



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Isabel Campos Salles Figueiredo

**TRATAMENTO DE ESGOTO NA ZONA RURAL: DIAGNÓSTICO
PARTICIPATIVO E APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS**

CAMPINAS

2019

Isabel Campos Salles Figueiredo

**TRATAMENTO DE ESGOTO NA ZONA RURAL: DIAGNÓSTICO
PARTICIPATIVO E APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS**

Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil, na Área de Saneamento e Ambiente.

Orientador: Adriano Luiz Tonetti

Coorientadora: Jerusa Schneider

ESTE TRABALHO CORRESPONDE
À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELA ALUNA ISABEL
CAMPOS SALLES FIGUEIREDO E
ORIENTADA PELO PROF. DR.
ADRIANO LUIZ TONETTI.

CAMPINAS

2019

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

F469t Figueiredo, Isabel Campos Salles, 1981-
Tratamento de esgoto na zona rural : diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas / Isabel Campos Salles Figueiredo. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Adriano Luiz Tonetti.
Coorientador: Jerusa Schneider.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Saneamento rural. 2. Tecnologias sociais. 3. Esgotos - Tratamento. 4. Permacultura. I. Tonetti, Adriano Luiz, 1973-. II. Schneider, Jerusa. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Rural sanitation : participatory diagnosis and application of alternative technologies

Palavras-chave em inglês:

Rural sanitation

Social technology

Wastewater treatment

Permaculture

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Doutora em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Adriano Luiz Tonetti [Orientador]

Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima

Denis Miguel Roston

Juliana Schober Gonçalves Lima

Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

Data de defesa: 26-02-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-0940-0556>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/0836546321415163>

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

**TRATAMENTO DE ESGOTO NA ZONA RURAL: DIAGNÓSTICO
PARTICIPATIVO E APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS**

Isabel Campos Salles Figueiredo

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Adriano Luiz Tonetti
Presidente e Orientador/UNICAMP

Prof. Dra. Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima
UFMG

Prof. Dr. Denis Miguel Roston
UNICAMP

Prof. Dra. Juliana Schober Gonçalves Lima
UFS

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
UFSCAR

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

Campinas, 26 de fevereiro de 2019

Dedico este trabalho à Bubinha

Agradecimentos

São muitas as pessoas que contribuíram de diferentes formas para a realização deste trabalho. A todas elas minha enorme gratidão!

Gostaria de agradecer primeiramente à comunidade rural de Pedra Branca, seus moradores e membros da Associação. Sem a confiança e abertura de vocês, esse trabalho não teria existido. Grata pela amizade, pelas muitas goiabas e por todo apoio durante a fase de campo, organização de reuniões e contatos com as pessoas. Agradeço em especial às famílias que me receberam em suas casas durante o diagnóstico e as famílias que toparam receber nossos sistemas piloto: Nestor, Nena, Giggio e Dona Cecília; Sr. Morita, Antônio, Luzia, Márcia e Júlia; José Otávio, Dona Cida e Mingos. Também agradeço especialmente os membros da Associação Noêmia, Fran, Issao, Sérgio, Leonardo, Aldo, José Otávio, Lucia, Dirce e tantos outros.

Agradeço aos colegas e amigos da UNICAMP que ralaram nos mutirões e me ajudaram muito em campo e no laboratório. Grata Chico, Taína, Nat, Rául, Ariane, Bá, Daniel, Fernando, Thiago e outros. Agradeço também a Bárbara e Carlos pelo trabalho pesado no laboratório e em campo. Agradeço também aos demais bolsistas do projeto que auxiliaram tanto nos vídeos, cartilhas e nas ações na escola: Raíssa, Gabi, Gustavo e Nayara. Agradeço à minha irmã Lucia pelo lindo site do Projeto Saneamento Rural.

Agradeço ao professor Adriano que sempre me apoiou totalmente, me dando carta branca durante todo o projeto e sempre confiando no processo. Agradeço muito à professora Luana e Jerusa que também contribuíram muito, e aos demais professores com que tive contato durante o doutorado, inclusive os membros das minhas bancas de qualificação e defesa. Agradeço à FEC pela oportunidade e pelo apoio ao meu trabalho. Agradeço muito ao pessoal da secretaria por toda ajuda e paciência. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a todos os parceiros do projeto, especialmente a CATI (em especial Francisco e Geraldo) e a Prefeitura de Campinas (nas pessoas de Geraldo, Luis, Luiz e Paulo) que estiveram em campo e que me auxiliaram na elaboração de mapas e figuras. Agradeço também à ABES-SP, RAU, ANC, Comitê PCJ e outros. Agradeço também a outros tantos colegas de fora da Unicamp que apoiaram o trabalho e contribuíram com a minha formação, em especial ao mestre Gui Castagna.

Agradeço aos meus amigos, os de perto e de longe. Que bom que somos companheiros de luta!

Finalmente agradeço minha querida família que eu amo muito e que me deu todo suporte do mundo para que essa tese fosse finalizada. E olha que foi difícil...

Agradeço à Lara pela paciência, maturidade e compreensão (🙄🙄🙄). Te amo filha.

Ao Jê pelo companheirismo infinito, pela admiração, pelo amor e pela força nas horas de cansaço.

À minha mãe e meu pai pelo *backstage* essencial pra minha vida.

À Lucia pela disponibilidade incrível de sempre e pelo site e à Helô (sempre saudades) e meninos pela presença amorosa.

Sem vocês eu estaria lascada: amo vocês! Brigada! Vamos em frente!

RESUMO

A disposição inadequada do esgoto doméstico na zona rural pode oferecer sérios riscos à saúde da população local e também ao meio ambiente. Estas localidades e suas populações têm sido colocadas de lado pelas políticas públicas de saneamento, cabendo aos próprios produtores rurais tomar as decisões referentes à implantação e manutenção dos sistemas de tratamento de esgoto descentralizados. Poucos são os dados aprofundados sobre esta realidade comum em todo o Brasil e sobre as alternativas mais adequadas para o tratamento de esgoto doméstico neste contexto. Dessa forma, esta pesquisa se propõe a levantar informações sobre a realidade do saneamento na área rural de Pedra Branca, no município de Campinas (SP), por meio de um diagnóstico rural participativo (DRP) no contexto de uma pesquisa participante. Os resultados do DRP realizado com 33 propriedades diferentes indicam que a segregação do esgoto (águas cinzas x águas de vaso sanitário) é muito frequente, assim como a presença de fossas rudimentares ou absorventes. Além do DRP, o processo de escolha de alternativas para o tratamento de esgoto em áreas descentralizadas, sua implantação e replicação também foram discutidos, evidenciado que a participação espontânea no processo e a autonomia na escolha das tecnologias mais adequadas é fundamental para o sucesso das atividades. O processo participativo com a comunidade culminou na escolha de três sistemas de tratamento de esgoto que foram implantados na comunidade: uma bacia de evapotranspiração (BET), uma fossa séptica biodigestora (FSB) e um sistema composto de tanque séptico e filtro anaeróbio com recheio de coco verde (Tsep + FA). O monitoramento dos três sistemas por nove meses gerou resultados acerca da qualidade do efluente final produzido, da eficiência das tecnologias e da sua aceitação pela população local. De forma geral todos os sistemas foram bem aceitos pela população, mas a construção da BET e do Tsep + FA se mostrou mais trabalhosa. A eficiência média de remoção de DQO foi de 90,7% para BET, 72,6% para Tsep + FA e 58,6% para FSB. De forma geral as ações desenvolvidas em Pedra Branca deixaram um impacto positivo localmente e propiciaram mudanças reais na comunidade através do seu engajamento, participação e parceria com os pesquisadores.

Palavras-chave: saneamento rural; tecnologias sociais; saneamento ecológico; pesquisa participante, comunidades isoladas.

ABSTRACT

Inadequate disposal of domestic sewage in rural areas can pose health risks to local population and also to the environment. These localities are often set aside by sanitation policies and the farmers themselves are left to make decisions about the most adequate treatment systems and its management. There is few available data on this common Brazilian reality and on the most suitable alternatives for wastewater treatment technologies in this context. This research proposes to gather information on the sanitation practices of a rural area located in Campinas (SP) through a rural participatory diagnosis (RPD) held during a participatory research. The results obtained with the application of the DRP in 33 different rural properties show that the segregation of wastewater (greywater x blackwater) is common as the presence of pit latrines or soakway pits. Besides the RPD, the process of onsite technology choosing, implementing and replicating were also discussed, showing that spontaneous participation during the activities and autonomy to choose the best fit technology were key elements to the overall project success. The participatory process with the community led to the implementation of three different wastewater systems locally: an evapotranspiration bed system (known as BET), a biodigester septic tank (known as FSB) and a septic tank followed by and anaerobic filter filled with coconut husks. The implemented systems were monitored for nine months for their efficiency and acceptability. The three systems were well accepted by the community members, even though the construction of the septic tank + anaerobic filter and BET system proved to be trickier. The mean COD efficiencies were 90,7% for BET, 72,6% for septic tank + anaerobic filter and 58,6% for FSB. Overall, the activities developed in Pedra Branca made a positive impact locally and contributed to real changes through community engagement and participation and partnership with the researches.

Key words: rural sanitation; social technologies; ecological sanitation; participatory research.

Lista de Siglas

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGRI	Área de vocação agrícola
ALESP	Assembleia Legislativa do estado de São Paulo
ANA	Agência Nacional de Águas
ANC	Associação de Agricultura Natural de Campinas e Região
APHA	American Public Health Association.
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
AWCD	Average Well Color Development
BET	Bacia de Evapotranspiração
CATI	Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CE	Condutividade Elétrica
CEP	Comissão de ética e pesquisa
CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
COPANOR	Serviço de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de MG
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
DRP	Diagnóstico Rural Participativo
DRSR	Diagnóstico Rápido de Sistemas Rurais
DSA	Departamento de Saneamento e Ambiente
EMATER	Empresa Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuária
EMEI	Escola municipal de educação infantil
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FA	Filtro anaeróbio
FBB	Fundação Banco do Brasil
FEC	Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
FSB	Fossa séptica biodigestora
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GM	Guarda Municipal (de Campinas)
GPS	Global Position System
GTZ	The German Organization for Technical Cooperation
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INCRA	Instituto nacional de colonização e reforma agrária

LAB	Lodo Ativado por batelada
LABSAN	Laboratório de Saneamento
LDNSB	Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e a Política Federal de Saneamento Básico
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MCidades	Ministério das Cidades
MDE	Modelo digital de elevação
MO	Matéria Orgânica
MZ6	Macrozona 6
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número mais provável
NPK	Nitrogênio- Fósforo-Potássio
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Pesquisa-ação
PAP	Pesquisa-ação participativa
PCJ	Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí
PEAMSS	Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento
pH	Potencial hidrogeniônico
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMC	Prefeitura Municipal de Campinas
PMRH	Plano Municipal de Recursos Hídricos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional de Amostragem por domicílio
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
PP	Pesquisa participante
PSA-Água	Subprograma de Pagamento pela Conservação das Águas e dos Recursos Hídricos da Prefeitura Municipal de Campinas
PST	Percentual de Sódio Trocável
P_{total}	Fósforo total
RAU	Rede de Agroecologia da UNICAMP
ReCESA	Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
RTS	Rede de Tecnologia Social
SANASA	Sociedade de Abastecimento e Saneamento S/A
SESP	Serviço Especial de Saúde Pública
SISAR	Sistema Integrado de Saneamento Rural
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRC	Sindicato Rural de Campinas

SST	Sólidos suspensos totais
SuSanA	The Sustainable <i>Sanitation</i> Alliance
SWISs	<i>Subsurface wastewater infiltration systems</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e esclarecido
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica
TS	Tecnologia Social
TSep	Tanque Séptico
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket ou RAFA
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância (United Nations Children's Fund)
USEPA	United States Environmental Protection Agency
uT	Unidade de turbidez
WHO	World Health Organization (OMS, em português)
ZPRM	Zona de Proteção e Recuperação de Mananciais

Sumário

Seção I. Introdução Geral	16
1.1 Referências Bibliográficas	21
Seção II. Revisão Bibliográfica: Tratamento de esgoto nas zonas rurais brasileiras	24
2.1 Arcabouço legal e políticas públicas para o esgotamento sanitário na zona rural	26
2.2 O tratamento de efluentes domésticos por sistemas descentralizados	31
2.3 Desafios na implantação de sistemas descentralizados	35
2.4 Referências Bibliográficas	40
Seção III. Material e Métodos	47
3.1 Área de Estudo	47
3.2 Referencial metodológico da pesquisa	52
3.3 O projeto de extensão “Alternativas para o tratamento de esgoto em propriedades rurais de Campinas/SP: Educação, aplicação e difusão de tecnologias sociais”	54
3.4 Referências Bibliográficas	59
Seção IV. Construção e aplicação de uma metodologia participativa para a realização de um diagnóstico sobre saneamento rural	62
4.1 Apresentação	62
4.2 Revisão Bibliográfica	63
4.2.1 A origem dos dados acerca de saneamento rural no Brasil	63
4.2.2 DRP como forma de construir informação de qualidade	65
4.3 Objetivos	69
4.4 Metodologia	69
Fase 1- Apresentação	71
Fase 2- Análise situacional	72
Fase 3- Aprofundamento	77
4.5 Resultados e Discussão	78
Fase 1- Apresentação	78
Fase 2- Análise situacional	81
Fase 3 - Aprofundamento e busca de soluções	109
4.6 Conclusões	117
4.7 Referências Bibliográficas	119

