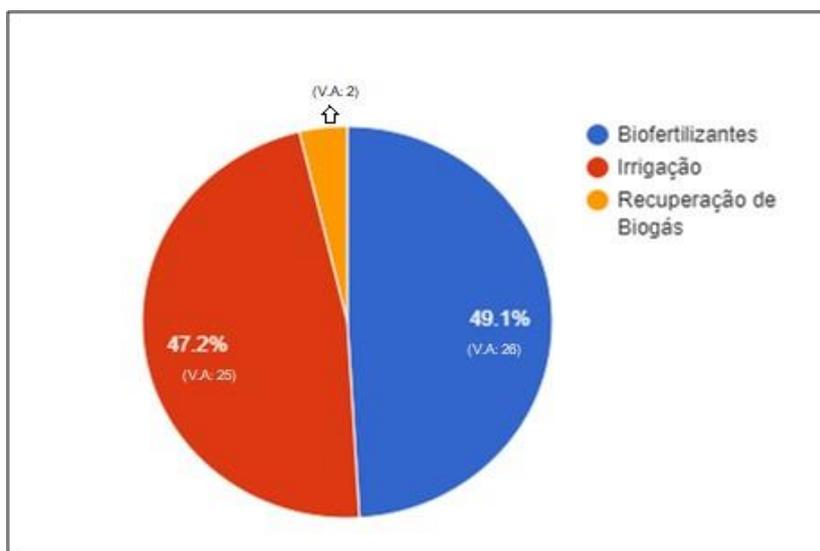
banheiros secos denominados como eco-toilets que utilizam pequenas quantidades de água, não sendo, portanto, totalmente secos.

Outros aspectos de sustentabilidade são as formas de gerenciamento dos produtos gerados e a recuperação dos recursos presente nas excretas humanas. O estudo via ProKnow-C demonstrou que as formas de gerenciamento mais aplicadas nas regiões que utilizam as bacias sanitárias secas são:

- ✓ Fezes → compostagem e desidratação;
- ✓ Urina → armazenamento temporário para uso na agricultura.

Além disso, existem diversas formas de aplicações dos produtos gerados. A revisão bibliográfica indicou que, na maioria das vezes, os produtos gerados são usados como biofertilizantes (49,1%) (gráfico 36).

Gráfico 36: Aplicações dos produtos gerados pós tratamento das excretas



Legenda: Valor de Referência (V.A) em relação à quantidade de artigos. Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

É importante frisar que tanto as fezes quanto a urina podem ser classificados como biofertilizantes (MAGRI, 2013). Já a urina, separadamente das fezes, é utilizada para fins de irrigação, principalmente quando a tecnologia é aplicada

em regiões rurais, como no caso das regiões de Uganda. (Tobias et al, 2017). Por outro lado, um pequeno número de dois artigos indicou o propósito de recuperação do biogás gerado na câmara de tratamento das fezes, (CHENG, et. al; 2017; SALISBURY, et. al.; 2018) . Tais resultados do TRL 1 e TRL 2 estão correlacionados com os resultados obtidos no ProKnow-C.

6.5.1 TRL 3 e 4 Prova de conceito e validação da tecnologia

Nesta fase, os estudos foram idealizados para validar fisicamente o protótipo, usando como parâmetros de monitoramento de odor, acessibilidade e usabilidade, temperatura e umidade.

Aplicaram-se os questionários específicos de monitoramento de odor, análise do comportamento da temperatura e umidade. Os resultados relativos ao monitoramento de odor e a avaliação de temperatura e umidade foram utilizados como respostas da prova de conceito e validação da tecnologia.

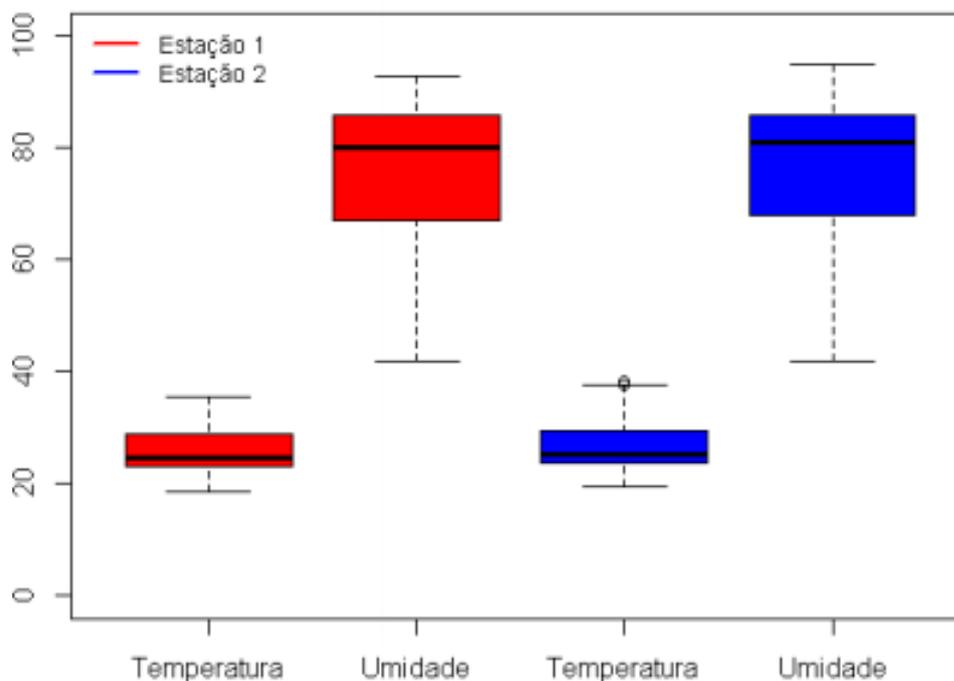
6.5.2 Determinação de Temperatura e Umidade (TRL 3/4)

Os estudos de temperatura e umidade foram realizados tendo em vista a influencia direta no processo de tratamento das fezes e nas atividades dos microorganismos (GRAVES et al, 2000). A análise desses parâmetros é relevante dentro do processo, segundo Ekinici et al. (2004) demonstra que o controle da temperatura é importante para a destruição dos patógenos, mas também para melhorar as taxas de respiração, remover a umidade e estabilizar o composto.

A ferramenta utilizada para analisar temperatura e umidade foi a análise através do boxplot. Os resultados foram descritos contemplando o período entre 18/09/2020 (inicio dos testes) até o dia 16/12/2020 (término da pesquisa) da seguinte forma:

Os resultados do limite inferior da estação 1 para temperatura durante todo período de estudo foi de aproximadamente 18°C, já o limite superior se aproximou 35°C, tal estação estava alocada na parte interna do sanitário, conforme ilustra o gráfico 37.

Gráfico 37: Boxplot para as variáveis temperatura e umidade do ar segundo todo período de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Podemos observar que existiu um conforto térmico considerado normal dentro das variações de mínimo e máximo, esse comportamento influenciou diretamente a percepção do odor pelo usuário, caso contrário, se não houvesse esse conforto térmico a percepção de odor seria maior e com mais intensidade durante o monitoramento. Já a estação 2 que foi introduzida no interior da câmara a variação de temperatura entre o mínimo e máximo foram maiores que da estação 1, sendo mínimo 19°C e o máximo de aproximadamente 40°C. É importante relatar que, conforme o gráfico acima ocorreu à presença de dados discrepantes (representado pelo círculo no gráfico) para a temperatura máxima, ou seja, houve uma variação superior a margem de acordo com os dados analisados. A umidade nesta estação também se apresentou superior a da estação 1.

A mediana das temperaturas durante todo o período de teste foi de aproximadamente de: estação 1 (24.80°C) e para estação 2 (25.8°C). Já a

umidade apresentou uma pequena variação, sendo para estação 1 (80) e para estação 2 (81).

Outra análise importante foi que durante o período de monitoramento da temperatura, as observações na estação 1 se apresentaram abaixo de 24.20 °C, correspondendo a 25% (1º quartil) o restante das observações que correspondem a 75% (3º quartil) se apresentaram menor que 28.8°C. Para a estação 2 os resultados demonstraram que 25% das observações apresentaram temperaturas abaixo de 23.90° C e os 75% das observações demonstraram valores de temperaturas abaixo de 29.9°C.

O mesmo comportamento se deu para a umidade, no 1º quartil os resultados foram abaixo de 67% para o 1º quartil (25% das observações) e 86% para o 3º quartil (75% das observações) na estação 1. Já na estação 2 o 1º quartil demonstrou resultados inferiores á 68% e para o 3º quartil os resultados foram de 95%.

Outra conclusão é que há uma maior dispersão dos dados de umidade na estação 1 durante todo período de estudo, porém, a estação 2 apresentou valores de temperatura e umidade maiores do que a estação 1.

A análise de correlação entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar em todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20) indicou uma relação linear negativa entre as variáveis nos dois pontos de monitoramento em tempo real. Tal fato pode ser constatado através dos gráficos 36 e 37, bem como da tabela 5.