Seção V. Escolha, implantação e difusão de tecnologias alternativas de tratamento de esgoto em Pedra Branca	127
5.1 Apresentação	127
5.2 Revisão Bibliográfica	128
5.2.1 Tecnologias para o tratamento de esgoto em comunidades rurais	128
5.2.2 Saneamento Ecológico e a contribuição da Permacultura	132
5.2.3 Tecnologias sociais	134
5.2.4 A participação da comunidade no processo de escolha da tecnologia	135
5.3 Objetivos	137
5.4 Metodologia	138
5.4.1. Definição dos critérios para escolha das famílias e propriedades beneficiadas	138
5.4.2 Elaboração de critérios e seleção de tecnologias de tratamento de esgoto	139
5.4.3 Implantação das tecnologias	141
5.4.4. Disseminação das tecnologias	141
5.5 Resultados e Discussão	142
5.6 Conclusões	168
5.7 Referencias Bibliográficas	168
Seção VI. Fossa séptica biodigestora	176
6.1 Apresentação	176
6.2 Revisão Bibliográfica	176
6.3 Objetivos	184
6.4 Metodologia	184
6.4.1. Dimensionamento e construção do sistema	184
6.4.2. Pontos de coleta de amostras do efluente	186
6.4.3. Caracterização do efluente	187
6.4.4. Avaliação do impacto no solo	189
6.4.5. Avaliação da opinião sobre a tecnologia	192
6.5 Resultados e Discussão	193
6.6 Conclusões	217
6.7 Referências Bibliográficas	220
Seção VII. Bacia de evapotranspiração	226
7.1 Introdução	226
7.2 Revisão Bibliográfica	226
7.3 Objetivos	235
7.4 Metodologia	235
7.4.1. Dimensionamento e construção dos sistemas	235
7.4.2. Pontos de coleta de amostras do efluente	237
7.4.3. Avaliação do efluente	238
7.4.4 Avaliação do nível de esgoto na BET	240

7.4.5. Avaliação da opinião sobre a tecnologia	242
7.5 Resultados e Discussão	243
7.6 Conclusões	262
7.7 Referências Bibliográficas	265
Seção VIII. Tanque séptico e Filtro Anaeróbio com recheio de coco	270
8.1 Introdução	270
8.2 Revisão Bibliográfica	270
8.3 Objetivos	279
8.4 Metodologia	279
8.4.1. Dimensionamento e construção dos sistemas	279
8.4.2. Pontos de coleta de amostras do efluente	282
8.4.3. Avaliação do efluente	282
8.4.4 Avaliação da opinião sobre a tecnologia	283
8.5 Resultados e Discussão	285
8.6 Conclusões	300
8.7 Referências Bibliográficas	302
Seção IX. Considerações finais	306
Apêndices	309
Apêndice 1	310
Apêndice 2	314
Apêndice 3	315

Seção I. Introdução Geral

Estima-se que no mundo 2,3 bilhões de pessoas ainda vivam sem acesso a práticas adequadas de esgotamento sanitário, o que representa 30% da população global (WHO/UNICEF, 2017). Apesar do problema existir também em grandes centros, há uma enorme disparidade entre a situação das áreas urbanas e das rurais já que a cada dez pessoas sem acesso a práticas adequadas de saneamento, sete vivem em áreas rurais (WHO/UNICEF, 2015). Nestas regiões, 49% da população ainda vive em situações com esgotamento sanitário considerado inadequado pela Organização Mundial da Saúde (OMS ou WHO) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) tais como a defecação ao ar livre (que inclui o lançamento de esgoto diretamente em corpos de água e no solo) e outras práticas inadequadas tais como o uso de buracos no solo, penicos/baldes ou banheiros suspensos sob corpos de água (WHO/UNICEF, 2015),

Esta também é a realidade de parte do Brasil, onde 43% da população é atendida por sistema coletivo (rede coletora e estação de tratamento de esgotos), 12% é atendida por solução individual, 18% da população tem os esgotos coletados mas não tratados e 27% é totalmente desprovida de atendimento (sem coleta ou tratamento) (ANA, 2017). Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, pouco mais da metade dos municípios (55,2%), possui algum serviço de esgotamento sanitário por rede coletora (independentemente da extensão desta rede, do número de casas ligadas ao sistema e da realização ou não do tratamento dos efluentes coletados) e em apenas 28,5% dos municípios é realizado algum tratamento (IBGE, 2010). Além disso, dados do “Atlas Esgotos: despoluição de bacias hidrográficas” (ANA, 2017) indicam que a qualidade do tratamento nas Estações de Tratamento de Esgotos- ETEs no Brasil também não é

adequada, já que apenas 14% dos municípios conseguem produzir efluentes que atendam à Resolução CONAMA No. 430 (CONAMA, 2011) no que se refere à remoção mínima de 60% da DBO. Um estudo do IBGE (2010) também apontou que em 2008, 2.495 municípios brasileiros não possuíam nenhum domicílio atendido por rede coletora e que a rede chegava a 44% dos domicílios no país. Estudo mais recente realizado pelo IBGE em 2013 e que incluiu 63.768 domicílios (IBGE, 2015) aponta que 63,3% dos domicílios brasileiros pesquisados são atendidos por rede coletora (atendimento pela rede ou por fossa ligada à rede), havendo enormes disparidades entre a cobertura na região Sudeste (87,8%) e Norte (18,4%), por exemplo.

Se o esgoto coletado nos municípios brasileiros ainda não é integralmente tratado (74% do esgoto coletado é tratado segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento- SNIS (SNIS, 2015)), o esgoto não coletado tampouco recebe uma disposição adequada. Nos municípios onde não há rede coletora, os destinos mais comuns para os efluentes domésticos são sistemas compostos de fossas sépticas e sumidouros (presentes em 60,6% dos municípios) e fossas rudimentares (38,0%), havendo também fossas secas (2,3%), lançamento em valas a céu aberto (1,2%), diretamente em corpos d'água (1,3%) ou outras alternativas (1,1%) (IBGE, 2010). Esta situação é mais comum em municípios e distritos de menor porte (menos de 50.000 habitantes), localidades preponderantemente rurais e com população mais dispersa (IBGE, 2010). No caso específico de domicílios situados nas áreas rurais, dados amostrados diretamente nos domicílios mostram que somente 8% dos domicílios rurais estão conectados de alguma forma à rede geral de coleta de esgoto, cerca de 13% não possuem nenhum tipo de tratamento ou coleta e os 79% restantes fazem uso de fossas sépticas, rudimentares ou outros sistemas (IBGE, 2014).

O nome dado a estas populações, urbanas ou rurais, que estão isoladas das redes coletoras e sistemas convencionais de tratamento de esgoto e que, portanto, coletam, tratam e dispõem os efluentes sanitários de modo alternativo e independente é comunidades isoladas (Sampaio, 2011; ABES, 2016; Tonetti *et al.*, 2018). Fornecer um tratamento de esgoto eficaz e de custo reduzido para estas áreas é um desafio em todo mundo (Massoud, Tarhini, e Nasr, 2009). Estas localidades apresentam especificidades que as diferenciam consideravelmente dos núcleos urbanos, requerendo, portanto, uma

abordagem bastante diferenciada para a implantação e operação dos seus sistemas de saneamento básico (Sampaio, 2011). Nestes casos, sistemas locais de tratamento de esgoto, também chamados de descentralizados, se bem projetados, construídos e operados podem ser uma boa alternativa para promover a saúde da população e ao mesmo tempo manter a integridade ambiental destas localidades (USEPA, 2002) já que a disposição inadequada de efluentes em áreas rurais pode comprometer a qualidade do solo, da água subterrânea e corpos d'água superficiais, potencializando a contaminação da população por organismos patogênicos e nitratos (WHO, 2011).

No Brasil existem manuais técnicos elaborados pela Fundação Nacional da Saúde - FUNASA (2007 e 2015) e normas (Ex: ABNT 1993 e 1997) para orientar a implantação de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto doméstico nas regiões rurais, porém isso não garante sempre a escolha mais acertada do sistema ou seu bom funcionamento e manutenção. Além disso, o saneamento rural no Brasil não é apenas carente de bons projetos, políticas públicas e de recursos, mas também de estudos sobre suas reais condições e sobre o sucesso das experiências já implantadas (Teixeira, 2011). O conhecimento da realidade em que serão aplicadas as tecnologias é, portanto, um passo fundamental para a busca de soluções viáveis e eficientes para o tratamento de esgoto na zona rural.

Mas além de conhecimento, é necessário também o envolvimento das próprias populações locais no processo de escolha das tecnologias, garantindo assim sua eficiência e legitimidade (Massoud, Tarhini, e Nasr, 2009), sendo este um dos maiores desafios na área de saneamento na atualidade. Não basta apenas desenvolver tecnologias adequadas, mas também desenvolver metodologias de trabalho que garantam a sua apropriação. Técnicas “mais sustentáveis” têm melhores resultados quando seu projeto, implantação e operação contam com a participação ativa da comunidade interessada (Teixeira, Folz e Shimbo, 2013). Isso será obtido mediante capacitação, intercâmbio técnico e extensão tecnológica pautados no respeito, compreensão e entendimento recíproco entre os diferentes atores envolvidos no processo (Brasil, 2009). Somente assim será construído de forma participativa e por meio do diálogo, serviços de saneamento mais eficientes e adequados (Brasil, 2009).

É nesse contexto que foi desenvolvida esta tese de doutorado que busca discutir os principais desafios e soluções para o tratamento de esgoto em propriedades rurais brasileiras e apontar algumas alternativas, tanto de ordem técnica como metodológica.

A pesquisa está vinculada ao projeto de extensão universitária *“Alternativas para o tratamento de esgoto em propriedades rurais de Campinas/SP: Educação, aplicação e difusão de tecnologias sociais”* que nasceu destes questionamentos e se insere dentro de um contexto ainda mais amplo, o do grupo de pesquisa *“Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos”* coordenado pelo Professor Adriano Luiz Tonetti do Departamento de Saneamento e Ambiente (DSA) da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) que estuda, dentre outros temas, alternativas para o tratamento descentralizado de esgoto.

O objetivo geral da tese foi avaliar a real situação do saneamento da área rural de Pedra Branca, em Campinas-SP, por meio de diagnóstico participativo, propondo a construção e avaliando a eficiência e aceitação de algumas alternativas para o tratamento descentralizado de esgoto.

Para facilitar a leitura, a tese foi dividida em nove seções. Optou-se por esta escolha pois a tese aborda temas bastante distintos e a organização proposta permitiu o aprofundamento de forma mais clara e agradável.

Além desta **Introdução Geral (I)**, foi feita uma **Revisão Bibliográfica (II)** mais ampla sobre o tema tratamento de esgoto nas zonas rurais brasileiras, seus desafios e a importância dos sistemas descentralizados. A terceira seção traz os **Materiais e Métodos (III)** utilizados na pesquisa de forma geral, detalhando o referencial metodológico utilizado, descrevendo a área de estudo e o projeto de extensão universitária onde se insere o projeto de pesquisa desenvolvido. As seções I, II e III contém suas próprias revisões bibliográficas.

As próximas seções (**IV, V, VI, VII e VIII**) são organizadas na forma de capítulos completos, contendo: uma pequena Apresentação que os contextualiza, uma Revisão Bibliográfica sobre temas específicos, além de Objetivos, Metodologia, Resultados e Discussão, Conclusões e Referências Bibliográficas próprios.

A **seção IV (Construção e aplicação de uma metodologia participativa para a realização de um diagnóstico sobre saneamento rural)** discute a experiência do diagnóstico rural participativo realizado na região rural de Pedra Branca em Campinas-SP.

A **seção V (O processo de escolha e implantação de tecnologias unifamiliares de tratamento de esgoto em Pedra Branca)** discute o processo de escolha, difusão e implantação das tecnologias na comunidade.

A partir desse processo se estruturam as ações da **seção VI (Fossa séptica biodigestora)**, **seção VII (Bacia de evapotranspiração)** e **seção VIII (Tanque séptico e filtro anaeróbio com recheio de coco)** que abordam os resultados da aplicação de tecnologias alternativas para o tratamento de efluentes domésticos na zona rural, sua eficiência e aceitação pela população.

As duas últimas seções são denominadas **Considerações Finais (IX)**, que traz as conclusões gerais sobre a pesquisa, e **Apêndices**, que organizam os materiais produzidos pela tese.

O presente estudo não pretende esgotar a discussão sobre a temática que é vasta e complexa, mas apresentar novas informações e experiências que possam contribuir para a caminhada rumo à universalização do saneamento nas áreas rurais brasileiras.

1.1 Referências Bibliográficas

- ABES. 2016. *Saneamento e saúde em comunidades isoladas*. Disponível em: <http://abes-sp.org.br/camaras/saneamento-e-saude-em-comunidades-isoladas> (último acesso em 10/10/2016)
- ABNT. 1993. *Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos - NBR 7229*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. 1997. *Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação - NBR 13969*. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro.
- ANA. 2017. Agência Nacional de Águas/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Brasil). *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. Brasília: ANA. 88 p.
- Brasil. 2009. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Caderno Metodológico para ações de educação ambiental e mobilização social em saneamento*. Brasília, DF- Ministério das Cidades. 100p.
- CONAMA, 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente/ Ministério do Meio Ambiente. *Resolução No. 430 de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
- FUNASA. 2007. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento: orientações técnicas*. 3ª Edição. Brasília: Funasa.
- FUNASA. 2015. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde*. 4ª edição. Brasília: Funasa.
- IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008*. Rio de Janeiro: IBGE. 219 p.