Gráfico 38: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20)

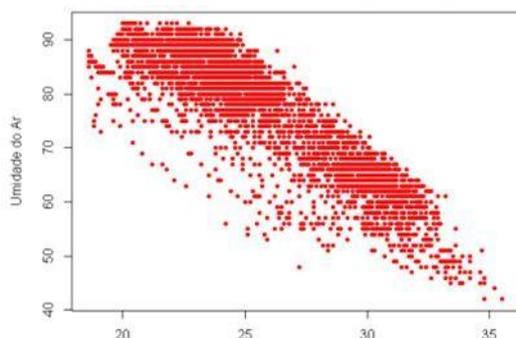
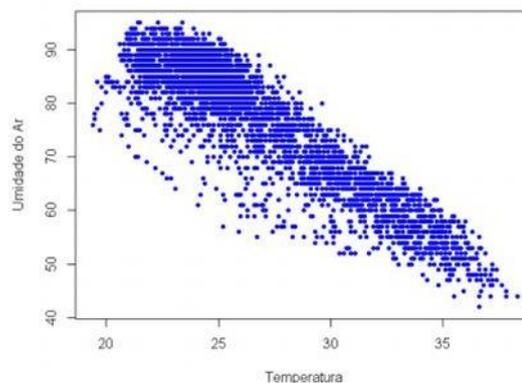


Gráfico 39: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 5: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura e Umidade – Estação	-0.88
Temperatura e Umidade – Estação 2	-0.90

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Pelo que observado na tabela 1, temos uma forte associação linear negativa entre essas duas variáveis tanto na estação 1 como na estação 2, haja vista que os valores se encontram muito próximos a -1, ou seja, se a temperatura nas duas estações tendem a aumentar, a umidade por sua vez tende a baixar e vice-versa, auxiliando o processo de secagem das fezes no interior da câmara. Além do mais, calculou-se o coeficiente de correlação para outros cruzamentos das variáveis de temperatura e umidade do ar, objetivando, assim, a verificação do comportamento destas para diferentes situações. Esses resultados encontram-se na tabela 5.

Tabela 6: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (18/09/20 à 16/12/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura (Estação 1) e Temperatura(Estação 2)	0,95
Umidade (Estação 1) e Umidade(Estação 2)	0,95
Temperatura (Estação 1) e Umidade (Estação 2)	-0.84
Umidade (Estação 1) e Temperatura (Estação 2)	-0,84

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Além de uma análise geral durante todo o período dos testes, foi realizado o mapeamento por mês da correlação de temperatura e umidade, obtivemos os seguintes resultados:

Mês de setembro

Gráfico 40: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 30/09/20)

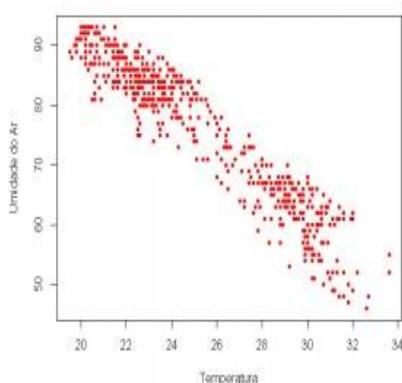
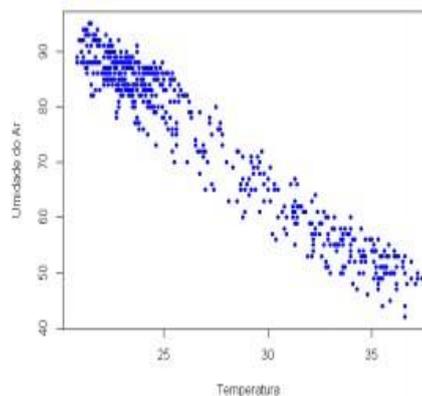


Gráfico 41: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (18/09/20 à 30/09/20)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 7: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/09/20 à 30/09/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura e Umidade – Estação	-0.95
Temperatura e Umidade – Estação 2	-0.97

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 8: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (18/09/20 à 30/09/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura (Estação 1) e Temperatura(Estação 2)	0,93
Umidade (Estação 1) e Umidade(Estação 2)	0,92
Temperatura (Estação 1) e Umidade (Estação 2)	-0.91
Umidade (Estação 1) e Temperatura (Estação 2)	-0,87

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Mês de Outubro

Gráfico 42: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20)

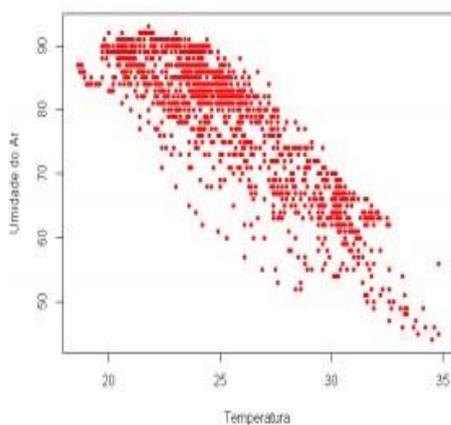
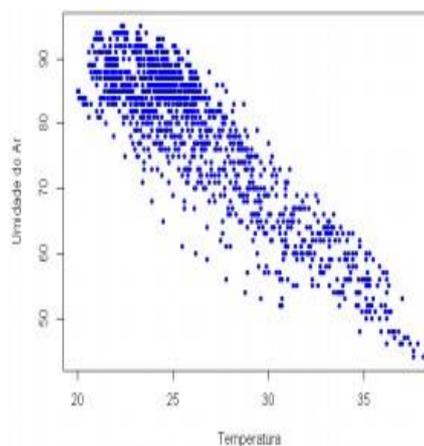


Gráfico 43: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 9: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura e Umidade – Estação	-0.86
Temperatura e Umidade – Estação 2	-0.89

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 10: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/10/20 à 30/10/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura (Estação 1) e Temperatura(Estação 2)	0,95
Umidade (Estação 1) e Umidade(Estação 2)	0,94
Temperatura (Estação 1) e Umidade (Estação 2)	-0.81
Umidade (Estação 1) e Temperatura (Estação 2)	-0,87

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Mês de Novembro

Gráfico 44: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)

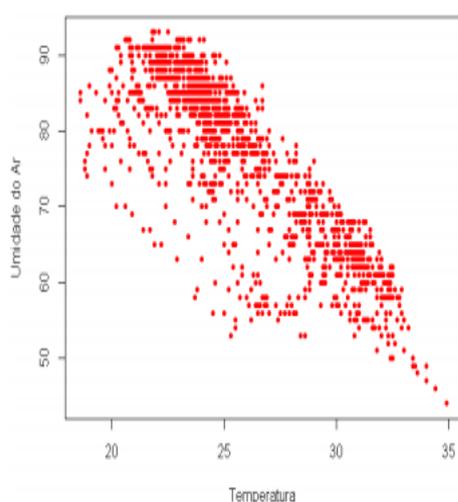
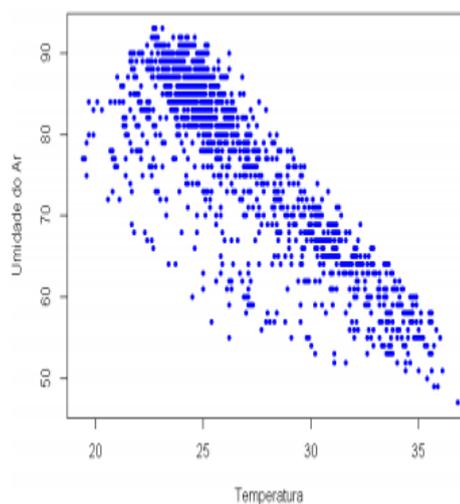


Gráfico 45: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 11: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura e Umidade – Estação	-0.83
Temperatura e Umidade – Estação 2	-0.84

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Tabela 12: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/11/20 à 30/11/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura (Estação 1) e Temperatura(Estação 2)	0,96
Umidade (Estação 1) e Umidade(Estação 2)	0,96
Temperatura (Estação 1) e Umidade (Estação 2)	-0.79
Umidade (Estação 1) e Temperatura (Estação 2)	-0,80

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Mês de Dezembro

Gráfico 46: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 1ª estação para todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)

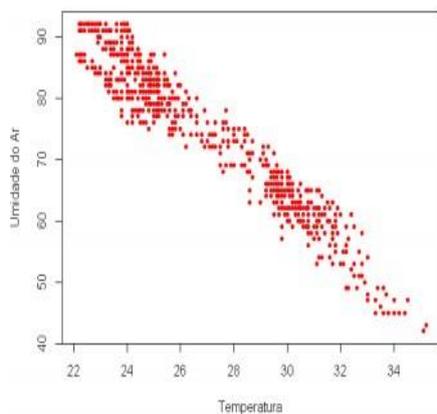
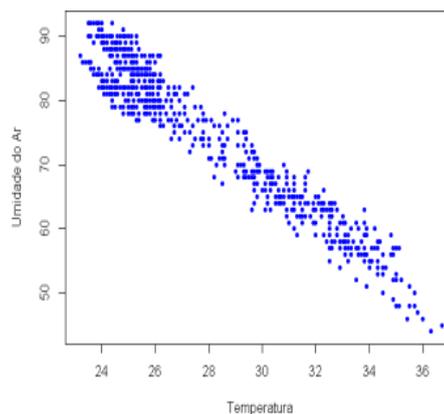


Gráfico 47: Dispersão entre as variáveis Temperatura e Umidade do Ar segundo a 2ª estação para todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Tabela 13: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura e Umidade – Estação	-0.96
Temperatura e Umidade – Estação 2	-0.96

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Tabela 14: Coeficiente de Correlação de Pearson(r) para as relações entre Temperatura e Umidade durante todo o período em estudo (01/12/20 à 16/12/20)

Variáveis	Correlação (r)
Temperatura (Estação 1) e Temperatura(Estação 2)	0,96
Umidade (Estação 1) e Umidade(Estação 2)	0,97
Temperatura (Estação 1) e Umidade (Estação 2)	-0,94
Umidade (Estação 1) e Temperatura (Estação 2)	-0,92

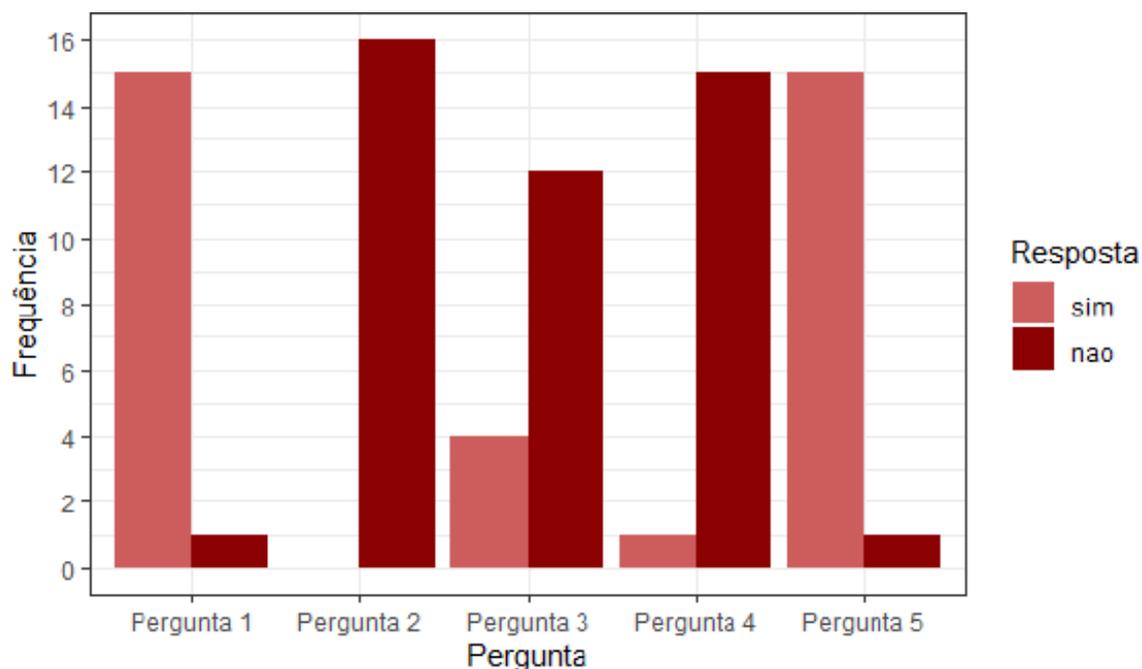
Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Observa-se que durante os meses o comportamento da correlação demonstrou uma forte associação linear negativa entre essas duas variáveis, tanto na estação 1 como na estação 2, haja vista que os valores se encontram muito próximos a -1, ou seja, se a temperatura nas duas estações tendem a aumentar, a umidade, por sua vez, tende a baixar e vice-versa durante todo o período de monitoramento.

De uma forma geral, a temperatura e a umidade contribuíram positivamente com todos os aspectos odorante na parte interna do banheiro, uma vez que, a conversão térmica possibilitou a captura dos gases odorante e a sua dispersão no ambiente externo e auxiliou o todo o processo de secagem do composto.

8.1.1 TRL 5/6 - Modelo tecnológico em um sistema ambiente relevante

No primeiro teste observa-se que quase todos os colaboradores utilizaram o banheiro seco e o consideraram satisfatório (gráfico 48).

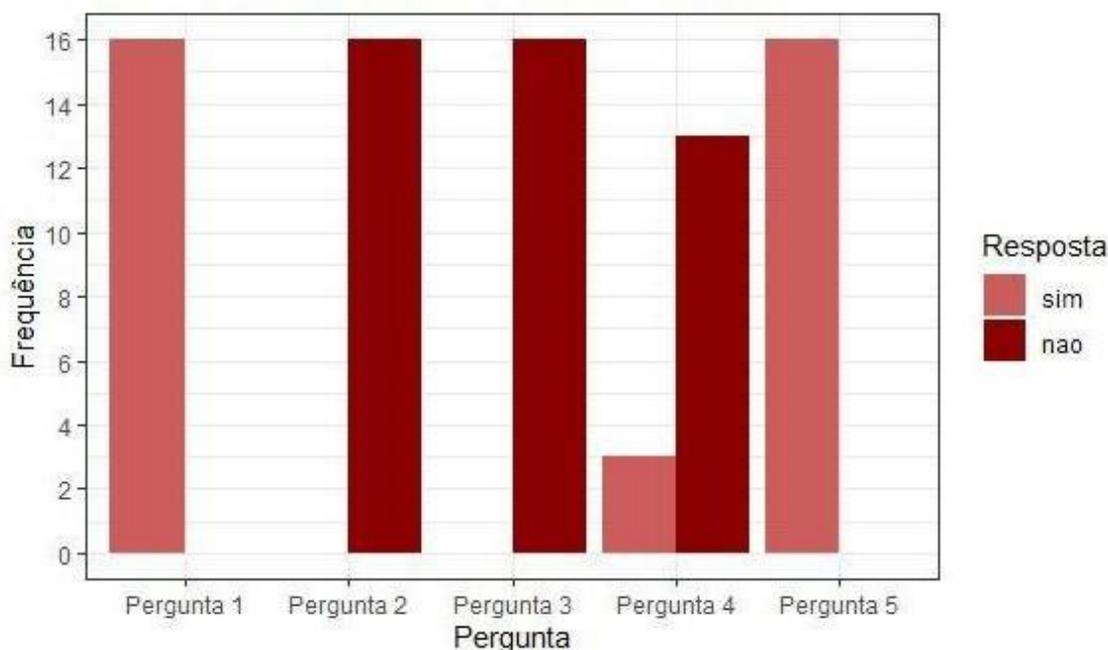
Gráfico 48: Resultado do primeiro teste do banheiro seco 18/09/2020

Legenda: **Pergunta 1:** Você utilizou este sanitário mais de uma vez? / **Pergunta 2:** Você encontrou alguma dificuldade para utilizar o sanitário o sanitário? / **Pergunta 3:** Você sentiu desconforto no momento da utilização do sanitário? / **Pergunta 4:** Você encontrou alguma dificuldade para acessar e utilizar esse sanitário? / **Pergunta 5:** Você indicaria este sanitário para outra pessoa?. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

O gráfico acima demonstrou que 15 dos 16 colaboradores utilizaram o sanitário mais de uma vez e todos utilizaram o sanitário pelo menos uma vez. 100% dos colaboradores não encontraram dificuldade para utilizar o sanitário. Além disso, inicialmente 4 colaboradores apresentaram leve desconforto para utilizar o sanitário e apenas um colaborador encontrou dificuldade ao usá-lo. Porém, não foram descritos o desconforto e a dificuldade citados. Por fim, dos 16 colaboradores, 15 indicariam o sanitário para outras pessoas, mostrando um resultado satisfatório no primeiro teste com apenas 20 (vinte) dias de uso.

No final dos testes (16/12/2020) observa-se que o comportamento relacionado à acessibilidade e à usabilidade do banheiro seco foi divergente em relação ao primeiro teste.

Gráfico 49: Resultado do segundo teste do banheiro seco (16/12/2020)



Legenda: **Pergunta 1:** Você utilizou este sanitário mais de uma vez? / **Pergunta 2:** Você encontrou alguma dificuldade para utilizar o sanitário? / **Pergunta 3:** Você sentiu desconforto no momento da utilização do sanitário? / **Pergunta 4:** Você encontrou alguma dificuldade para acessar e utilizar esse sanitário? / **Pergunta 5:** Você indicaria este sanitário para outra pessoa?. Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Observa-se que, após alguns meses de uso, o cenário das respostas se mostrou diferente quando comparado ao primeiro contato dos colaboradores com a tecnologia.

Após os meses de teste contínuo, todos os colaboradores utilizaram o sanitário mais de uma vez, sem que nenhum colaborador tenha manifestado dificuldade em utilizar o sanitário. Também não foi observado desconforto e dificuldade por parte dos colaboradores em relação ao uso da bacia sanitária seca e todos demonstraram que indicariam o sanitário para outras pessoas.

Pode-se atribuir a mudança das respostas a todos os treinamentos e correções quanto ao uso que foram realizados durante todo o período de monitoramento. Ademais, o dia a dia gerou uma relação maior familiaridade dos colaboradores com o banheiro seco, contribuindo para um resultado de avaliação positivo.

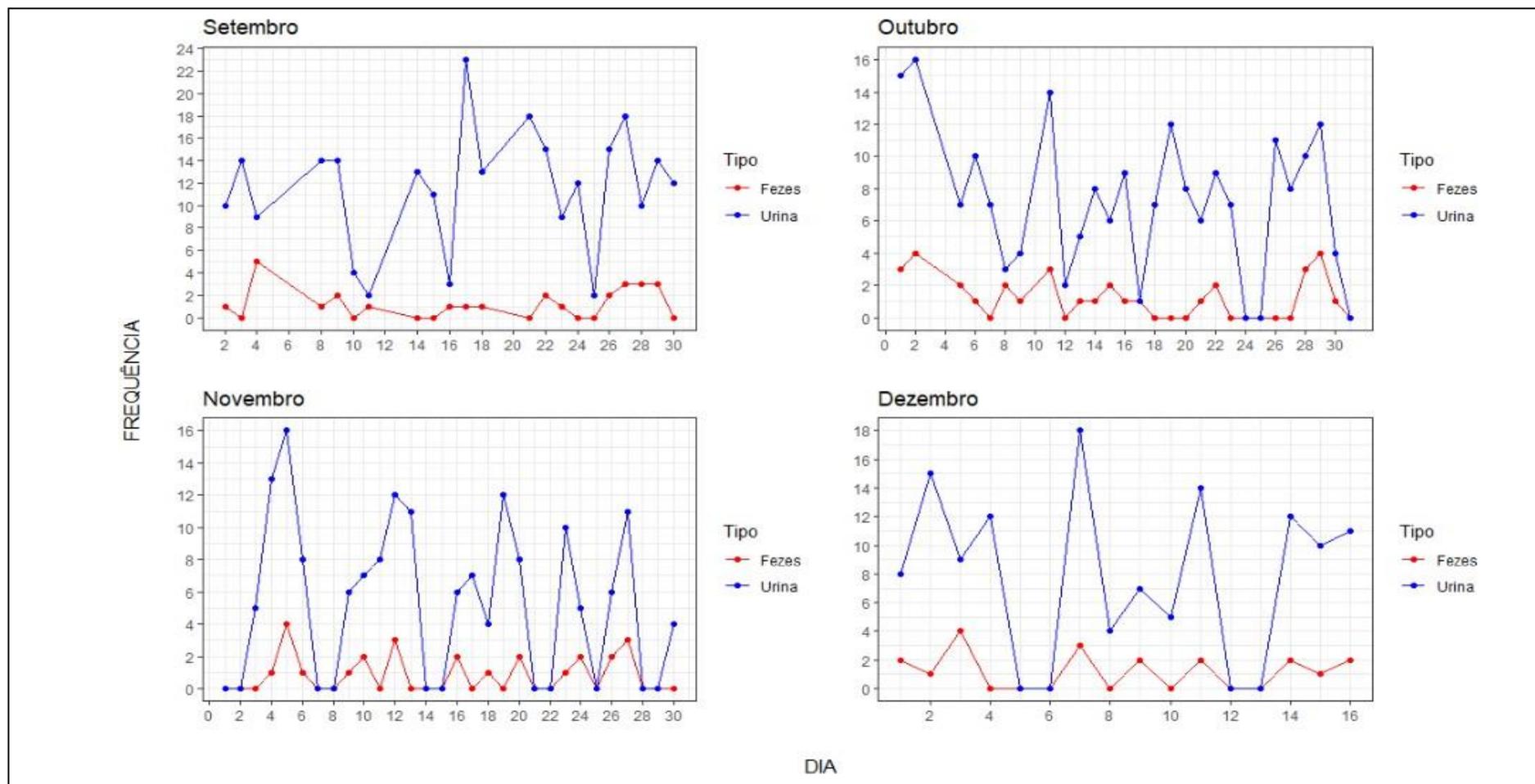
8.1.2 TRL 7 Demonstração da tecnologia em ambiente operacional.