- IBGE. 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ***Pesquisa Nacional por amostra de domicílios 2013***. Volume 33. Rio de Janeiro: IBGE. 133 p.
- IBGE. 2015. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ***Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2013***. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE. 296 p.
- Massoud, M. A.; Tarhini, A.; Nasr, J. A. 2009. ***Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries***. Journal of Environmental Management. Vol. 90, pp. 652–659.
- Sampaio, A. de O. 2011. ***Editorial***. Revista DAE. No. 187. Ano LIX. Setembro/2011.
- SNIS, 2015. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. ***Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2011***. Brasília: Ministério das Cidades. 212 p.
- Teixeira, B.; Folz, R. R.; Shimbo, I. 2013. ***Contexto do Projeto: publicação a partir de prática***. In: Fundação Nacional de Saúde/ FUNASA. Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências. Brasília. 80 p.
- Teixeira, J. B. 2011. ***Saneamento rural no Brasil***. In: Panorama do Saneamento Básico no Brasil. Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. Volume n. VII (Versão Preliminar). Sonaly Cristina Rezende (org.) Ministério das Cidades (editora).
- Tonetti, A. L. *et al.* 2018. ***Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções***. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.
- USEPA. 2002. ***Onsite Wastewater Treatment Systems Manual***. Office of Water/ Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency. Washington, DC.

WHO. 2011. ***Nitrate and nitrite in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality***. Rev. 1. World Health Organization/UNICEF.

WHO/UNICEF. 2015. World Health Organization and the United Nations Children's Fund. ***Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment***. WHO Press, Geneva Switzerland. 90 p.

WHO/UNICEF. 2017. World Health Organization and the United Nations Children's Fund. ***Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines***. WHO Press, Geneva Switzerland. 110 p.

Seção II. **Revisão Bibliográfica: Tratamento de esgoto nas zonas rurais brasileiras**

Boas práticas de saneamento são fundamentais não apenas para evitar doenças, especialmente as de veiculação hídrica, mas para promover a saúde, proteger o meio ambiente e aumentar a qualidade de vida da população. Além disso, o direito humano à água potável e ao esgotamento sanitário é essencial a um nível de vida adequado e está relacionado ao direito à vida e à dignidade humana, como aponta a Organização das Nações Unidas (ONU) (PNSR, 2018 a). No entanto, a universalização do saneamento básico ainda é um desafio a ser alcançado em nosso país.

A utilização do saneamento como instrumento de promoção de qualidade de vida pressupõe a superação de entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que dificultam, por exemplo, a cobertura de municípios de pequeno porte e de populações que habitam zonas rurais (FUNASA, 2007).

Comunidades rurais podem ser consideradas um tipo de comunidade isolada, termo cunhado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) para designar núcleos habitacionais que não estão conectados aos serviços de saneamento básico (Sampaio, 2011; ABES 2016)¹. Nestas localidades, as redes de distribuição de água, coleta de esgoto, serviços de drenagem e coleta de resíduos são muitas vezes inexistentes ou precárias devido à entraves técnicos, financeiros e políticos (Tonetti *et al.*, 2018). Esta

¹ Apesar das comunidades rurais normalmente estarem isoladas dos serviços de saneamento, nem sempre esse é o caso. Comunidades rurais podem também ser atendidas pelos serviços públicos de saneamento, especialmente quando estas estão em áreas muito próximas ou dentro de zonas urbanas consolidadas. Nesta tese focaremos nossa atenção nas comunidades rurais que de fato estão isoladas.

situação leva as comunidades rurais a adotarem soluções locais para garantir o acesso aos serviços básicos de saneamento, mesmo que de forma improvisada ou precária.

Mesmo com baixo percentual de habitantes (15,7%), vivem na zona rural brasileira cerca de 30 milhões de pessoas (IBGE 2010), uma população bastante expressiva² e que ocupa o espaço de forma diversificada: desde vilas ou povoados com domicílios mais próximos até situações de moradias muito dispersas (Teixeira, 2011; 2014). A heterogeneidade do meio rural exige formas particulares de intervenção em saneamento, tanto no que diz respeito às questões tecnológicas, como de gestão e sustentabilidade das ações (FUNASA, 2015).

Estas regiões possuem algumas características que tornam complexo o atendimento pelo Estado, tais como: dispersão geográfica, isolamento e distância das sedes municipais, acessos precários ou difíceis, limitações financeiras dos municípios, ausência de participação social e insuficiência de políticas públicas locais (PNSR, 2018 b). Apesar destas características não serem justificativa para a ausência de iniciativas públicas e privadas na área, elas se traduzem nos baixos índices de cobertura na área de saneamento, especialmente na área de esgotamento sanitário (Luz, Landau e Moura, 2016).

Dados coletados e organizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2015) indicam que aproximadamente 12,6% dos domicílios rurais pesquisados não possuem nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto e que 57,7% adotam soluções consideradas inadequadas para o esgotamento sanitário tais como o uso de fossas rudimentares (fossas negras) e outras formas de tratamento e disposição final tal como o lançamento do esgoto em valas, corpos d'água e outras localidades (**Figura 2.1**).

² Na seção IV será debatido, com maior detalhe, a confiabilidade destes dados. Para Andrade *et al.* (2017), podem existir até 70,4 milhões de brasileiros vivendo em áreas rurais.

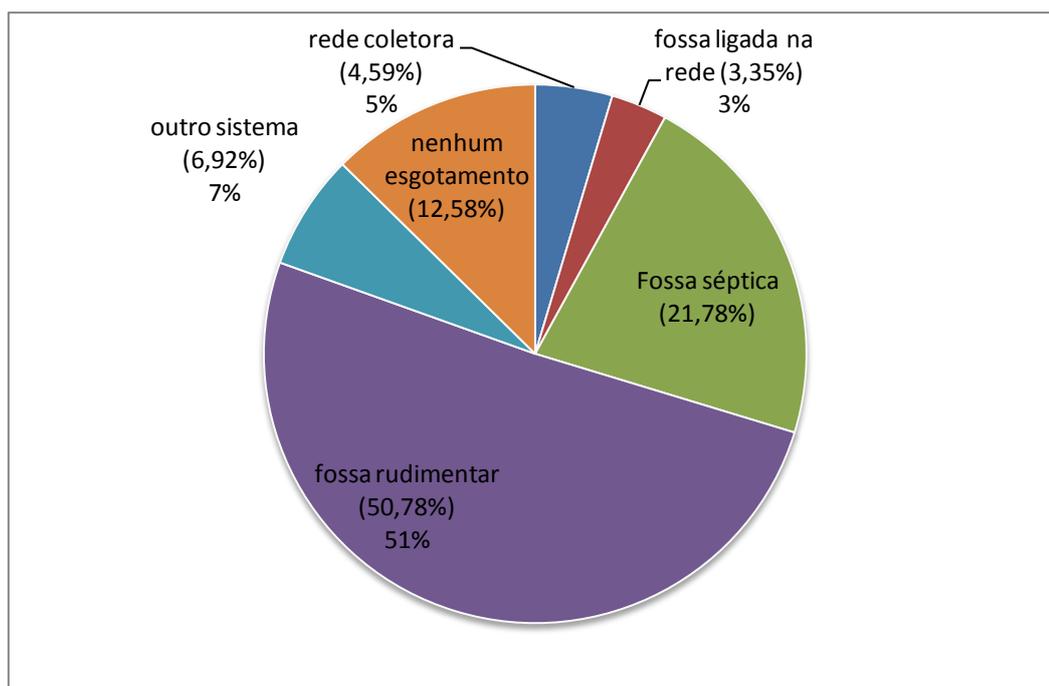


Figura 2.1. Destino do esgoto doméstico nos domicílios rurais brasileiros. Elaboração da autora, com base em IBGE (2015).

Apesar da comparação de pesquisas oficiais nacionais indicar pequenos avanços no sentido da melhoria da situação de esgotamento sanitário na zona rural- em 2008 15,13% dos domicílios rurais não possuíam nenhum tipo de esgotamento sanitário e em 2013 esse valor caiu para 12,58 (Luz, Landau e Moura, 2016)- ainda é precária a situação na maioria das localidades e a universalização ainda é uma meta distante. Como consequência, as comunidades rurais do Brasil, principalmente aquelas de regiões mais pobres, ainda são alvo de constantes riscos e vulnerabilidade social (Teixeira, 2014).

2.1 Arcabouço legal e políticas públicas para o esgotamento sanitário na zona rural

Historicamente no Brasil, as ações de saneamento básico foram realizadas com maior intensidade nos centros urbanos, ocasionando um déficit de atendimento em cidades menores, periferias urbanas e também em áreas rurais (Rezende e Heller, 2008). Mesmo atualmente, as populações destes pequenos municípios e áreas rurais permanece à margem do estado, carecendo de serviços públicos em todas as áreas fundamentais,

incluindo o saneamento (PNSR, 2018 b). Mas além dos déficits de ações, infraestrutura física e recursos, um dos gargalos do setor é o desenvolvimento de ações e políticas de forma fragmentada, descontínua e pontual (Andrade *et al.*, 2017; Teixeira, 2011).

Teixeira (2011 e 2014) faz uma análise da contribuição dos programas governamentais que vem tratando do saneamento rural desde a década de 50, especialmente das ações desenvolvidas pela Fundação Nacional de Saúde- FUNASA, considerada o organismo governamental que mais promove ações em comunidades rurais e isoladas, especialmente em municípios com menos de 50 mil habitantes. Além das ações e programas específicos, a FUNASA também é responsável pela elaboração da principal publicação que orienta as ações de saneamento em áreas isoladas no país, o “Manual de Saneamento” que na sua quarta edição apresenta tecnologias inovadoras, além das simplificadas e sociais, adequadas para populações dispersas, sobretudo das áreas rurais, quilombolas, dos assentamentos, ribeirinhas e indígenas (FUNASA, 2015).

Apesar dos esforços da FUNASA em implantar diversas ações pelo Brasil rural, a falta de uma política pública que desse as diretrizes para os planos e projetos na área atrasou o avanço do setor, e foi apenas com a nova política nacional de saneamento básico que foi criada a oportunidade de fazer o debate sobre o saneamento rural e de forma realmente institucionalizada (Teixeira, 2014).

No Brasil, a Lei No. 11.445 de 2007 (Brasil, 2007) e o Decreto que a regulamenta (Brasil, 2010) são os marcos legais mais importantes para o saneamento. A Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (LDNSB) e a Política Federal de Saneamento Básico definem diretrizes nacionais para o saneamento básico, estabelecendo alguns princípios fundamentais para a regulação dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. No entanto, mesmo que a LDNSB signifique um importante avanço para o saneamento, *“a sua conversão em agenda pública somente ocorrerá mediante a capacidade de gestão dos titulares dos serviços e do papel da União em sua implementação”* (Heller e Rezende, 2013).

Como a LDNSB é ampla e generalista, muito pouco é dito a respeito do esgotamento sanitário específico para áreas rurais ou comunidades isoladas, ainda que seja mencionado que um dos seus princípios norteadores é a adoção de métodos, técnicas

e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais (Artigo 2º, incisos V). Além deste, mais três artigos fazem menção específica ao saneamento descentralizado, mas de forma bastante vaga. No artigo 45 são admitidas “*soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários*” na ausência de redes públicas de saneamento. No artigo 48 é expressa a “*garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares*” (Inciso VII). E no Artigo 49, são expressos os objetivos da Política Federal de Saneamento Básico que incluem “*proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental*” aos povos indígenas, populações tradicionais, populações rurais e pequenos núcleos urbanos isolados.

Seguindo as orientações previstas na Lei nº 11.445 (Brasil, 2007), uma equipe³ coordenada pelo Ministério das Cidades elaborou o Plano Nacional de Saneamento Básico- PLANSAB (Brasil, 2013). Este documento e seus Cadernos Temáticos (ex: Rezende, 2011) trazem mais avanço à essa discussão ao apresentar uma análise do panorama do tratamento de esgoto nas zonas rurais brasileiras, ao instituir macrodiretrizes e estratégias para a universalização do saneamento rural e ao propor um programa governamental para a concretização destas estratégias, o Programa Nacional de Saneamento Rural- PNSR (PNSR, 2018 b).

O PNSR está, atualmente, em fase final de elaboração pela FUNASA e uma equipe da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), instituição parceira na elaboração do programa. O seu objetivo é promover o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais com vistas à universalização do acesso por meio de estratégias que garantam a equidade, integralidade, intersetorialidade e sustentabilidade dos serviços, garantindo também a participação e controle social (PNSR, 2018 b). Para tanto, vem sendo realizado um processo de construção com a participação de diversos atores e segmentos sociais interessados e envolvidos nas questões do saneamento o que constitui um diferencial importante do programa (Serafim e Dias, 2013). O **Quadro 2.1** sintetiza algumas características do PNSR.

³ Em 2009, as universidades federais de Minas Gerais- UFMG, da Bahia- UFBA e do Rio de Janeiro- UFRJ foram selecionadas pelo Ministério das Cidades- MCidades para desenvolverem uma pesquisa com o objetivo de dar embasamento à elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (Heller e Rezende, 2013).

Quadro 2.1. Principais características do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR)

Objetivos	População Beneficiada	Público Alvo	Marcos Referenciais	Eixos Estratégicos
Financiar ações ⁴ para abastecimento, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e educação ambiental para o saneamento em áreas rurais	População rural, povos indígenas, quilombolas e extrativistas	Administrações municipais Consórcios ou prestadores de serviços públicos Instâncias de gestão para o saneamento rural (cooperativas e associações comunitárias)	Promoção da saúde Desenvolvimento solidário e sustentável Erradicação da extrema pobreza	Tecnologias sociais Gestão, manutenção e operação Mobilização e participação social
Fonte: PNSR (2018 c) e Heller e Rezende (2013).				

No momento existem nove capítulos temáticos que compõem a proposta do PNSR e estes encontram-se disponíveis para consulta pública e download no site do programa. Para Teixeira (2014), o PNSR faz frente à uma histórica dívida social que o estado tem para com as populações rurais e comunidades tradicionais.

Além de ser ancorado em políticas e receber incentivos de programas de âmbito federal, o saneamento de populações rurais e dispersas também pode ser abordado pela legislação e ações nas esferas estadual e municipal. Teixeira (2014), por exemplo, dá diversos exemplos de companhias estaduais de saneamento que têm executado programas

⁴ Os objetivos do PNSR estimulam o financiamento das ações, mas, na verdade correspondem à consolidação de marcos referenciais para o saneamento rural; a criação de uma visão que possibilite a interpretação da ruralidade no Brasil, para o saneamento; a análise situacional do panorama atual do saneamento rural, na perspectiva das ações em múltiplas dimensões e na perspectiva da política, a partir das instituições e programas; desenvolvimento de uma matriz tecnológica; a composição de diretrizes e estratégias e a proposição de metas de curto, médio e longo prazos, para o avanço das ações; a elaboração de um modelo de investimentos que revelem as necessidades de recursos em ações estruturais e estruturantes a serem investidos nos próximos 20 anos; o desenvolvimento de diretrizes e ações que permitam a condução do PNSR, por meio da Gestão do Programa; e a caracterização de experiências em saneamento rural que representam formas interessante de se promover avanços no saneamento rural.

na área rural tais como a Companhia de Saneamento do Estado do Rio Grande do Norte e do Pernambuco e Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais e do Ceará. Estas iniciativas, no entanto, focam quase que exclusivamente no abastecimento de água e não no esgotamento sanitário. Além disso, há muita variabilidade em termos de efetividade das ações nas distintas unidades da federação. Com a criação da Copanor, subsidiária da COPASA, por exemplo, restringiram-se as ações praticadas e uma parte substancial da população que habita regiões pobres de MG tais como o Vale do Jequitinhonha, ficaram à margem do atendimento (Sonaly Cristina Rezende Borges de Lima, *comunicação pessoal*).

Para Ataíde e Borja (2017), foi a partir da Lei nº 11.445 (Brasil, 2007) que o município passou a assumir papel fundamental no processo de universalização dos serviços de saneamento, cabendo-lhe a tarefa de promover a gestão dos serviços e formulação de políticas e pautados nos conceitos de justiça social e ambiental, participação social, articulação entre políticas, integração entre infraestruturas e serviços e o uso de tecnologias sociais. Bons exemplos de municípios que vêm se empenhando em resolver o saneamento rural são Marechal Rondon/PR e Itapira/SP (Teixeira, 2014), além de Holambra/SP que, por meio de um termo de ajuste de conduta firmado com o Ministério Público de SP, construiu o “Plano de Saneamento Rural da Estância Turística de Holambra-SP” que prevê a coleta e o tratamento de esgoto para 100% da área rural (Tonetti et al., 2018).

Os Planos Municipais de Saneamento Básico, previstos na LDNSB (Brasil, 2007), são responsáveis por discutir as especificidades do saneamento rural conforme orientam as publicações do Ministério das Cidades (Brasil, 2011) e FUNASA (2012:29) que considera que o diagnóstico sobre a infraestrutura atual do sistema de esgotamento sanitário municipal deve *“incluir também a avaliação completa da infraestrutura dos sistemas existentes nas áreas dispersas (áreas rurais indígenas, quilombolas e tradicionais)”*. No entanto, esse aspecto raramente é levado em conta. Apesar dos municípios brasileiros serem legalmente responsáveis por prover serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário aos seus habitantes, as zonas rurais, áreas dispersas e outras comunidades isoladas normalmente são normalmente deixadas em segundo plano pelos departamentos ou companhias municipais (Garrido et al., 2016).

Mas, apesar do avanço nas políticas públicas, do ponto de vista prático, o que se observa hoje na zona rural e em outras comunidades isoladas é que normalmente recai sobre as próprias populações locais a responsabilidade de escolher, construir e manter sistemas para o tratamento e disposição do efluente doméstico, com pouco ou nenhum suporte dos municípios e de órgão de assistência técnica.

2.2 O tratamento de efluentes domésticos por sistemas descentralizados

Apesar do baixo índice de cobertura do Brasil rural por rede coletora de esgoto e consequentemente por tratamento do esgoto em ETEs, isso, por si só, não seria um agravante para as condições sanitárias (Sousa, 2004; FUNASA 2015) já que a presença de sistemas locais de tratamento de esgoto, também chamados de descentralizados, se bem projetados, construídos e operados, pode ser uma boa alternativa em situações sem acesso ao sistema convencional de coleta e tratamento de esgoto (USEPA, 1997). Sistemas descentralizados vêm sendo usados desde os anos 1800 para solucionar o tratamento e disposição final de esgotos de áreas rurais e urbanas onde fatores como a baixa densidade populacional, topografia ou distância da ETE central dificulta muito a conexão (Thoubanoglous e Leverenz, 2013). Estes sistemas podem promover a saúde da população e ao mesmo tempo manter a integridade ambiental destas localidades afastadas, especialmente de áreas menos densamente habitadas (USEPA, 2005).

De modo geral, sistemas descentralizados são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou reúso do efluente em local próximo à sua geração, de modo desconectado dos sistemas centralizados tradicionais (Gikas e Tchoubanoglous, 2008; Massoud, Tarhini e Nasr, 2009; Libralato, Ghirardini e Avezzù, 2012; Thoubanoglous e Leverenz, 2013; Crities e Tchoubanoglous, 1998).

Alguns países classificam os sistemas em centralizados ou descentralizados usando o número de habitantes atendidos, a carga orgânica do efluente e/ou o volume diário gerado (Libralato, Ghirardini e Avezzù, 2012). Na literatura há várias propostas de classificação e nomenclaturas para os sistemas descentralizados (ex: *onsite, individual, cluster, satellite, semi-centralized*), mas o que é consenso é que existe uma ampla gama de

possibilidades que se enquadram entre os dois extremos do tratamento de efluentes: pequenos sistemas descentralizados (sistemas individuais/unifamiliares) e grandes sistemas centralizados (estações de tratamento de esgoto). Tonetti et al. (2018) fizeram uma síntese gráfica da diversidade de sistemas descentralizados existentes, baseando-se no trabalho de Bueno (2017) (**Figura 2.2**).

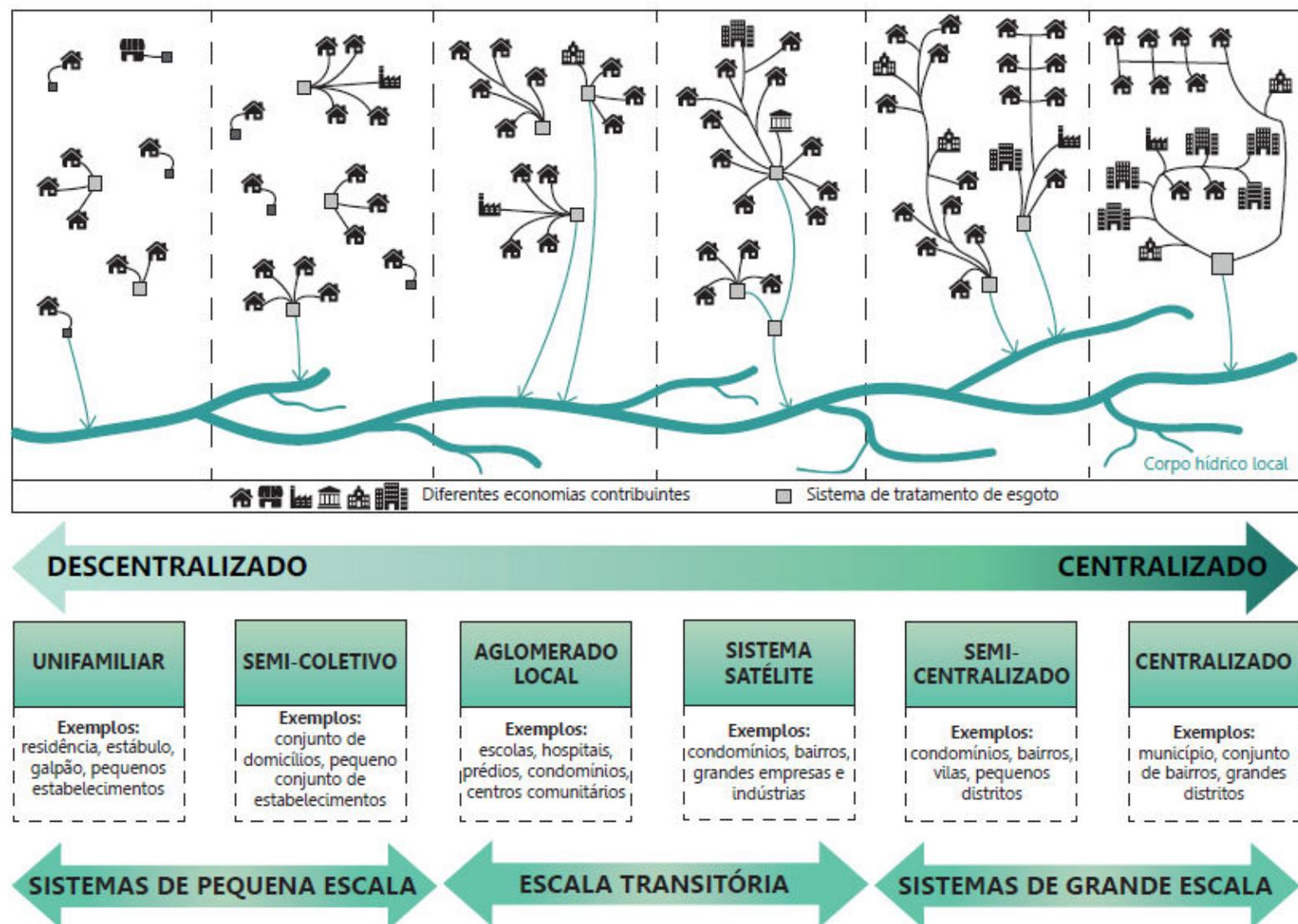


Figura 2.2. Gradiente entre sistemas centralizados e descentralizados para o tratamento de esgotos (Fonte: Tonetti et. al., 2018, adaptado de Bueno, 2017).

Sistemas descentralizados são muitas vezes considerados sinônimos de precariedade e subdesenvolvimento. No entanto, países desenvolvidos como os Estados Unidos possuem pequenos sistemas descentralizados (*onsite e cluster*) em um quarto das residências já implantadas e em 33% dos novos bairros, totalizando 60 milhões de pessoas atendidas (USEPA, 2005). No caso da Austrália, mais de 15.000 unidades de sistemas *onsite* existem só na região da bacia hidrográfica de Sidney que abastece a capital e outras cidades (Sydney Catchment Authority, 2012) e Beal, Gardner e Menzies (2005) estimam que 20% da população nacional seja atendida da mesma forma.

Esta solução técnica é muitas vezes considerada inferior a outras disponíveis para os grandes centros urbanos, mas esta percepção não leva em consideração os entraves sociais e técnicos existentes em determinados contextos e que impedem a adoção de outras alternativas mais convencionais (Serafim e Dias, 2013).

Os primeiros sistemas implantados eram bastante precários e por isso até pouco tempo sistemas descentralizados eram encarados como um “mal necessário” (Thoubanoglous e Leverenz, 2013) ou uma alternativa temporária até a implantação de sistemas centralizados (Thoubanoglous e Leverenz, 2013; USEPA, 2002). No entanto, nos últimos anos tem ficado evidente que algumas localidades não serão conectadas aos sistemas centralizados devido à desafios logísticos, políticos e econômicos e isso tem motivado a regulamentação destes sistemas e a sua melhoria contínua (Thoubanoglous e Leverenz, 2013). Desta forma, a estratégia de descentralização se mostra, cada vez mais, complementar, e não oposta, à de centralização do tratamento de efluentes na busca pela universalização dos serviços de esgotamento sanitário (Libralato, Ghirardini e Avezzù, 2012), motivo pelo qual mais atenção deve ser dada a este tipo de sistema (Crities e Tchoubanoglous, 1998).

Sistemas descentralizados vêm ganhando cada vez mais espaço por apresentarem vários benefícios amplamente discutidos na literatura (Ex: Libralato, Ghirardini e Avezzù, 2012; Massoud, Tarhini e Nasr, 2009; WEF, 2010) tais como a demanda por menos recursos financeiros na implementação e operação (USEPA, 2005), a contribuição com a sustentabilidade local (Metcalf e Eddy, 2003), a recarga de

aquíferos e pequenos cursos de água (USEPA, 2005), a melhora da qualidade da água subterrânea e superficial (USEPA, 2002), e a oportunidade de reúso de água e nutrientes localmente (Gikas e Tchoubanoglous, 2008). Mas apesar da crescente concepção de que os sistemas descentralizados podem trazer benefícios para a população e meio ambiente, há também desvantagens ou desafios relacionados com o uso desse tipo de sistema.

2.3 Desafios na implantação de sistemas descentralizados

Há muitos desafios que precisam ser vencidos para tornar a implantação de sistemas descentralizados, especialmente os de menor escala, eficiente, viável e segura para as comunidades isoladas.

Na visão do PNSR há três grandes eixos estratégicos indissociáveis que contêm, cada um a seu modo, desafios para a implantação de práticas adequadas no contexto do saneamento rural: gestão dos serviços, tecnologia e educação e participação social (PNSR, 2018 d). Além destes, há o desafio econômico, ambiental e sócio-cultural que também merecem destaque e que serão brevemente enumerados a seguir.

Desafio da gestão

A questão da gestão dos serviços de saneamento está relacionada ao planejamento, regulação, fiscalização e prestação de serviços de saneamento, de modo que a população seja atendida com segurança e efetividade (PNSR, 2018 d).

A gestão de sistemas descentralizados de saneamento vem sendo pesquisada no Brasil há alguns anos, mas a maioria dos trabalhos foca no abastecimento de água como a publicação organizada pelo Banco Mundial avalia a experiência de gestão de sistemas de abastecimento de água na zona rural, especialmente no semi-árido (Garrido et al., 2016).

Na visão do PNSR, a gestão do saneamento rural é um processo multi-escalar, em que vários são os atores envolvidos, desde o usuário até o poder público nas suas diferentes esferas (PNSR, 2018 d).