Os resultados dessa etapa foram avaliados com base nas respostas dos usuários acerca da aplicação final do protótipo e a sua aceitação. Aplicou-se o painel de uso do banheiro seco dentro do ambiente operacional para se avaliar a percepção dos colaboradores que o utilizaram para defecar e urinar. É importante ressaltar que o painel consegue demonstrar indiretamente qual o grau de aceitação e de uso do sanitário, estando correlacionado diretamente com o TRL 6.

Observou-se que o banheiro seco foi utilizado diariamente pelos colaboradores com uma maior frequência para urinar. Em relação à defecação, em alguns dias do período de testes não houve utilização do sanitário para defecar, o que pode ser atribuído diretamente ao hábito que algumas pessoas possuem de defecar apenas em casa e em horários específicos diferentes do horário de trabalho.

Os gráficos a seguir, demonstraram um resultado satisfatório sob o ponto de vista do uso do banheiro seco no ambiente operacional, que esta atrelada a usabilidade e aceitação da tecnologia no ambiente relevante da pesquisa, conforme demonstra o gráfico 50.

Gráfico 50: Painel de Uso do Sanitário Seco



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Observa-se que no mês de setembro, ocorreu o pico máximo de utilização do banheiro seco para urinar no dia 17, com 23 registros (gráfico 48). Ainda nesse mês, o dia com menor utilização foi o dia 11, com apenas 2 registros. Outra informação importante é que, ao longo de todo o período de testes, não houve um dia em que o banheiro não tenha sido utilizado para urinar.

Em se tratando da defecação, ainda no mês de setembro nota-se que o dia com maior utilização foi no dia 04/09 com 5 registros. Nesse mês, ocorreram dias em que o banheiro seco não foi utilizado para defecar.

Em outubro, o dia 3 apresentou o pico máximo de utilização do banheiro para urinar, sendo observada nos dias subsequentes uma variação na frequência desse tipo de uso. Ressalte-se, porém, que o sanitário foi utilizado todos os dias para urinar. No tocante à defecação, nos dias 2 e 29 foi registrada a maior frequência de uso (4 colaboradores) com essa finalidade.

Em novembro foram registrados dias em que o banheiro não foi utilizado nem para micção e nem para defecação. Porém, no dia 5, ocorreu um pico de 16 registros para urinar por parte dos usuários.

Em dezembro, o maior pico de micção ocorreu no dia 7, atingindo 18 registros. Em relação à defecação, o dia 3 apresentou o maior número de registros (4 colaboradores). Ressalta-se que, no mês de dezembro, ocorreu um menor intervalo de tempo para a coleta dos dados, tendo em vista as férias coletivas do mês.

Outro ponto importante ser salientado é que, quando não houve utilização do sanitário, foi porque as datas foram nos dias de final de semana.

Assim, percebe-se que o sanitário foi bastante utilizado e que os colaboradores contribuíram com a pesquisa sem apresentar restrições de uso do equipamento, seja para defecar ou urinar. É importante frisar que os registros foram de colaboradores diferentes, ou seja, que toda a equipe estava utilizando o banheiro. Quando se correlaciona esses resultados com outros dados da pesquisa, pode-se observar que o banheiro teve uma aceitação considerável e demonstrou um bom funcionamento da tecnologia de uma forma geral.

8.1.3 TRL 8 – Resultados dos testes e demonstrações

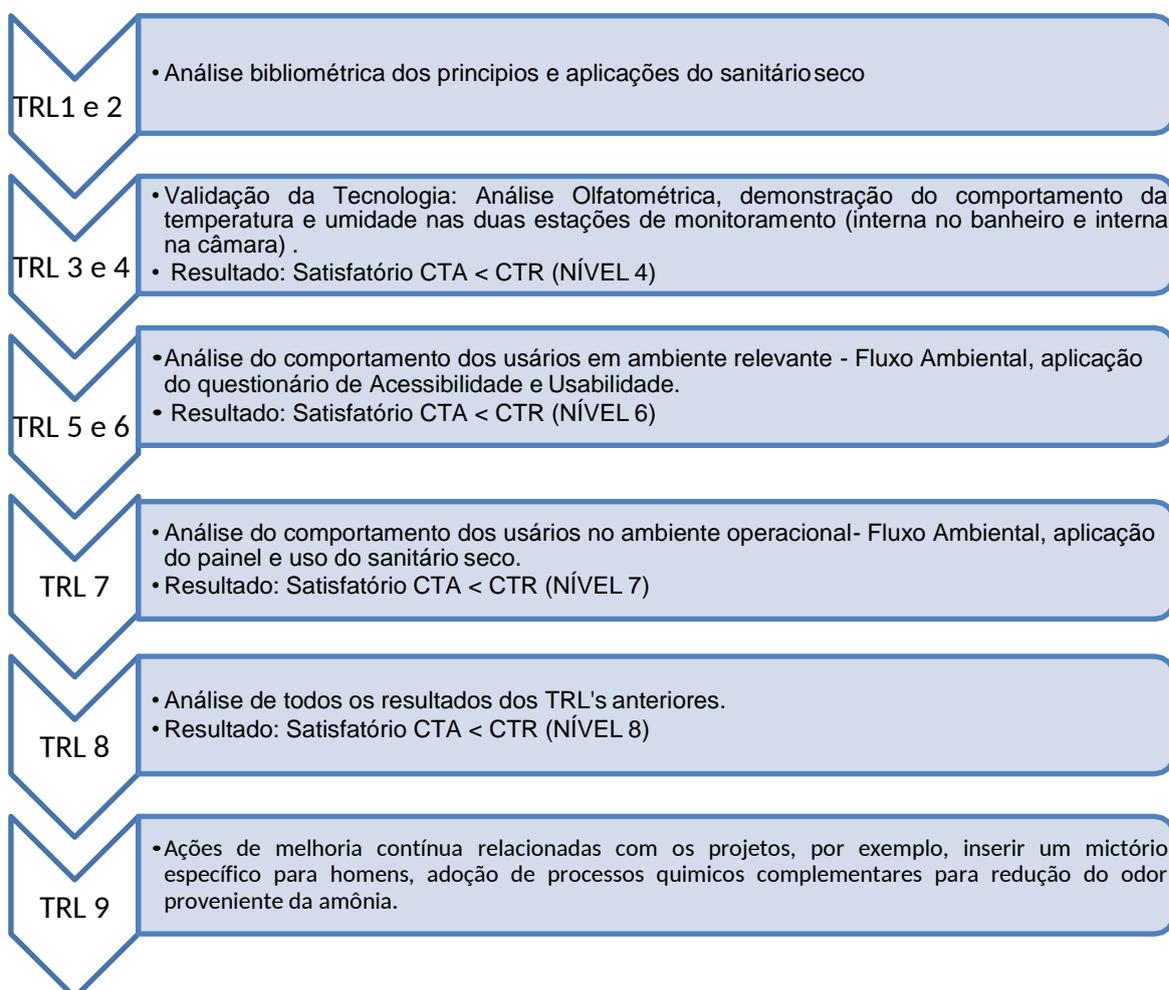
Para atingir a classificação dos TRL'S anteriores foram realizados testes específicos, desde levantamento bibliográfico até a avaliação do comportamento dos usuários em relação ao banheiro. Desta forma, após a obtenção dos resultados satisfatórios nas fases anteriores a tecnologia seguiu para o TRL superior e assim sucessivamente até a etapa atual.

Neste nível, o protótipo já foi operado, qualificado e demonstrado, ou seja, inclui a aprovação dos usuários com relação a todos os aspectos da análise: monitoramento do odor, análise da temperatura e umidade e aceitação por parte dos usuários, todos os testes e demonstrações tiveram resultados satisfatórios. A classificação se deu com base nas etapas quantitativas anteriores com base na análise geral do observador.

Outro aspecto que precisa ser ressaltado é que os indivíduos envolvidos na pesquisa manifestaram propensão a indicar esta tecnologia para terceiros, reforçando o resultado positivo quanto ao uso da tecnologia.