Desafio tecnológico

Outro desafio importante a ser vencido é a escolha das tecnologias ou sistemas de tratamento de esgoto mais adequados para cada situação. Essa é uma tarefa complexa, que envolve avaliação de muitas variáveis simultaneamente.

O processo de tomada de decisão para a escolha da solução de saneamento mais adequada vem sendo estudado no Brasil, no entanto o foco destas pesquisas é nos sistemas centralizados e urbanos (ex: Oliveira, 2004; Leoneti, 2009; Campos, 2011), e são poucas as pesquisas direcionadas à escolha de sistemas descentralizados, especialmente os individuais (ex: Martinetti, 2015).

Existe hoje uma ampla variedade de sistemas descentralizados disponíveis para áreas rurais e isoladas (Martinetti, 2015) mas não existem soluções milagrosas e generalistas que possam ser aplicadas para resolver todos os problemas relacionados ao tratamento de efluentes (CETESB, 1988). A decisão pelo tipo de sistema a ser adotado deve, portanto, levar em conta as especificidades locais dado que existem diferenças importantes entre as regiões brasileiras no que tange suas características ambientais, sócio-econômicas e culturais (CETESB, 1988), sendo impossível estabelecer políticas universais para o tratamento de águas residuárias geradas na zona rural (Sousa, 2004).

No Brasil existem poucas publicações que oferecem suporte para a escolha da melhor alternativa (FUNASA, 2015; Rino, 1997; CETESB, 1988), e, quando existem, são técnicas e mais voltadas para os administradores públicos e especialistas do que para as comunidades isoladas. Em países em que os sistemas descentralizados já fazem parte de políticas públicas e são regulados pelas agências de controle ambiental como

nos Estados Unidos, são inúmeras as publicações e guias de orientação sobre o assunto (USEPA 1977; 1980; 1984; 1986; 2000; 2001; 2002a; 2002b 2004a; 2004b; 2005).

A discussão sobre a escolha dos sistemas mais adequados pelas comunidades rurais será feita com maior detalhe na **Seção V**.

Desafio ambiental

Os aspectos ambientais são normalmente os mais abordados quando se discute a escolha de um sistema descentralizado de tratamento de esgoto. Sistemas descentralizados que não operam corretamente, especialmente sistemas que contam com um tanque séptico e um sistema de infiltração no solo (*Subsurface wastewater infiltration systems- SWISs*), são considerados a segunda maior ameaça à qualidade das águas nos Estados Unidos (USEPA, 2013).

Segundo a Agência Americana de Proteção Ambiental - USEPA (2002a), alguns dos principais problemas ambientais relacionados à implantação dos sistemas descentralizados são:

- a sobrecarga e contaminação de solos com baixa capacidade de infiltração ou de solos com boa drenagem localizados em locais muito adensados;
- a contaminação da água por nitrato, fosfatos e patógenos por sistemas localizados muito próximos a reservas de água superficiais ou subterrâneas;
- a eutrofização de corpos d'água superficiais.

Dentre os pontos acima, a contaminação de águas subterrâneas merece destaque. Estudos recentes retrataram a incidência de poluentes em poços rasos decorrentes da contaminação de águas subterrâneas por esgoto em regiões com precárias instalações individualizadas de saneamento básico, tais como: Feira de Santana-BA (Filho e Castro, 2005), Juazeiro do Norte-CE (Franca *et al.*, 2006), região limítrofe dos municípios de Seropédica e Itaguaí-RJ (Tubbs, Freire e Yoshinaga, 2004), Irati-PR (Souza e Antoneli, 2010) e Anastácio-MS (Capp *et al.*, 2012).

Desafio cultural

Um dos fatores mais importantes para a implantação bem-sucedida de sistemas descentralizados de pequeno e médio porte é a aceitação da população e seu envolvimento no processo de escolha da tecnologia. A experiência acumulada pelas instituições nacionais que atuam na área demonstra que o processo de seleção das soluções sanitárias para estas comunidades deve ser realizado com a participação efetiva da população atendida, levando em consideração a sua organização social, cultura e capacidade de apropriação tecnológica (Sampaio, 2011).

Inicialmente o proprietário ou família beneficiada deve compreender a necessidade da implantação de um sistema adequado de tratamento dos efluentes e o impacto que o esgotamento sanitário precário pode ter. Se a comunidade ou família não acredita que é realmente necessária a instalação de um novo sistema de tratamento de esgoto ou se ela considera a solução atual adequada, as chances de uma implantação bem sucedida são pequenas (Tonetti et al., 2018).

Depois dessa fase inicial, é fundamental o envolvimento da comunidade e participação ativa na escolha da tecnologia. Se o sistema proposto é desconhecido e implica em mudança radical de hábitos, ele pode causar rejeição da população. É a família beneficiada que sabe das suas reais necessidades e que conhece a sua realidade ambiental e econômica, e por isso é ela quem deve escolher o sistema que mais se adequa à sua situação. Nesse processo, a ajuda de técnicos no esclarecimento das dúvidas e na apresentação das opções viáveis é fundamental, mas não deveria caber somente aos profissionais da área a escolha do sistema. Sistemas implantados “de cima para baixo” por programas governamentais ou projetos de pesquisa quase sempre são abandonados pela população ou têm o seu funcionamento muito prejudicado pelo desinteresse da população ou pela falta do conhecimento necessário para a manutenção do sistema.

Cursos, palestras, oficinas e o uso de metodologias participativas são fundamentais nessa fase da escolha do sistema e mobilização da população, e a educação ambiental e/ou sanitária é parte essencial nesse cenário. A componente da educação sanitária pode aumentar o tempo de execução do projeto, mas tem como

finalidade assegurar a efetividade da implantação do sistema de tratamento de esgoto, de forma a integrar práticas e culturas locais com a perspectiva de novos hábitos.

Desafio econômico

A escolha do sistema de tratamento de esgoto passa também pelo custo de implantação além da operação e manutenção do sistema. O custo de implantação é o custo com serviços, materiais e mão-de-obra necessárias para a instalação inicial do sistema. Esse custo pode ser diminuído quando os próprios beneficiados conseguirem exercer alguns serviços tais como a escavação do solo e a construção do sistema em alvenaria, por exemplo. Outra maneira de reduzir esses custos seria fazer uso de materiais alternativos na construção, tais como entulho, bambu, coco verde ou o uso de materiais que já estavam disponíveis no local, tais como tubulações, conexões, caixas d'água, zimbras de concreto, tijolos, etc. A possibilidade de usar mão de obra local é desejável nesse contexto, uma vez que além de gerar emprego e renda localmente, os profissionais locais podem ser mais baratos e estão sempre à disposição caso seja necessário alguma manutenção ou adequação nos sistemas. Além disso, a realização de mutirões de trabalho pode ser uma forma de baratear custos da implantação do sistema (Tonetti et al., 2018).

O custo com a operação e manutenção dos sistemas descentralizados normalmente é pequeno (WEF, 2010; USEPA, 2005), mas ele deve ser levado em conta especialmente quando o sistema tem uma demanda grande por serviços de manutenção envolvendo, por exemplo, a troca de material filtrante e a poda de plantas. Na manutenção do sistema também devem estar envolvidos custos com energia se forem necessárias bombas de recalque, por exemplo.

2.4 Referências Bibliográficas

- ABES. 2016. *Saneamento e saúde em comunidades isoladas*. Disponível em: <http://abes-sp.org.br/camaras/saneamento-e-saude-em-comunidades-isoladas> (último acesso em 10/10/2016)
- Andrade, A. S.; Sales, B. M.; Roland, N.; Lima, S. C. R. B. 2017. *Análise comparativa de tipologias de rural e suas implicações nas políticas públicas de saneamento*. In: Anais XVII Enanpur. São Paulo. Disponível em: http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Sessoes_Tematicas/ST%204/ST%204.8/ST%204.8-04.pdf
- Ataíde, G. V. T. L. e Borja, P. C. 2017. *Justiça social e ambiental em saneamento básico*. Ambiente & Sociedade. São Paulo v. XX, N. 3 p. 61-80. Jul.-set/ 2017.
- Brasil. 2013. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Plano Nacional de Saneamento Básico- PLANSAB*. 173 p.
- Brasil. 2007. *Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007*. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
- Brasil, 2010. *Decreto 7.217 de 21 de junho de 2010*. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências.
- Brasil. 2011. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *Plano de Saneamento Básico Participativo: elabore o Plano de saneamento de sua cidade e contribua para melhorar a saúde e o meio ambiente do local onde você vive*. Brasília, 2011. 2ª edição.

- Bueno, D. A. C. 2017. ***Tratamento de esgotos por filtros anaeróbios operados com variados tempos de detenção hidráulica seguidos de filtros de areia.*** Dissertação de Mestrado. FEC/UNICAMP.
- Campos, V. R. 2011. ***Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento.*** Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Capp, N.; Ayach, L. R.; Santos, T. M. B.; Guimarães, S. T. L. 2012. ***Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS).*** Geografia Ensino & Pesquisa, Vol. 16, No. 3, pp. 77-91.
- Crities, D. e Tchoubanoglous, G. 1998. ***Small and decentralized wastewater management systems.*** McGraw- Hill. 1084p.
- Filho, D. G. N.; Castro, D. A. 2005. ***Influência das fossas sépticas na contaminação do manancial subterrâneo por nitratos e os riscos para os que optam pelo auto-abastecimento como alternativa dos sistemas públicos de distribuição de água.*** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- Franca, R. M.; Frischkorn, H.; Santos, M. R. P.; Mendonça, L. A. R.; Beserra, M. C.; 2006. ***Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE.*** Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 11, No.º 1, pp. 92-102.
- FUNASA. 2007. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. ***Manual de Saneamento: orientações técnicas.*** 3ª Edição. Brasília: Funasa.
- FUNASA. 2012. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. ***Termo de Referência para elaboração de planos municipais de Saneamento Básico- Procedimentos relativos ao convênio de cooperação técnica e financeira da FUNASA.***
- FUNASA. 2015. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. ***Manual de Saneamento.*** Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4ª edição. Brasília: Funasa.

- CETESB. 1988. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. ***Opções para tratamento de pequenas comunidades***. Org: Gasi, Tânia Maria Tavares. São Paulo: CETESB.
- Garrido, J. et al. 2016. ***Estudo de modelos de gestão de serviços de abastecimento de água no meio rural no Brasil: Parte I***. Brasília: Banco Mundial. Série Água Brasil #13. 112 p.
- Gikas, P.; Tchoubanoglous, G. 2009. ***The role of satellite and decentralized strategies in water resources management***. Journal of Envir. Management 90. Pgs 144-152.
- Heller, L.; Rezende, S. 2013. ***Planejamento em saneamento básico: aspectos teórico-metodológicos***. Fundação Vale. 21 p.
- IBGE. 2010 ***Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008***. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- IBGE. 2015. ***Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2013***. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 296 p.
- Leoneti, A. B. (2009). ***Avaliação de modelo de tomada de decisão para escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário***. Dissertação de mestrado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Libralato, G; Ghirardini, A. V.; Avezzù, F. 2012. ***To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management***. Journal of Environmental Management Vol. 94, pp. 61- 68.
- Landau, E. C.; Moura, L.; Luz, A. V. 2016. ***Capítulo 4. Esgotamento Sanitário nos Domicílios Urbanos e Rurais do Brasil em 2010***. In: Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais. Landau, E. C.; Moura, L. (org). Brasília, DF : Embrapa. 975 p.

- Martinetti, T. H. 2015. **Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares**. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 310 p.
- Massoud, M. A.; Tarhini, A.; Nasr, J. A. 2009. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal of Environmental Management. Vol. 90, pp. 652–659.
- Metcalf e Eddy. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. (org). 4ª ed. New York: McGraw Hill-USA. 1819p.
- Oliveira, S. V. W. B. (2004). **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. Tese de Doutorado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- PNSR. 2018 a. **Capítulo 2. Marcos referenciais do PNSR**. Consulta pública: Programa Nacional de Saneamento Básico (versão preliminar). **Disponível em:** <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>. Acesso em 18/09/2018.
- PNSR. 2018 a. **Capítulo 1. Introdução**. Consulta pública: Programa Nacional de Saneamento Básico (versão preliminar). **Disponível em:** <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>. Acesso em 18/09/2018.
- PNSR. 2018 c. **Site do Programa Nacional de Saneamento Rural (em construção)**. <http://pnsr.desa.ufmg.br/>. Último acesso em 20/06/2018.
- PNSR. 2018 d. **Capítulo 5. Eixos estratégicos**. Consulta pública: Programa Nacional de Saneamento Básico (versão preliminar). **Disponível em:** <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>. Acesso em 18/09/2018.
- Rezende, S.; Heller, L. 2008. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG. 387 p.

- Rezende, S. C. 2011. ***Panorama do Saneamento Básico no Brasil. Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil.*** Volume n. VII (Versão Preliminar). Ministério das Cidades (editora).
- Rino, C. A. F. 1997. ***Desenvolvimento de um software para seleção de tipos de tratamento de esgoto para pequenas comunidades.*** In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).
- Sampaio, A. de O. 2011. ***Editorial.*** Revista DAE. No. 187. Ano LIX. Setembro/2011.
- Serafim, M. P.; Dias, R. B. 2013. ***Tecnologia social e tratamento de esgoto na área rural.*** In: COSTA, A. B. (Org.). Tecnologia Social e Políticas Públicas. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, Gapi/Unicamp. São Paulo. 284 p.
- Sousa, V. P. 2004. ***Concepção inovadora e avaliação de desempenho de um sistema compacto de tratamento de esgotos domiciliares.*** Dissertação de Mestrado. UGFM. 195 pgs.
- Souza, L. A.; Antoneli, V. 2010. ***O problema da falta de saneamento básico na área rural do município de Irati-PR e a implementação das fossas biodigestoras como alternativa.*** XVI Encontro Nacional de Geógrafos. Associação dos Geógrafos Brasileiros – AGB.
- Sydney Catchment Authority. 2012. ***Designing and Installing On-Site Wastewater Systems: a Sydney Catchment Authority Current Recommended Practice.*** State of New South Wales. 218 p.
- Teixeira, J. B. 2011. ***Saneamento rural no Brasil.*** In: Panorama do Saneamento Básico no Brasil. Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. Volume n. VII (Versão Preliminar). Sonaly Cristina Rezende (org.) Ministério das Cidades (editora).
- Teixeira, J. B. 2014. ***Saneamento Rural no Brasil.*** In: Panorama do saneamento básico no Brasil. Volume 7: Cadernos temáticos para o panorama do saneamento

básico no Brasil. Sonaly Cristina Rezende (org). Ministério das Cidades: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília.

- Thoubanougous, G.; Leverenz, H. 2013. **Chapter 8. The rationale for decentralization of wastewater infrastructure.** In: Larsen, T. A.; Udert, K. M; Lienert, J. "Source Separation and decentralization for wastewater management". IWA Publishing.
- Tonetti, A. L. et al. 2018. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.** Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.
- Tubbs, D.; Freire, R. B.; Yoshinaga, S. 2004. **Utilização da cafeína como indicador de contaminação das águas subterrâneas por esgotos domésticos no bairro de piranema –municípios de Seropédica e Itaguaí /RJ.** XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- USEPA. 1977. **Alternatives for small wastewater treatment systems. On-site Disposal/ Septage Treatment and Disposal.** United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 1980. **Design manual: onsite wastewater treatment and disposal systems.** United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 1986. **Septic systems and ground-water protection: an executive's guide.** United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2000. **Wastewater treatment programs serving small communities.** United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2001. **Fact Sheet. Rural Community Assistance Program (RCAP). Help for Small Community Wastewater Projects.** United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2002a. **Onsite Wastewater Treatment Systems Manual.** Office of Water/ Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency. Washington, DC.
- USEPA. 2002b. **A Homeowner's guide to septic systems.** United States Environmental Protection Agency. Washington, DC.

- USEPA. 2004a. ***Onsite Wastewater Treatment System Maintenance Checklist.*** Region 9 Ground Water Office. United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2004b. ***Tribal Management of Onsite Wastewater Treatment Systems.*** Region 9 Ground Water Office. United States Environmental Protection Agency
- USEPA. 2005. ***Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems- An Introduction to Management Tools and Information for Implementing EPA's Management Guidelines.*** United States Environmental Protection Agency.
- USEPA. 2013. United States Environmental Protection Agency. ***Annual Report 2013. Decentralized Wastewater Program.***
- WEF, 2010. Water Environment Federation. ***Natural Systems for Wastewater Treatment: WEF Manual of Practice No. FD-16.*** 3^a Ed.

Seção III. **Material e Métodos**

Nesta seção será apresentado o contexto geral em que se insere a presente pesquisa. O contexto territorial será apresentado no item **3.1 (Área de Estudo)**. O arcabouço metodológico mais amplo em que a pesquisa está ancorada será descrito no item **3.2 (Referencial Teórico da pesquisa)**. E finalmente o contexto do projeto de extensão em que esta tese se insere será tratado no item **3.3**.

3.1 Área de Estudo

A presente pesquisa foi realizada no município de Campinas, São Paulo, na sua porção sul, na região de Pedra Branca, uma das poucas do município que mantêm a característica rural e produtiva. Esta região está localizada dentro da Macrozona 6 (MZ6) (**Figura 3.1**) definida pelo Plano Diretor do Município de Campinas (Campinas, 2006 a) e caracterizada pelo Plano Local de Gestão (Campinas, 2011).

Dados da prefeitura municipal indicam que a MZ6 tinha, em 2011, cerca de 3.000 habitantes dispersos em uma área total de aproximadamente 28 km², o que corresponde a 3,6% da área do município (Campinas, 2011). A região de Pedra Branca se insere entre a Rodovia Santos Dummont, a Estrada Municipal Lix da Cunha e o Anel Viário Magalhães Teixeira (Rodovia dos Bandeirantes) e está localizada próximo a outros bairros rurais como Saltinho, Birizeiro, Descampado e Reforma Agrária e bairros urbanos como Vila Mercedes, Parque Eldorado, Parque das Camélias e Jardim San Diego (**Figura 3.2**).



Figura 3.1. Município de Campinas-SP e a área da Macrozona 6 (MZ6- hachurada em amarelo) onde está inserido o bairro de Pedra Branca. Fonte: Campinas (2011).

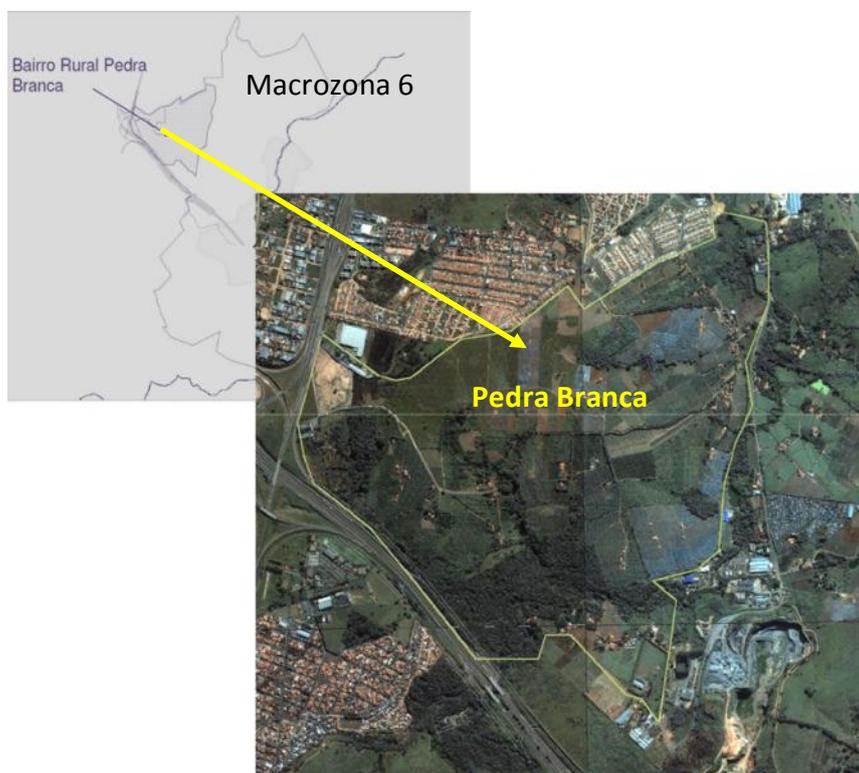


Figura 3.3. Macrozoza 6 e região rural de Pedra Branca delimitada em amarelo.

A região de estudo é considerada como uma Área de Vocação Agrícola (Campinas, 2006 a) e, apesar de ser contígua a algumas manchas urbanas bastante adensadas (ex: jardim Nova Mercedes, Jardim San Diego, Vila Saltinho), a maior parte da macrozona está localizada fora do perímetro urbano, em área considerada rural pelo Plano Diretor. No bairro há também algumas pequenas indústrias, uma pedreira e comércio (antiquários, espaços para festas), mas a maior parte dos terrenos é de chácaras de moradia e lazer e também de produção comercial. Esta área sofre pressão de expansão do perímetro urbano, mas mesmo assim abriga produção rural forte, tradicional e para exportação (Campinas, 2018).

A região fazia parte de antigas fazendas cafeeiras, de algodão e cana de açúcar como a fazenda Sete Quedas que foi desmembrada em fazendas menores no curso do século XIX dando origem às fazendas Cachoeira, Jambeiro e Pedra Branca. No fim dos anos 50 a Fazenda Pedra Branca começou a ser loteada dando origem a pequenos bairros urbanos como o Nova Mercedes e Jardim Itatinga e uma região de sítios e chácaras que levou o seu nome (Campinas, 2018). A área começou a ser mais densamente povoada a partir da década de 50 principalmente por famílias japonesas e italianas que deixaram outras cidades do interior paulista em busca de áreas para a produção agrícola. Os pequenos lotes deixaram então a produção de café e passaram a cultivar hortaliças e frutas, culturas mantidas até o presente (Campinas, 2011).

A vocação da região é a produção de frutas, inclusive para exportação, especialmente goiaba e figo, mas também laranja kinkan, carambola, acerola, uva, banana e maracujá. Há também a produção de hortaliças como abóbora, quiabo e chuchu (**Figura 3.3**).

A comunidade se organiza através de uma associação firmada legalmente, a Associação dos Proprietários Rurais e Moradores do Bairro Pedra Branca e Região que é bastante participante e ativa. A associação foi fundada em 1999 para resolver problemas relacionados à infra- estrutura local e já chegou a reunir 180 associados. Atualmente cerca de 70 associados participam das discussões de diversos temas

relacionados aos interesses coletivos tais como segurança, estradas, projetos de desenvolvimento rural, meio ambiente e qualidade de vida.



Figura 3.2. Produção de figos (A), goiabas (B), hortaliças (C) e chuchu (D) em Pedra Branca, Campinas-SP. (Fotos: Isabel C. S. Figueiredo).

A realidade sócio- econômica da comunidade é diversificada, e há certa heterogeneidade em relação ao tamanho das propriedades e também quanto ao nível socioeconômico das famílias. A renda média da região é baixa e 70% dos domicílios tem *renda per capita* de até um salário mínimo (Campinas, 2006 b). A guarda municipal de Campinas realizou um cadastro na região e estimou cerca de 100 propriedades rurais.

Em relação ao meio ambiente, há na região de Pedra Branca algumas áreas com fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual, mas a exploração de minérios, agrícola e pecuária deixou marcas no território tais como solos erodidos e áreas degradadas (Campinas, 2011). Os solos da região podem ser classificados como argissolo vermelho-amarelo e latossolo vermelho-amarelo e a área de Pedra Branca se localiza no domínio do Aquífero Cristalino (Campinas, 2011).

O bairro de Pedra Branca está inserido nas microbacias do Rio Capivari-Mirim e do Rio Capivari, e se localiza às margens deste corpo hídrico que é um dos mananciais que abastece a cidade de Campinas e outras da macrorregião, à montante da região em que é feita a captação de água do Rio Capivari. Parte do território está inserido na Zona de Proteção e Recuperação de Mananciais (ZPRM), uma área considerada prioritária para a conservação de recursos hídricos no município de Campinas segundo o Plano Municipal de Recursos Hídricos (Campinas, 2016). Segundo Campinas (2011), os corpos hídricos superficiais da região estão poluídos (**Figura 3.3**).



Figura 3.3. Rio Capivari na região de Pedra Branca, Campinas-SP (Foto: Isabel C. S. Figueiredo).

3.2 Referencial metodológico da pesquisa

A pesquisa desenvolvida se ancorou no referencial metodológico da Pesquisa Participante (PP), especialmente na corrente desenvolvida por Brandão (1981; 2001 a; 2005) e Demo (2001; 2004). A origem deste tipo de pesquisa ocorreu entre as décadas de 60 e 80 na América Latina e embora a PP tenha surgido na área da educação, um dos campos onde mais se desenvolvem experiências de investigação participativa associada a alguma ação comunitária é o da área ambiental (Brandão, 2005).

Processos participativos em ações de saneamento ambiental são raros e poucos autores abordam esta temática em suas pesquisas (Teixeira, Folz e Shimbo, 2013). No entanto, na área da engenharia sanitária também tem se tornado mais comum o desenvolvimento de pesquisas com um enfoque mais participativo e social, sendo utilizadas muitas vezes referências da pesquisa-ação (PA) ou pesquisa-ação participativa (PAP) (ex: Martinetti, 2009; Martinetti, Teixeira e Ioshiaqui, 2009; Pelicioni *et al.*, 2010), especialmente as desenvolvidas com base nas obras de Michel Thiollent (Thiollent, 1986 e 2001).

Muitas vezes dadas como sinônimas, pesquisa-ação e pesquisa participante variam de definição conforme suas diferentes escolas e é importante ressaltar que existem, portanto, diversos tipos de PP e PA (Thiollent, 2001). Para Thiollent (2001) a pesquisa-ação é uma forma de pesquisa participante, mas a diferença entre as duas seria a de que a PP não culmina em uma ação, sendo sinônima de observação participante. Não concordamos com esse conceito e aqui utilizaremos a definição de Brandão (2005: 263) que define a PP como um processo dirigido à transformação social onde *“a investigação, a educação e a ação social convertem-se em momentos metodológicos de um único processo”*.

A pesquisa participante foi escolhida como referência já que ela possui na *ação* seu ponto forte já que as comunidades não precisam apenas estudar seus problemas, mas, especialmente resolvê-los (Demo, 2004). Assim, os resultados da PP interferem nas práticas dos grupos envolvidos (Brandão, 2005) através do desenvolvimento de ações que gerem benefícios coletivos ou propostas concretas de mudança (Gajardo,

2001) baseadas em uma realidade específica, o que foi realizado durante toda a pesquisa. Mello *et al.* (1998) também utilizaram a PP em projetos relacionados a saneamento rural.

Nesse tipo de pesquisa também existe um compromisso de presença e de participação do pesquisador com o grupo, mesmo quando o trabalho é provisório e de curta duração (Brandão, 2005). O conhecimento profundo da realidade pelo pesquisador se dá através do seu envolvimento e comprometimento (Brandão, 2001b), através do qual surge também o desejo e o prazer em atuar na pesquisa, de forma participativa (Mello *et al.*, 1998). Na PP o pesquisador-cientista assume então uma dupla postura: a de observador crítico e a de participante ativo (Oliveira e Oliveira, 1981). No processo participativo, aumentam as trocas entre as pessoas da comunidade no que diz respeito às técnicas e conhecimentos, sendo o pesquisador (ou assessor) um grande mediador ou facilitador (Teixeira, Folz e Shimbo, 2013).