A baixa percepção de odor demonstra o funcionamento adequado da câmara de secagem das fezes dentro do banheiro seco. Além disso, os estudos de temperatura e umidade evidenciam que existe uma boa correlação entre os dois parâmetros, o que indica a ocorrência de um tratamento adequado das excretas. Entretanto, cumpre ressaltar que a temperatura de higienização das fezes recomendada pela WHO (2006) deve ser $\geq 50^{\circ}\text{C}$, não foi atingida em momento algum do período de testes, desta forma, se faz necessária adoção de um tratamento secundário para posteriormente o composto ser utilizado. Esse fato deve ser considerado nos planos de gestão das excretas de banheiros secos construídos com a tecnologia em pauta.

Do ponto de vista tecnológico, em relação aos parâmetros analisados, o banheiro seco possui um nível de maturidade tecnológica satisfatório, considerando que o mesmo conseguiu atingir o nível de satisfação 8 (TRL's 8), conforme demonstra a quadro 5.

Quadro 5 Análise do nível de TRL e CTA/CTR com os resultados dos testes

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Percebe-se que no início da pesquisa o CTA foi maior do que o CTR, considerando o nível baixo de maturidade. Após a etapa 4, o CTR foi maior do que o CTA, indicando que, após as análises e testes realizados os resultados demonstraram de uma forma satisfatório sob o ponto de vista operacional com o uso do banheiro. Além disso, não foi identificado incômodo, dificuldades e desinteresse com a tecnologia por parte dos usuários, pelo contrário, os usuários demonstraram aceitação da tecnologia, promovendo um aumento do TRL gradativamente até o nível 8.

Para atingir o nível de maturidade nível 9 (nove) é necessária ações de ciclos de melhorias contínuas relacionadas com as questões projetuais.

7 CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que os banheiros secos são uma das alternativas mais promissoras para práticas do saneamento inteligente, que associa a gestão sanitariamente adequada das excretas com recuperação de recursos.

A aceitação da tecnologia por um conjunto de usuários, que utilizaram o banheiro seco mais de uma vez, e não se esquivaram de realizar as análises de percepção de odores, foi satisfatória.

Por mais que os jurados tenham percebido um algum tipo de odor, foi possível concluir que o mesmo em nenhum momento causou incômodo que interferisse no uso do sanitário.

A avaliação da temperatura e da umidade indicou uma diferença térmica entre a temperatura dentro e fora da câmara térmica, com uma maior temperatura nesse último local. Esse gradiente de temperatura é de grande importância para a exaustão dos compostos odorantes da atmosfera do banheiro seco e para o processo de secagem na câmara térmica. Caso esse gradiente térmico não ocorresse, os gases gerados na câmara poderiam ser dispersados no ambiente interno do banheiro.

Os testes demonstraram que a tecnologia possui um nível de maturidade tecnológica satisfatório, com o protótipo atingindo um TRL número 8. Observou-se também que, todos os envolvidos na pesquisa relataram que indicariam o banheiro seco para outra pessoa, evidenciando a aceitação da tecnologia.

Durante os testes, observou-se que os usuários se mostraram cada vez mais aptos a utilizar o banheiro seco, indicando que, com tempo e treinamento adequados, os indivíduos tendem a usá-lo cada vez mais.

Mesmo com o nível de prontidão satisfatório, e mesmo que o protótipo esteja pronto para utilização em uma escala maior, é necessário um aprimoramento contínuo com o objetivo de melhoria contínua da tecnologia, para que se promova a transição do TRL 8 para o TRL 9.

Por fim, conclui-se que, para solucionar os problemas de saneamento e contribuir para uma melhoria rápida da qualidade de vida das pessoas sem acesso aos serviços de saneamento, é necessário se adotar soluções tecnológicas simples e baratas, tendo com ênfase o coletivo. A tecnologia estudada nesta pesquisa apresenta características tecnológicas compatíveis com estas exigências, complementadas pela facilidade de manutenção operação, além de apresentar um nível de maturidade tecnológica satisfatório.

8 RECOMENDAÇÕES

- Realizar testes em comunidades de baixa renda que utilizam a tecnologia;
- Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica do composto gerado após o processo de tratamento;
- Testar outros materiais que possam auxiliar no processo de secagem das fezes;
- Avaliar a aplicação da tecnologia em escala maior, em uma comunidade, por exemplo.
- Avaliação econômica da produção e operação da BSS e o tempo de retorno do investimento (Payback);
- Avaliar adoção de processos químicos complementares para reduzir o cheiro da urina e amônia.

9 REFERENCIAS

1. AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Plataformas demonstradoras tecnológicas aeronáuticas, experiências com programas internacionais, modelagem funcional aplicável ao Brasil e importância da sua aplicação para o País. Brasília: 2014.
2. ACF. Compost marketing study: Customer survey for soil amendments, Ulaanbaatar, Mongolia, Action Contre La Faim Mongolia, Ulaanbaatar, 2012.
3. ALDERSON, M.P.; SANTOS, A. B. DOS; FILHOS, C. R. M. Reliability analysis of low-cost, full-scale domestic wastewater treatment plants for reuse in aquaculture and agriculture. **Ecological Engineering**, v. 82, p.6-14, 2015.
4. ALVES, B. S. Q. Banheiro Seco: Análise da eficiência de protótipos em funcionamento. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
5. AUSTIN, L. M.; CLOETE, T. E. Safety Aspects of Handling and Using Fecal Material from Urine-Diversion Toilets - A Field Investigation. **Water Environment Research**, 2008.
6. AFONSO, M. H. F. et. al., Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literature sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. Revista de Gestão Social e Ambiental – RGSA, São Paulo, 2012.
7. BANKE, J. Technology readiness levels demystified. NASA. 20 August 2010.
8. BEHRENDT, J.; AREVALO, E.; GULYAS, H.; NIEDERSTE-HOLLENBERG, J.; NIEMIEC, A.; ZHOU, J.; OTTERPOHL, R. Production of value added products from separately collected urine. In: IWA World Water Congress, Proceedings: Berlin, Alemanha, 2001.
9. BERGER, W. Basic overview of composting toilets (with or without urine diversion). Technology Review —Composting toiletsII. Eschborn, Alemanha: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) ecosan, 2010.

10. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 3. Ed. Ver. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p.
11. CASTILLO CASTILLO, L. Sanitario ecológico seco: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento. Guadalajara. S.n; México. 2002. 98p.
12. CHENG, S., Li, Z., Uddin, S., Mang, HP, Zhou, X., Zhang, J., Zhang, L. Toilet revolution in China. **Journal of environmental management**, 2017.
13. CHUANBIN ZHOU, JINGRU LIU, RUSONG WANG, WENRUI YANG, JIASHENG JIN, Ecological-economic assessment of ecological sanitation development in the cities of Chinese Loess Plateau. **Ecological Complexity**, Volume 7, Issue 2, 2010.
14. COHIM, E. et al. Avaliação da perda de nitrogênio em sistema de armazenamento de urina com isolamento da atmosfera. In: Congreso Interamericano AIDIS, XXXI, 2008, Santiago. Anais Santiago: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – AIDIS. 2008.
15. COHIM, E.; KIPERSTOK, A. Sistemas de esgotamento sanitário: conhecer o passado moldar o futuro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Belo Horizonte-MG: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental –ABES. 2007.
16. CK ANAND, DS Apul. Composting toilets as a sustainable alternative to urban sanitation–A review. **Waste management**, 2013.
17. DAWSON, B. The impact of technology insertion on organisations. Human Factors Integration Design Technology Center. 2007
18. DEL PORTO, D.; STEINFELD, C. Composting toilet system book: A practical guide pollution to choosing, planning, and maintaining composting toilet systems. Center of Ecological Prevention, Concord, 2000

19. DEMENIGHI, A. L. Parâmetros Projetuais para a Implantação de Sanitários Secos Desidratadores com Desvio de Urina (SSDDU). Dissertação. UFSC. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2012.
20. DEMENIGHI, A.; GÓMEZ, L.; SOUZA, R. Pârametros projetuais para a implantação de sanitários secos desidratadores com desvio de urina (SSDDU). *Mix Sustentável*. Florianópolis, v.3, n.3, p. 41-52, 2017.
21. DEVKOTA, J., SCHLACHTER, H., ANAND, C., PHILLIPS, R., APUL, D., 2013. Development and application of EEAST: a life cycle based model for use of harvested rainwater and composting toilets in buildings. **J. Environ. Manag.** 2013.
22. DICKIN, S., DAGERSKOG, L., JIMÉNEZ, A., ANDERSSON, K., SAVODOGO, K. Understanding sustained use of ecological sanitation in rural Burkina Faso. **Sci. Total Environ**, 2017
23. DODD, M.C.; ZULEEG, S.; GUNTEN, U.V.; PRONK, W. Ozonation of Source-Separated Urine for Resource Recovery and Waste Minimization: Process Modeling, Reaction Chemistry, and Operational Considerations. **Environmental Science and Technology**, 2008.
24. DRANGERT, J.O; BEW, J.; WINBLAD, U. Ecological Alternatives in Sanitation. In: SIDA Sanitation Work shop, Proceedings: Balingsholm, Suécia. 1997.
25. DWIPAYANTI, N.M.U; PUNG, T.D; RUTHERFORD, S. Towards sustained sanitation services: a review of existing frameworks and an alternative framework combining ecological and sanitation life stage approaches. **Journal of water, sanitation and hygiene for Development**.2017.
26. EUROPEAN ASSOCIATION OF RESEARCH AND TECHNOLOGY ORGANISATIONS- EARTO. The TRL scale as research & innovation policy tool, EARTO recommendations. Disponível em: <<http://www.earto.eu/index.php?id=28&type=0&jumpurl=uploads%2Fmedia%2FThe_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf&juSecure=1&locationData=28%3Att_content%3A2012&juHash=e11b28c87d23bfb626f77b46a594cd6530c12a98>>. Acesso em: 10 de setem. 2020.