Muitas vezes a PP não se enquadra nos moldes institucionais formais e acadêmicos de investigação científica tradicional, o que pode gerar dificuldades no nível da equipe e dos outros segmentos participantes. Mas à medida que a investigação evolui, as interações amadurecem e um espaço de diálogo franco e transparente pode ser gerado, contribuindo assim para a resolução dos problemas (Mello *et al.*, 1998).

Como o processo de estruturação da pesquisa participante no Brasil foi muito rico em termos de influências e experiências, existe hoje uma grande diversidade de propostas associada a essa “marca” (Brandão, 2005). Porém, é possível reconhecer alguns traços comuns mesmo entre diferentes tipos de PP (Gajardo, 2001). Hall (1975 *apud* Demo, 2001), em uma tentativa de elencar alguns princípios desse tipo de pesquisa, identifica alguns pontos fundamentais para o processo e que também se fizeram presentes durante este estudo, tais como:

- o processo de pesquisa é dialético, envolve o diálogo e está impregnado de implicações ideológicas;
- o processo é parte de uma experiência mais ampla, que envolve a educação e conscientização da comunidade e comprometimento do pesquisador com ela;

- a comunidade deve ser envolvida durante todo o processo, inclusive na interpretação dos resultados e na busca de soluções;
- o processo não se esgota em um produto acadêmico, ou seja, ele deve representar benefício para a comunidade, tendo uma utilidade prática e social. A meta do processo é a mobilização para o enfrentamento de problemas.

A Pesquisa participante na verdade é um ancoradouro, um guia para o desenvolvimento da pesquisa e mais importante, uma referência para balizar a escolha não só das ferramentas de trabalho, mas também da *qualidade* da relação entre pesquisador e comunidade. As ferramentas e métodos específicos utilizados para a coleta de dados e demais ações de pesquisa serão descritas nas **seções IV a VIII**.

A PP também é o o referencial metodológico que ancora o projeto de extensão universitária que será tratado a seguir.

3.3 O projeto de extensão “Alternativas para o tratamento de esgoto em propriedades rurais de Campinas/SP: Educação, aplicação e difusão de tecnologias sociais”

A presente pesquisa foi realizada dentro do contexto do projeto de extensão universitária *“Alternativas para o tratamento de esgoto em propriedades rurais de Campinas/SP: Educação, aplicação e difusão de tecnologias sociais*, batizado de Projeto Saneamento Rural pela comunidade de Pedra Branca.

O projeto foi concebido em 2014 na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP e conta a participação de instituições parceiras tais como a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Sindicato Rural de Campinas (SRC), Associação de Agricultura Natural de Campinas e Região (ANC), Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Comitê PCJ), Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária (ABES), Rede de Agroecologia da UNICAMP (RAU) e Prefeitura Municipal de Campinas (PMC).

O projeto tem como proposta a realização de ações na área de saneamento rural, com ampla participação dos moradores das comunidades e alunos e professores da UNICAMP. O projeto busca a aplicação de tecnologias desenvolvidas ou aperfeiçoadas pela universidade na comunidade, onde os beneficiários diretos desempenham um papel fundamental na indicação das melhores soluções, garantindo assim seu bom funcionamento e a devida manutenção dos sistemas (Madrid *et al.*, 2015).

O projeto é desenvolvido por alunos do Grupo de Pesquisa “Tratamento de efluentes e recuperação de recursos” coordenado pelos professores Adriano Luiz Tonetti e Luana M. de Oliveira Cruz e também conta com alunos de graduação e pós-graduação de diferentes áreas e que se interessam pelo tema da extensão universitária.

Os alunos são preparados para sua atuação prática realizando visitas às propriedades da região de estudo e participando de reuniões de planejamento do projeto, dentre outras atividades mais práticas como mutirões e oficinas. A participação no projeto é uma oportunidade de vivência que visa ampliar a formação cidadã e protagonista dos estudantes. Até o presente momento, cerca de 25 alunos se envolveram em diferentes atividades do projeto tais como as oficinas e mutirões, criação de cartilhas, vídeos e site, elaboração de desenhos e material visual, pesquisa de campo e no laboratório, entre outras.

A relação entre ensino, pesquisa e extensão, pilares indissociáveis do ensino superior público, está presente no conceito do projeto e dialoga com a concepção do projeto pedagógico do curso de Engenharia Civil (FEC, 2012) e com o planejamento estratégico da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC, 2011). Neste documento são consideradas estratégias da extensão a construção de um canal de relacionamento interno (Unicamp) e externo (sociedade) através de ações que visem *“incentivar a prestação de serviços especializados e pesquisas a entidades públicas, estimulando a atuação crítica em tecnologia, planejamento e gestão em temas de grande interesse nacional que representam gargalos ao desenvolvimento da infraestrutura nacional (exemplos: saneamento e ambiente, transportes e logística,*

energia, habitação, planejamento urbano e regional, etc)” (FEC, 2011). Este também é um dos objetivos do projeto de extensão, a formação de estudantes de graduação sensíveis e críticos, que sejam capazes de atuar fora da universidade visando buscar alternativas para garantir a melhora da qualidade de vida da população (Figueiredo et al., 2015).

O projeto Saneamento Rural é composto por ações divididas em três eixos interdependentes (Madrid *et al.*, 2015; Figueiredo *et al.*, 2015), como mostra a **Figura 3.4**.

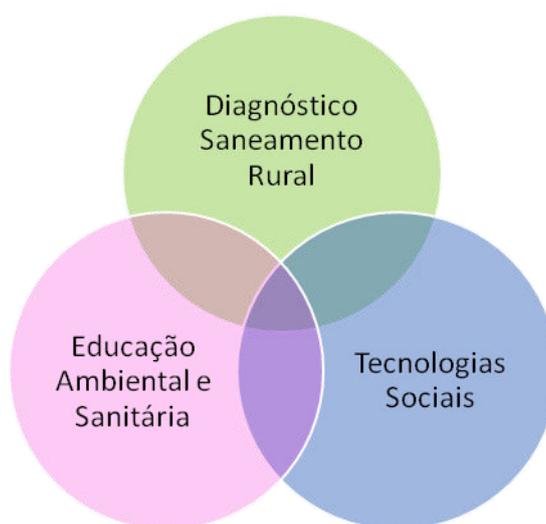


Figura 3.4. Eixos do projeto de extensão Saneamento Rural.

Dentro do eixo **Educação Ambiental e Sanitária** estão as ações educativas promovidas pelo projeto com o tema saneamento rural. Envolve oficinas, cursos, reuniões e palestras além do desenvolvimento de materiais com fins educativos com objetivo de fazer a divulgação de boas práticas sanitárias.

Além de ações de educação não-formal e informal, o projeto também propõe a atuação através de ações de educação ambiental e sanitária junto aos alunos e professores da região. Em 2015 o projeto organizou e ministrou um curso de formação de 26 horas intitulado “*Saneamento, Saúde e Meio Ambiente na Escola e na Comunidade* (Campinas, 2015). O curso foi desenvolvido com professores, funcionários e gestores da EMEI Carlos Drummond de Andrade que está localizada em um bairro

urbanizado contíguo à região de Pedra Branca. O curso foi realizado em parceria com a Prefeitura Municipal de Campinas e formou 18 pessoas (**Figura 3.5**).



Figura 3.5. Atividades com professores, gestores e funcionário da EMEI Carlos Drummond de Andrade que participaram do curso “Saneamento, Saúde e Meio Ambiente na Escola e na Comunidade” realizado em 2015.

O eixo **Diagnóstico Saneamento do Rural** refere-se a ações de investigação das práticas relacionadas ao saneamento rural, especialmente sobre o abastecimento de água e tratamento de efluentes. Algumas destas ações serão detalhadas na **Seção IV**.

Dentro do Eixo Tecnologias Sociais inclui ações relacionadas com a pesquisa e aplicação de tecnologias sociais para tratamento de efluentes domésticos. Parte destas ações será discutida nas **seções V, VI, VII e VIII**.

3.4 Referências Bibliográficas

- Brandão, C. R. 1981. *Pesquisa Participante*. 6 ed. São Paulo: Brasiliense.
- Brandão, C. R. 2001 a. *Repensando a pesquisa participante*. 3 ed. São Paulo: Brasiliense.
- Brandão, C. R. 2001 b. *Participar-Pesquisar*. In: C. R. Brandão (org.) Repensando a pesquisa participante. São Paulo: Brasiliense.
- Brandão, C. R. 2005. **A pesquisa participante hoje: alguns princípios de sua atualidade**. In: L. A. Ferraro Júnior (org.) Encontros e caminhos: formação de educadoras(es) ambientais e coletivos educadores. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Campinas. 2006 a. Prefeitura Municipal de Campinas. *Lei Complementar Nº 15 de 27 de dezembro de 2006*. Dispõe sobre o plano diretor do município de Campinas.
- Campinas, 2006 b. *Plano Local de Gestão Macrozona 6. Caderno de Subsídios. Parte I: Caracterização da Macrozona 6*. Disponível em: http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/planos-locais-de-gestao/doc/mz6/PARTE_I_CHARACTERIZACAO.pdf.
- Campinas. 2011. *Planos Locais de Gestão Planejamento e Desenvolvimento Urbano*. Prefeitura Municipal de Campinas. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/planos-locais-de-gestao/>>. Último acesso em 01/08/2015.
- Campinas. 2015. **Comunicado SME Nº 121/2015. 2ª Relação dos classificados para os cursos, grupos de formação e grupos de trabalho ID.31- Curso: "Saneamento, saúde e meio ambiente na escola e na comunidade externa"**. Diário oficial do Município de Campinas (23 de julho de 2015).

Campinas. 2016. Prefeitura Municipal de Campinas. *Decreto Nº 19.168 de 06 de junho 2016. Institui o Plano Municipal de Recursos Hídricos e dá outras providências.*

Campinas **2018.** **Site** **Infotur**
http://infotur.campinas.sp.gov.br/roteiros_turisticos/roteiro_02.php

Demo, Pedro. 2001. *Elementos metodológicos da pesquisa participante.* In C. R. Brandão (org.). Repensando a pesquisa participante. (104-130). São Paulo: Brasiliense.

Demo, Pedro. 2004. *Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos.* Brasília: Liber Livro Editora.

FEC. 2011. **PLANES.** Disponível em http://www.fec.unicamp.br/arqs/20120524102308-Planes_revisao_2011_2015_texto_final_23_05_2012.pdf

FEC. 2012. **Projeto pedagógico: curso Engenharia Civil.** Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

Figueiredo, I. C. S.; Tonetti, A. L.; Santos, B. S. C.; Cristina, N. 2015. **Extensão universitária e saneamento rural, uma parceria necessária.** Caderno de Resumos 2º Congresso de Extensão da Associação de Universidades do Grupo de Montevideu (AUGM): Extensão e Sociedade: A Indissociabilidade entre Ensino, Pesquisa e Extensão. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas - São Paulo. PP 1011-1012.

Gajardo, Marcela. 2001. *Pesquisa participante: propostas e projetos.* In: C. R. Brandão (Org) Repensando a pesquisa participante. 3 ed. São Paulo: Brasiliense.

Madrid, F. J. P y L, Figueiredo, I; C. S., Ferrão, A. M. de A., Tonetti, A. L. 2015. **Metodologia de desenvolvimento eco- sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado.** Revista Monografias Ambientais - REMOA v.14, n.1, Jan-Abr. 2015, p.101-105.

Martinetti, T. H. 2009. **Análise de estratégias, condições e obstáculos para implantação de técnicas mais sustentáveis para tratamento local de**

efluentes sanitários residenciais. Caso: assentamento rural Sepé-Tiaraju, Serra Azul/SP. Dissertação de mestrado. São Carlos: UFSCAR. 228 p.

Martinetti, Thais Helena; Teixeira, Bernardo Arantes do Nascimento; Ioshiaqui, Shimbo. 2009. ***Pesquisa-ação participativa para execução de sistema de tratamento local de efluentes sanitários residenciais sustentável: caso do assentamento rural Sepé-Tiaraju.*** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 43-55, jul./set.

Mello, Dalva A; et al. 1998. ***Promoção à saúde e educação: diagnóstico de saneamento através da pesquisa participante articulada à educação popular (Distrito São João dos Queirós, Quixadá, Ceará, Brasil).*** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 14(3): 583-595, jul-set.

Oliveira, Rosiska Darcy de; Oliveira, Miguel Darcy de. 1981. ***Pesquisa Social e Ação Educativa: conhecer a realidade para poder transformá-la.*** In: C. R. Brandão (org.) Pesquisa Participante. São Paulo: Brasiliense.

Pelicioni, M. C. F. et al. 2010. ***Pesquisa-ação no distrito de Iauaretê do município de São Gabriel da Cachoeira/AM: proposta de melhorias sanitárias e de hábitos.*** In: Funasa. 3º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública. Fundação Nacional de Saúde- Brasília. 256p.

Teixeira, B.; Folz, R. R.; Shimbo, I. 2013. ***Contexto do Projeto: publicação a partir de prática.*** In: Fundação Nacional de Saúde/ FUNASA. Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências. Brasília. 80 pgs.

Thiollent, Michel. 1986. ***Metodologia da pesquisa-ação.*** 2ª edição. São Paulo: Editora Cortez.

Thiollent, Michel. 2001. ***Notas para o debate sobre pesquisa-ação.*** In: C. R. Brandão (org.) Pesquisa Participante. São Paulo: Brasiliense.

Seção IV. **Construção e aplicação de uma metodologia participativa para a realização de um diagnóstico sobre saneamento rural**

4.1 Apresentação

O (re)conhecimento das peculiaridades da realidade local é fundamental para abordar a problemática do saneamento em países em desenvolvimento, especialmente em comunidades isoladas (Madrid *et al.*, 2015). Para a implantação bem-sucedida de sistemas de tratamento de esgoto, é necessário, antes de qualquer intervenção, o conhecimento das condições técnicas, sociais e culturais da comunidade (ReCESA, 2009).