27. ENSSLIN, L., et al. ProKnow-C, Knowledge Development Process – Construtivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao **INPI**. Brazil, 2010.
28. ECHER, I. C. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. *Revista gaúcha de enfermagem*, 22(2), 5-20. 2001.
29. ECOLOGICAL-ENGINEERING. EcoTech Carousel Composting Toilet System. Disponível em: <<http://www.ecologicalengineering.com/carousel.html>> Acesso em: 17 fev.2022
30. EMMOTH, E.; OTTOSON, J.; ALBIHN, A.; BELÁK, S.; VINNERÅS, A. Ammonia disinfection of hatchery waste for elimination of single- stranded RNA viruses. **Applied and Environmental Microbiology**, 2011.
31. EKINCI *et al.* Effects of aeration strategies on the composting process: Part I, Experimental studies. *Transactions of the ASAE* 47(5), pp.1697-1708. 2004.
32. ESPINOZA, L.M.C. Inactivation of *Ascaris suum* by Ammonia in Feces Simulating the Physical-Chemical Parameters of the Solar Toilet Under Laboratory Conditions. (Tese). College of Public Health– University of South Florida, Tampa, USA, 2010.
33. ESREY S, GOUGH J, RAPAPORT D, SAWYER R, SIMPSON-HÉBERT M, VARGAS J e WINBLAD U. Ecological sanitation. Sida, Stockholm. Sweden, 1998.
34. ESREY, S, GOUGH, J, RAPAPORT D, SAWYER R, SIMPSON-HÉBERT M, VARGAS J E WINBLAD U. Ecological Sanitation. Sida, Stockholm, Sweden, 1998.
35. FERENHOF, H.A., Vignochi, L., Selig, P.M, Lezana, Á, G. R., Campos, L.M.S. Environmental management systems in small and medium-sized enterprises: na analysis and systematic review. **J. Clean. Prod.** 74, 44-53.2014
36. FENG, D.; WUB, Z.; XU, S. Nitrification of human urine for its stabilization and nutrient recycling. **Bioresource Technology**, 2008.

37. FIDJELAND, J.; LALANDER, C.; JÖNSSON, H.; VINNERÅS, B. Ammonia sanitization of sewage sludge using urea (Manuscript), 2013-b.
38. FIDJELAND, J.; MAGRI, M. E.; JÖNSSON, H.; ALBIHN, A.; VINNERÅS, B. The potential for self-sanitization of faecal sludge by intrinsic ammonia (Manuscript), 2013-a
39. FRANCES. S. et al., Multiple criteria decision analysis for sanitation selection in South African municipalities. **Water SA**. Vol. 44. nº 3. 2018.
40. G. Langergraber, E. Muellegger. Ecological Sanitation - A way to solve global sanitation problems? **Environment International**, 2005.
41. GANROT, Z.; DAVE, G.; NILSSON, E. Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. **Bioresource Technology**, 2007
42. GANROT, Z.; DAVE, G.; NILSSON, E. Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. **Bioresource Technology**, 2007.
43. GERMER, J.; BOH, M.Y.; SCHOEFFLER, M.; AMOAH, P. Temperature and deactivation of microbial faecal indicators during small scale co-composting of faecal matter. **Waste Management**, 2010.
44. GIL, L.; ANDRADE, M.H.; COSTA, M. do C. Os TRL (Technology Readiness Levels) como ferramenta na avaliação tecnológica. **Ver.Ingenium**. 2014
45. GONÇALVES, R. F. (org.) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
46. GRAVES, R. E. et al, Composting. In: United States Departamento of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Part 637 Environmental Engineering – National Engineering Handbook. Washington, 2000. 88p. Disponível em: <http://www.info.usda.gov/CED/>. Acesso em: fevereiro 2021.
47. GUEST, J. S.; SKERLOS, S. J.; BARNARD, J.L; BECK, M. B.; DAIGGER, G.T.; HILGER, H.; JACKSON, S.J; KARVAZY, K.; KELLY, L.; MACPHERSON, L.; MIHELICIC, J.R.; PRAMANIK, A.; RASKIN, L.; VAN LOOSDRECHT, M.M; YEH, D; LOVE, D.G. A New Planning and Design

Paradigm to Achieve Sustainable Resource Recovery from Wastewater.
Environmental Science and Technology v.43, 2009. P.6126-6130.

48. GULYAS, H.; BRUHN, P.; FURMANSKA, M.; HARTRAMPF, K.;KOT, K.;LUTTENBERG, B.; MAHMOOD, Z. Freeze concentration for enrichment of nutrients in yellow water from no-mix toilets. **Water Science and Technology**, 2004.

49. HELLSTROM, D.; JOHANSSON, E.; GRENNBERG, K. Storage of human urine: acidification as a method to inhibit decomposition of urea. **Ecological Engineering** v.12, 1999. p. 253-269.

50. HELLSTROM, D.; JOHANSSON, E.; GRENNBERG, K. Storage of human urine: acidification as a method to inhibit decomposition of urea. **Ecological Engineering**, 1999.

51. HENNIGS, J., RAVNDAL, K. T., BLOSE, T., TOOLARAM, A., SINDALL, R. C., BARRINGTON, D., TYRREL, S. Field testing of a prototype mechanical dry toilet flush. **The Science of the total environment**, 2019.

52. Hill, G.B., Baldwin, S.A. Vermicomposting toilets, an alternative to latrine style microbial composting toilets, prove far superior in mass reduction, pathogen destruction, compost quality, and operational cost. **Waste Manage**, 2012.

53. HÖGLUND, C. Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine. (Tese). Royal Institute of Technology, Department of Biotechnology, Applied Microbiology e Swedish Institute for Infectious Disease Control, Department of Water and Environmental Microbiology. Estocolmo, Suécia, 2001.

54. HOLLAND, P.J.; BIRD, D.M.; MILLER, C.L. Extraction of potable water from urine for space applications. In: Space 92, Third International Conference, Proceedings vol. 2. American Society of Civil Engineers (ASCE), Denver, CO and New York, USA, 1992.

55. IGNACIO, JJ; ALVIN MALENAB, R .; PAUSTA, CM; BELTRAN, A .; BELO, L; TANHUECO, RM; ERA, M .; EUSEBIO, RC; PROMENTILLA, MA; ORBECIDO, A. Perceptions and Attitudes Toward Eco-Toilet Systems in Rural Areas: A Case Study in the Philippines. **Sustainability**, 2018.

56. INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/relatorio-completo-2015.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2019.
57. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. ISSO/IEC 30:500. Non-sewered sanitation systems — Prefabricated integrated treatment units — General safety and performance requirements for design and testing.2018
58. IS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto - 2016. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2016.
59. ISSO/TC/ 2º/SC 14/FDIS 16290:2013. Space Systems – definition of the Technology Readiness Levels (TRL's) and their criteria of assessment. 2013.20p. Disponível em: <http://www.spacewx.com/Docs/ISO_FDIS_16290_%28E%29_review.pdf> . Acesso em: 08 de set. 2020.
60. J.MANKINS. Os níveis de prontidão tecnológica, um livro Branco, NASA, Washington, DC, 1995.
61. JENKIS, J. The Humanure Handbook: a guide to composting human manure. Jenkins Publishing 3 rd. Edition. EUA, 2005.
62. JENKINS, M., CUMMING, O., SCOTT, B. & CAIRNCROSS, S. Beyond –improvedl towars –safe and sustainablell urban sanitation: assessing the design, management and functionality of sanitation in poor communities of Dar es Salaam, Tanzania. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development**. 2013.
63. JONSSON, H. et al. Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production. Stockholim: Stockholm Environment Institute, 2004.
64. JONSSON, H., Stintzing, A. R., Vinneras, B., Salomon, E. Guidelines on the use of urine and faeces in crop production, ed. EcoSanRes Plublication Series of the Stockholm Environment Institute (SEI), Stockholm, 2004.
65. JÖNSSON, H.; STINTZING, A. R.; VINNERÅS, B.; SALOMON, E. Orientações de Uso de Urina e Fezes na Produção Agrícola. Estocolmo, Ecosanres, 2004.

66. K. R. EFFEBI, G. T. BALLEET, M. A. SEKA, D. T. BAYA & B. L. N'TAKPE: Physicochemical and microbiological characterization of human feces and urine from composting toilets in Abidjan, Côte d' Ivoire, **Environmental Technology**, 2017.
67. K. ANDERSSON., et al., Innovative sanitation approaches to address multiple development challenges. **Water science & Technology**. pag 77.4, 2018.
68. KARAK,T.; BHATTACHARYYA, P. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: A flight of fancy or an achievable reality. **Resource Conservation and Recycling**, 2011.
69. KR Effebi, GT Ballet, MA Seka, DT Baya e BL N'takpe: Physico-chemical and microbiological characterization of human feces and urine from composting toilets in Abidjan, Côte d'Ivoire, Costa do Marfim, **Environmental Technology**, 2017.
70. KUMAR, P. Community-led water and ecosan programme Shaanxi provivence, China. Case study of SuSana projects. GTZ, Ecosan program, 2008. Disponível em: <www.susana.org.> Acesso em fevereiro 2020.
71. LANGERGRABER, E.; MUELLEGGER, E. Ecological Sanitation— A Way To Solve Global Sanitation Problems? **Environ. Intl**, 2004.
72. LENAU, T., DENTEL, A., INGVASDÓTTIR, P. & GUOLAUGSSON, T. Engineering Design of an Adaptive Leg Prosthesis Using Biological Principles. Design 2010 conference, Dubrovnik, Croatia, 2010
73. LIMA, T. C. S., & MIOTO, R. C. T. (2007). Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Katálysis*, **10** (esp.), 37-45. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-49802007000300004&lng=en&nrm=iso.> Acesso em 5 de abril de 2020.

74. LEED. LEED for New Construction and Major Renovations Rating System USGBC. 2008. Disponível em: <www.usgbc.org>. Acesso em 20 de novembro 2019.
75. LIND, B.B.; BAN, Z.; BYDEN, S. Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite. **Bioresource Technology**, 2000.
76. LUTHI, C., LEHN, H.; NORSTROM, A.; PANESAR, A.; RUD, A.; SAYWELL, D., VERHAGEN, J. Planejamento para um saneamento. Eawag/Sandec-SuSana, 2008. Disponível em: www.susana.org. Acesso em março de 2011.
77. MAGID, J. et al. Possibilities and barriers for recirculation of nutrients and organic matter from urban to rural áreas: A technical theoretical framework applied to the médium- sized town Hillerod, Denmark. **Ecological Engineering**, V. 48, n. 1, p. 37-46, 2006.
78. MACEDO, N. D. DE. Iniciação à pesquisa bibliográfica: guia do estudante para fundamentação do trabalho de pesquisa (2a ed.). São Paulo: Loyola. 1994.
79. MAGRI, Maria Elisa. Aplicação de Processos de estabilização e higienização de fezes e urina humana em banheiros secos segregadores. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina. CT. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. 2013.
80. MAURER, M.; PRONK, W.; LARSEN, T.A. Treatment processes for source-separated urine. **Water Research**, 2006.
81. MAURER, M.; SCHWEGLER, P.; LARSEN, T. A. Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery. **Water Science and Technology**, v. 48, n. 1, p. 37-46, 2003.
82. MCCONVILLE, J .; KUNZLE, R .; MESSMER, U. ET AL. "Decision support to redesign Wastewater Treatment Technologies". **Environmental Science & Technology**, 2014.

83. MEDEIROS, D. L. Avaliação Energética e Ambiental do Saneamento Base em Recursos para Aproveitamento da Urina Humana na Agricultura. Tese. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. 2019.
84. METCALF & EDDY/AECOM. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. 5th ed. New York: McGraw-Hill. 2014.
85. MORGAN, P. Toilets That Make Compost – Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in African context. Programa EcoSanRes. Estocolmo, Suécia: SEI, 2007
86. MUNCH, E. V. ; BERGER, W. Technology review: dehydration toilets. GTZ, Ecosan program, 2009. Disponível em: <www.gtz.de/en/themen/umwelt-infrastruktur/wasser/9397.htm>. Acesso em 17 fev. 2019.
87. MING HU, BIN FAN, WEI SUN, HONGLIANG WANG, BO QU, SHIKUN ZHU. Corrigendum to —Constructing the ecological sanitation: A review on technology and methods. **Journal of Cleaner Production**, Volume 139, 15 December 2016, Pages 1392.
88. Mkhize, N; Taylor, M; Udert, K.M; Gounden, T.G; Buckley, C.A. Urine diversion dry toilets in ethekwinini municipality, South Africa: acceptance, use and maintenance through users' eyes. **Journal of water, sanitation and hygiene for Development**.2017.
89. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION – NASA. Technology Readiness Levels: introduction. Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20051206035043/HTTP://as.nasa.gov/aboutu/s/trl-introduction.html>>. Acesso em 08 de out.2020
90. NIWAGABA, C.; KULABAKO, R.N.; MUGALA, P.; JÖNSSON, H. Comparing microbial die-off in separately collected faeces with ash and sawdust additives. **Waste Management**, 2009-c.

91. NIWAGABA, C.; NALUBEGA, M.; VINNERÅS, B.; SUNDBERG, C.; JÖNSSON, H. Bench-scale composting of source-separated human faeces for sanitation. **Waste Management**, 2009^a.
92. NIWAGABA, C.; NALUBEGA, M.; VINNERÅS, B.; SUNDBERG, C.; JÖNSSON, H. Substrate composition and moisture in composting source separated human faeces and food waste. **Environmental Technology**, 2009b.
93. NORDIN, A.; OTTOSON, J.; VINNERÅS, B. Sanitation of faeces from source-separating dry toilets using urea. **Journal of Applied Microbiology**, 2009.
94. NOSIPHO, M. et al.; Urine diversion dry toilets in eThekweni Municipality, South Africa: acceptance, use and maintenance through users'eyes. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**. 07.1. 2017.
95. NOVOTONY, V. Water and energy footprints for sustainable communities. Paper presented at the Singapore International Water Week Conference, Water Practice & Technology (conference proceedings) June 28-July 2, 2010.
96. NSF/ANSI. American National Standards Institut. Non-liquid Saturad Treatment Systems. September. 23. 2018.
97. OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; CASTRO NETO, M. T. Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico. EMBRAPA, Circular Técnica 76, Bahia, 2005.
98. OTA, Lucas Augusto Makoto. Prospecções e aplicações para o saneamento seco no Brasil. Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociência e Ciências Exatas. Conclusão de Curso, 2018.
99. OTTERPOHL, R. Design of highly efficient Source Control Sanitation and practical Experiences. In: EURO-Summer School DESAR, Wageningen, Holanda. 2000. 16p.

100. OTTERPOHL, R.; BEHRENDT, J.; TETTENBORN, F. Resource recovery and removal of pharmaceutical residues; Treatment of separate collected urine. Final report for task 7 of the demonstration Project —Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater (SCST)II, 2007.
101. OTTOSON, J.; NORDIN, A.; ROSEN, D.; VINNERÅS, B. Salmonella reduction in manure by the addition of urea and ammonia. **Bioresource Technology**, 2008-a.
102. PANESAR, A. et al. Sustainable Sanitation Systems (capítulo 7). In: LUTHI, C. et al. Sustainable Sanitation in Cities – A Framework for Action. Rijswijk: Papiroz Publishing House, 2011. P. 106-117.
103. PARK, G.W.; DIEZ-GONZALEZ, F. Utilization of carbonate and ammonia-based treatments to eliminate Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Typhimurium DT104 from cattle manure. **Journal of Applied Microbiology**, 2003.
104. PECSON, B.M.; BARRIOS, J.A.; JIMÉNEZ, B.E.; NELSON, K.L. The effects of temperature, pH, and ammonia concentration on the inactivation of Ascaris eggs in sewage sludge. **Water Research**, 2007.
105. Penteado, R. Análise e mineração de textos e dados. Em Duarte, J., & Barros, A. T. de. (Orgs.). Pesquisa em comunicação: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas. 2005.
106. PEREIRA NETO, J.T. Manual de Compostagem: Processo de baixo custo. Viçosa, MG. UFV. 2007. 81p.
107. PRASAD, CS; RAY, I. When the pits fill up: (in) visible flows of waste in urban India. **Journal of water, sanitation and hygiene for Development**. 2015.

108. PRONK, W.; BIEBOW, M.; BOLLER, M. Electrodialysis for recovering salts from a urine solution containing micropollutants. **Environmental Science and Technology**, 2006-a.
109. PRONK, W.; KONÉ, D. Options for urine treatment in developing countries. **Desalination**, 2009.
110. PRONK, W.; PALMQUIST, H.; BIEBOW, M.; BOLLER, M. Nanofiltration for the separation of pharmaceuticals from nutrients in source-separated urine. **Water Research**, 2006-b.
111. R. TOBIAS, M. O'KEEFE, R. KÜNZLE, H. GEBAUER, H. GRÜNDL, E. M. ORGENROTH, W. PRONK, T.A. LARSEN. Early testing of new sanitation technology for urban slums: the case of the Blue Diversion Toilet. **Sci. Total Environ**, 2017,
112. REBOUÇAS, T.C.; BIANCHI, G.; WIGNER, P.L.; BAZZARELLA, B.B.; GONÇALVES, R.F. Características físico-químicas e microbiológicas de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial. In: 24^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais: Belo Horizonte, 2007.
113. REBOUÇAS, Thais Cardinali. Estabilização e higienização de fezes humanas através de compostagem em regime de batelada/ Thais Cardinali Rebouças. 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.
114. RICHERT, A. et al. Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production. Stockholm: Sweden, 2010. Disponível em: WWW.ecosanres.org. Acessi em: 30 jan. 2019.
115. RIECK, C.; MUENCH, E. V. Technology review of urine diversion dehydration toilets (UDDTs) – Design principles, urine and faeces management. Alemanha – GTZ, 2011.
116. RONTELTAP, M.; MAURER, M.; GUJER, W. Struvite precipitation thermodynamics in source-separated urine. **Water Research**, 2007-a.

117. RONTELTAP, M.; MAURER, M.; GUJER, W. The behaviour of pharmaceuticals and heavy metals during struvite precipitation in urine. **Water Research**, 2007-b.
118. RONTELTAP, M.; MAURER, M.; GUJER, W.; HAUSHERR, G. Struvite precipitation from urine – Influencing factors on particle size. **Water Research**, 2010.
119. RUSSEL, K, ROACH M, AUERBACH D, FOOTE A, KRAMER S AND BRIECEÑO R. Taking Container- Based sanitation to scale: Opportunities and Challenges. Front, **Environ.sci.**2019.
120. SALISBURY, F, C BROUCKAERT, D STILL, C BUCKLEY. Multiple criteria decision analysis for sanitationselection in South African municipalities. **Water SA**, 2018.
121. SADIN S.T.; POVINELLI, F.P.; ROSEN, R. NASA technology push towards future space mission systems, Space and Humanity. Conference Bangalore, India, seleted Proceedings of 39th. International Aeronautical Federation Congress, Acta Astronautica, p.73-77, V.20, 1989.
122. SALGOT, Miquel; FOLCH, Montserrat. Wastewater treatment and water reuse. Current Opinion in Environmental Science & Health, v. 2, p. 64-74, 2018.
123. SANEAMIENTO ecológico: lecciones aprendidas em zonas periurbanas de lima. Lima: Banco Mundial, 2008.
124. SCHOEN ME, XUE X, WOOD A, HAWKINS TR, GARLAND J, ASHBOLT NJ COST. Energy, global warming, eutrophication and local human health impacts of community water and sanitation service options. **Water Res**, 2017.
125. SCHÖNNING, C., STENSTRÖM, T.A. Lineamientos para el Uso Seguro de la Orina y de lãs Heces em Sistemas de Saneamiento Ecológico. EcoSanRes, Instituto Ambiental de Estocolmo, Estocolmo, Suécia, 2004.

126. SCHUTZE, T.; BRACKEN, P.; PARKINSON, J. Looking Back to Move Forward (capítulo 3). In: LUTHI, C. et al. Sustainable Sanitation in Cities – A Framework for Action. Rijswijk: Papiroz Publishing House, 2011.p.36-47.
127. SHERPA, A.M.; FARLEITNER, A.H.; SHRESTHA, R.R.; HABERL, R.; MACH, R.; BYAMUKAMA, D. Use of indicators to estimate pathogen die off rate in urine diversion dry ecosan toilets. In: I Ecosanlac, Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: —Segurança Alimentar e Hídrica para América Latinall, 2007.
128. SILVETI, D.; ANDERSSON, K. Challenges of Governing Off-Grid —Productivel Sanitation in Peri-Urban Areas: Comparison of Case Studies in Bolivia and South Africa. **Sustainability**, 2019.
129. SUSANA. What is sustainable sanitation? Sustainable Sanitation Alliance. 2018. Disponível em: <https://www.susana.org/em/about/vision-mission/sustainable-sanitation>. Acesso em 06 abril 2020.
130. TSE-HUI TEH. Bypassing the flush, creating new resources: analysing alternative sanitation futures in London. **Local Environment**.2015
131. THIBODEAU, C., MONETTE, F., BULLE, C., GLAUS, M. Comparison of black water source-separation and conventional sanitation systems using life cycle assessment. **J. Clean. Prod.** 67, 45e57, 2014
132. TILLEY, E., Ulrich L., Luthi C., Reymond P. & Zurbrugg C. Compendium of Sanitation System and Techonologies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Techology (Eawag), Dubendorf. 2014.
133. TØNNER-KLANK, L.; MØLLER, J.; FORSLUND, A.; DALSGAARD, A. Microbiological assessments of compost toilets: In situ measurements and laboratory studies on the survival of fecal microbial indicators using sentinel chambers. *Waste Management*, 2007.
134. TRIMMER, J.T., NAKYANJA, N., SSEKUBUGU, R., SKLAR, M., MIHELICIC, J.R., AND ERGAS, S.J. Assessing the promotion of urinediverting dry toilets through school-based demonstration facilities in Kalisizo, Uganda. *J. WASH Dev*, 2017.

135. TOILET Board Coalition with Ecofys. A Navigant Company. State of Sanitation Economy in Pune , India Marlet Potential & Markt Analysis: By-Products from the treatment of Toilet Resources in Pune, India. Available on request from the Toilet Borad Coalition. 2018.
136. TORBEN. LENAU & T. HESSELBERG. Dry sanitation concepts with inspiration from nature. **Journal of water, sanitation and hygiene for Development**.2015
137. Uddin, S. M. N., Li, Z., Mahmood, I. B., Lapegue, J., Adamowski, J. F., Donati, P. F., ... Cheng, S. Evaluation of a closed-loop sanitation system in a cold climate: A case from peri-urban areas of Mongolia. **Environment & Urbanization**, 2015.
138. UDERT, K.M.; LARSEN, T.A.; GUJER, W. Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems. **Water Research**, 2003-a.
139. UDERT, K.M.; LARSEN, T.A.; GUJER, W. Fate of major compounds in source-separated urine. **Water Science and Technology**, 2006.
140. UDERT, K.M.; WÄCHTER, M. Complete nutrient recovery from source-separated urine by nitrification and distillation. **Water Research**, 2012.
141. UN: Report of the Word Commission on Environment and Development: Our Common Future. WCDE, 1987
142. VAN ECK, N. j.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n.2, p. 523-538, 2010.
143. VELHO, S.R.K, SIMONETTI, M.L, SOUZA, C.R.P, IKEGAMI, M.Y. Nível de Maturidade Tecnológica: uma sistemática para ordenar tecnologias.Parc. *Estrat. Brasília-DF*. V.22, n.45, p-119-140.2017
144. VINNERÅS, B. Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion. (Tese). Swedish University of

Agricultural Sciences, Department of Biometry and Engineering, Uppsala, Suécia, 2002.

145. Vinnerås, B. Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation combined with urine diversion. PhD-thesis, Agraria 353, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 2002.
146. VINNERÅS, B. Sanitation and hygiene in manure management. In: Sommer, S.G., Jensen, L.S., Christensen, M.L., Schmidt, T. (eds). *Animal Waste – Recycling, Treatment and Management*. Wiley- Blackwell. Oxford UK (In Press), 2013.
147. VINNERÅS, B.; HEDENKVIST, M.; NORDIN, A.; WILHELMSON, A. Peepoo bag: self-sanitising single use biodegradable toilet. **Water Science and Technology**, 2009.
148. Watman, L, Eck, N. J. V. Manual for VOSviewer version 1.6.8, Universiteit Leiden, 2018.
149. WERNER, C., PANESAR, A.; RUD, S.B.; OLT, C.U. Ecological sanitation: Principles, Technologies and Project examples for sustainable wastewater and excreta management. **Desalination**. V.248, 2009. P. 392- 401.
150. WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Excreta and Greywater Use in Agriculture. Vol. 4. 2006.
151. WHO. UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS), 2014.
152. WHO. World Health Statistics. Technology for water supply and sanitation in developing countries. Genova. 2008
153. WHO. World Health Statistics – Technology for Water supply and sanitation in developing countries. Geneva, 2008.

154. WHO/UNICEF. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2017.
155. WIELAND, P.O. Designing for human presence in space - an introduction to environmental control and life support systems. NASA RP-1324, Appendix E/F, 227-251. 1994.
156. YADAV, K.D.; TARE, V.; AHAMMED, M. Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling. **Waste Management**, 2010.
157. YADAV, K.D.; TARE, V.; AHAMMED, M. Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling. *Waste Management*, 2010. KAZAMA, S.; TAMEIKE, N.; NAKAGAWA, N.; OTAKI, M. A fate model of pathogenic viruses in a composting toilet based on coliphage inactivation. *Journal of Environmental Science*, 2011.
158. ZANCHETA, P. G. Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola. (Dissertação). Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, 2007.
159. ZAKARIA, F., C'URKO, J., MURATBEGOVIC, A., GARCIA, H. A., HOOIJMANS, C. M. & BRDJANOVIC, D. (in press) Evaluation of a smart toilet in an emergency camp. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 2017.

ANEXO 1 FORMULÁRIO DE MONITORAMENTO DE ODORES

1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO - CT
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Questionário – Monitoramento de Odores

Nome: _____

Data: ____/____/____

Ponto de monitoramento: () 1 () 2 () 3 () 4

Fumante: () sim ou () não

1. Neste ponto, você sente algum odor? () sim () não
2. Este odor te causa algum incômodo? () sim () não
3. Como esse odor pode ser descrito?

() Urina () Amônia () Vinagre () Esgoto () Ovo estragado () Óleo () Matéria orgânica

() Gramíneas () Semelhança com algum produto químico () Floral () Não sei

() outro: _____
4. Quais tipos de incômodo os odores que está sentindo agora poderiam provocar em você?

() Náusea () dor de cabeça () irritação nas vistas e/ou nariz () Dificuldade respiratória

() Nojo () Não sei () outro: _____
5. Este odor que você percebe é:

() Muito Fraco () Fraco () Médio () Forte () Muito Forte
6. Qual grau de desagradabilidade é o odor que você percebe?

-5 ----- 0 ----- +5

(muito agradável) (não sinto odor) (muito desagradável)

-4 -3 -2 -1 1 2 3 4

ANEXO 2 FORMULÁRIO DE ACESSIBILIDADE E USABILIDADE

1
 UFES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO TECNOLÓGICO - CT PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
Questionário – Acessibilidade e Usabilidade
Nome: _____
Data: ____ / ____ / ____
1. Você utilizou este sanitário mais de uma vez? () sim () não
2. Você encontrou alguma dificuldade para utilizar o sanitário? () sim () não Qual? _____
3. Você sentiu desconforto no momento da utilização do sanitário? () sim () não Qual? _____
4. Você encontrou alguma dificuldade para acessar e utilizar esse sanitário? () sim () não Qual? _____
5. Você indicaria este sanitário para outra pessoa? () sim () não Por quê? _____

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

ANEXO 3 QUESTIONÁRIO PARA SELEÇÃO DO JÚRI**FICHA CADASTRAL – ANÁLISE SENSORIAL DE ODOR**

NOME: _____ DATA DE NASCIMENTO: __/__/__

Telefone/celular: () _____ e-mail: _____

- 1) Idade: _____
- 2) Sexo: () M () F
- 3) Grau de Instrução
() PRIMÁRIO () ENSINO FUNDAMENTAL () ENSINO MÉDIO () ENSINO SUPERIOR
() PÓS GRADUADO (a)
- 4) Fumante: () sim () não
- 5) Possui alguma doença crônica?
Qual? _____
- 6) Possui alergia a algum tipo de substância?
Qual? _____
- 7) Tem alergia a odores fortes? () sim () não
- 8) Já foi fumante? () sim () não

Se sim, por quanto tempo? _____
- 9) Você toma café, chá ou similares com muita frequência? () sim () não
- 10) Você considera seu sistema olfativo normal? () sim () não

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