Etapas de diagnóstico da área, situação e população em estudo são fundamentais para o aumento do conhecimento na área e para fundamentar ações exitosas em qualquer projeto, e não é diferente para a área de saneamento (Botto *et al.*, 2005; Brasil, 2009).

Este capítulo traz uma proposta de metodologia de coleta de dados sobre saneamento rural, tendo como referência a metodologia do Diagnóstico Rural Participativo- DRP. Além de apresentar a forma como os dados foram coletados e discutir os instrumentos metodológicos propostos, o capítulo também os apresenta e discute, com vistas a contribuir ainda mais para a construção do conhecimento acerca da realidade do esgotamento sanitário na área rural brasileira.

4.2 Revisão Bibliográfica

4.2.1 A origem dos dados acerca de saneamento rural no Brasil

Apesar de existirem pesquisas oficiais sobre a realidade do tratamento de esgoto nas áreas rurais brasileiras, estas são superficiais e, muitas vezes, pouco representativas.

No setor de saneamento como um todo, questiona-se a real capacidade das bases de informações oficiais refletirem as particularidades desse meio, levando-se em consideração as especificidades nacionais e regionais (Andrade *et al.*, 2017). A dificuldade em definir o próprio conceito e abrangência do *rural* (amplamente debatido em Teixeira (2014), Andrade *et al.* (2017) e PNSR (2018a) corrobora para a limitação das pesquisas (Porto, 2016). Em pesquisa realizada comparando-se diferentes formas de definir as áreas rurais, Andrade *et al.* (2017) encontraram diferenças relevantes no tamanho da população rural brasileira: ao invés de 29,9 milhões estimados pelo Censo Demográfico do IBGE, a população rural poderia ser de até 70,4 milhões utilizando-se a tipologia do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura- IICA.

Além da própria limitação do universo amostral contemplado pelo termo *rural*, algumas outras limitações dos dados brasileiros existem e serão apresentadas como forma de justificar a necessidade de realizar pesquisas específicas e mais detalhadas sobre o saneamento rural em realidades específicas.

O IBGE, através das suas pesquisas de abrangência nacional (Ex: “Pesquisa Nacional por amostra de domicílios - PNAD” (IBGE, 2014 e 2015) e “Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008” (IBGE, 2010)), contribui muito para a discussão da situação do saneamento no Brasil. Pesquisas amplamente divulgadas no país (Ex: “Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas” (ANA, 2017); “Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015” (MCidades, 2017)) e internacionalmente (Ex: WHO/UNICEF, 2015 e 2017) são baseadas nos dados obtidos pelas pesquisas oficiais realizadas pelo IBGE.

Porém, apesar de abrangentes e bem planejadas, estas pesquisas obtêm a maioria seus dados a partir de informações autodeclaradas que são registradas por recenseadores leigos, fatores estes que podem comprometer a qualidade das informações coletadas. Além disso, dados sobre a realidade rural e sistemas descentralizados são pouco elaborados e, muitas vezes, faltantes nestas pesquisas.

Um fator que merece destaque é a concepção de que o uso de dados secundários seria sempre suficiente, especialmente aqueles compilados por grandes instituições de pesquisa. Dessa forma, os pesquisadores se utilizam de resultados das pesquisas oficiais e focam na discussão e reelaboração dos seus dados (Ex: Laudau e Moura, 2016 e Silva, Morejon e Less, 2014), sem dar atenção à coleta de dados mais aprofundados e que refletem as especificidades locais e culturais. Estas pesquisas apresentam o que Bracagioli (2014) chama de “dados médios” que não refletem as diferenças, contradições e contrastes presentes nas realidades pesquisadas.

Outro ponto importante e que muitas vezes dificulta a comparação dos dados e uma discussão mais aprofundada, é a adoção de diferentes metodologias entre pesquisas da mesma instituição (Porto, 2016). Como exemplo temos a adoção de termos não padronizados durante as pesquisas ou de termos vagos.

Um exemplo claro envolve as nomenclaturas adotadas para descrever o serviço de esgotamento sanitário na última PNAD do IBGE (IBGE, 2014). Nesse exemplo, o termo popular *fossa séptica* é dado como opção ao entrevistado, abrindo caminho para confusões conceituais entre *fossas (negras)* e *tanques sépticos*.

Outro exemplo é o trabalho recente realizado no município de Holambra-SP (SHS, 2013) em que o levantamento dos dados sobre esgotamento sanitário na área rural, apesar de bastante extenso, organizou os dados com base em termos pouco específicos e técnicos (*fossa, fossa comum, fossa negra e fossa séptica*) que foram considerados distintos, mas que não foram definidos pelos pesquisadores.

Uma maneira de gerar ainda mais *qualidade* nas informações acerca do esgotamento sanitário em comunidades rurais é a realização de mais pesquisas cujo

enfoque seja o levantamento de dados aprofundados sobre determinadas realidades. Uma das formas de fazer isso é através de diagnósticos rurais participativos.

4.2.2 Diagnóstico rural participativo como forma de construir informação de qualidade

Apesar do número de pesquisas na área de comunidades isoladas e rurais estar crescendo, muitas não publicam os dados gerados na etapa de diagnóstico ou não realizam essa etapa, já que ela pode ser extremamente custosa em termos de tempo e recursos (Botto *et al.*, 2005).

São poucas as pesquisas que detalham a metodologia utilizada e os resultados do diagnóstico (ex: Porto (2016) em comunidades de Santa Catarina e do Paraná; Pinheiro (2011), Botto *et al.* (2005) e Mello *et al.* (1998) no Ceará; Larsen (2010) no Paraná e Figueiredo (2006) no Distrito Federal). E são ainda menores as iniciativas que realizam diagnósticos participativos, permitindo que haja a apropriação das informações levantadas não só pelos pesquisadores, mas também pelo grupo envolvido no trabalho.

A realização de diagnósticos sem a participação da comunidade em questão não agrega sustentabilidade às ações posteriores e gera pouco envolvimento da população (Brasil, 2009), sendo esse um dos maiores desafios das iniciativas de implantação de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto. Por outro lado, os diagnósticos com um viés participativo na sua metodologia permitem que sejam desenvolvidos processos de pesquisa a partir das possibilidades dos participantes, que passam então a analisar determinada situação baseando-se nos seus próprios conceitos e critérios de explicação, iniciando desse modo um processo de auto-reflexão mediado (Verdejo, 2006).

Nesse sentido, se mostra ideal a abordagem e pressupostos dos diagnósticos rurais participativos (DRP) que podem ser entendidos como diferentes metodologias reunidas para auxiliar que a população local, além de agentes externos, compartilhe conhecimentos sobre sua própria realidade e aprenda mais sobre ela com o objetivo

de atuar na resolução de problemas (Faria e Ferreira Neto, 2006). O DRP também pode ser compreendido como uma maneira de obtenção direta de informação primária ou de "campo".

Diferentemente dos métodos convencionais de pesquisa, o DRP usa diversas fontes de informação para garantir qualidade e complementaridade (princípio da triangulação de dados Bracagioli (2014)), mas não requer grandes acumulações de dados sistemáticos, já que isso se levaria muito tempo para realizar os levantamentos em campo e realizar a interpretação dos dados (Verdejo, 2006). O objetivo de um diagnóstico que se pauta nesses princípios é desencadear dois processos (Verdejo, 2006):

- Gerar participação interativa e permitir que os moradores da comunidade reconheçam e pensem em seus problemas;
- Dar condições para que os pesquisadores ou agentes de assistência técnica e extensão rural compreendam as condições e circunstâncias locais para poder atuar mais tarde, em parceria.

Tradicionalmente o DRP não é utilizado como ferramenta para trabalhos na área de saneamento e sim na área agrária e extensão rural (Bracagioli, 2014), especialmente no planejamento e diagnóstico de práticas e sistemas agrícolas (ex: Diagnósticos Rápidos de Sistemas Rurais de Conway (1993)) e mais recentemente de práticas agroecológicas (Jalfim *et al.*, 2013; Canosa, 2016). Foi a partir da década de 1980 que surgiu na bibliografia uma reflexão sobre o protagonismo dos agricultores nos processos de desenvolvimento, refutando a concepção usualmente empregada em ações de campo. Na nova perspectiva, se tornou central o papel dos agricultores que passaram a influenciar e compartilhar “o desenho, implementação e avaliação de projetos de desenvolvimento” (Bracagioli, 2014: 282).

A proposta metodológica do DRP, no entanto, se adequa bem ao campo do saneamento, tendo sido sugerida, inclusive, pela Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - ReCESA nas suas publicações (ReCESA, 2008

e 2009) e pelo Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento-PEAMSS (Brasil, 2009).

O PEAMSS traz diretrizes, princípios e estratégias de ação para orientar as ações de educação ambiental em saneamento (Maranhão e Sorrentino, 2009) e o seu objetivo é construir uma proposta de educação ambiental em saneamento que contribua para despertar o protagonismo popular necessário à universalização do saneamento (Brasil, 2009). Na publicação orientadora do programa, o DRP é apontado como um caminho possível e é descrita uma metodologia para a pesquisa da realidade local que pode ser utilizada inclusive em localidades urbanas (Brasil, 2009). Outras pesquisas sobre saneamento rural também fizeram uso da metodologia DRP em diagnósticos similares (ex: Larsen, 2010; Alves Filho e Ribeiro, 2014).

O próprio PNSR vem sendo construído de forma participativa e colaborativa em oficinas regionais, muitas vezes se utilizando de ferramentas e técnicas sugeridas nos manuais de DRP tais como os Diagramas de Venn (Faria e Ferreira Neto, 2006; Geilfus, 2002) e matrizes F.O.F.A⁵ (Verdejo, 2006; Geilfus, 2002). Além disso, dentro do âmbito do PNSR, algumas pesquisas têm sido realizadas em comunidades distribuídas nas cinco regiões do país para embasar a elaboração do Programa (Ex: Porto, 2016) e estas pesquisas também tem utilizados ferramentas e metodologias participativas.

As metodologias participativas podem ser compreendidas como um conjunto de ferramentas, métodos e procedimentos que buscam fomentar a participação de determinados atores sociais em um processo (Bracagioli, 2014). Para o autor, o DRP pode ser considerado como um conjunto de ferramentas e técnicas de apreensão da realidade, através de um enfoque prático e indutivo e que inclui a percepção dos próprios atores. Um quadro síntese das principais técnicas utilizadas em DRPs encontra-se a seguir (**Quadro 4.1**):

⁵ F.O.F.A é uma metodologia que organiza, em uma matriz, as “Fortalezas”, “Oportunidades”, “Fraquezas” e “Ameaças” (Verdejo, 2006).

Quadro 4.1. Principais técnicas e ferramentas participativas comumente utilizadas em Diagnósticos Rurais Participativos (DRPs). Fonte: Bracagioli (2014).

Grupos e Dinâmicas	Visualização e Diagramação	Matriz e Amostragem	Diálogo e Entrevistas
<ul style="list-style-type: none"> - Contratos de grupo - Diálogos grupais - Representação de papéis - Dinâmicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Perfil de grupo - Estratégias de Vida - Mapas - Calendário Sazonal - Diagramas - Fluxograma 	<ul style="list-style-type: none"> - Matriz - Ranking - F.O.F.A (Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças) 	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista semi-estruturada - Informantes chave - Observação Participante - Tempestade de ideias

No caso específico deste projeto de pesquisa, além de estimular o entendimento da população sobre a realidade de saneamento local, o diagnóstico visa estimular nos moradores a busca pelas soluções necessárias para realizar as adequações sanitárias em suas respectivas propriedades, fomentando uma participação ativa dos mesmos tanto no processo de re-conhecimento da sua realidade, quanto na tomada de decisão sobre aspectos técnicos de saneamento e também na aplicação e manutenção dessas medidas. Daí a necessidade das famílias envolvidas no diagnóstico serem participantes diretas deste processo, contribuindo para o levantamento de informações acerca da sua realidade local e para a construção da pesquisa onde são atores (Demo, 2004).

4.3 Objetivos

O objetivo geral desta etapa do trabalho foi levantar dados sobre a realidade sanitária da comunidade rural de Pedra Branca (Campinas/SP), especialmente aqueles referentes ao tratamento de efluentes domésticos, a partir de um diagnóstico participativo.

Dentre os objetivos específicos estão:

- Elaborar um roteiro para entrevista e procedimentos de campo para a realização de diagnósticos sobre a realidade sanitária de uma comunidade isolada, tendo como princípio a participação social;
- Descrever e quantificar os principais tipos de sistemas de tratamento de efluentes domésticos utilizados na comunidade e a percepção dos moradores sobre estes sistemas;
- Comparar estes resultados com os encontrados em outras pesquisas.

4.4 Metodologia

O diagnóstico realizado foi organizado com base na metodologia proposta por Verdejo (2006) que divide o DRP em três fases que se sucedem e se complementam. Para o autor, a primeira fase compreende a apresentação da equipe de pesquisa à comunidade, a segunda fase traz a análise da situação atual com seus problemas, potencialidades e limitações e a terceira propõe um aprofundamento e busca de soluções viáveis para os problemas elencados.

O Quadro 4.2 resume os objetivos e ações de cada fase da DRP, bem como as principais ferramentas e métodos utilizados.

Quadro 4.2. Objetivos, ações e ferramentas de cada uma das três fases do diagnóstico rural participativo realizado em Pedra Branca.

	Fase 1- Apresentação	Fase 2- Análise Situacional	Fase 3- Aprofundamento
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar o primeiro contato pesquisadores/comunidade - Esclarecer procedimento, objetivo e as limitações do diagnóstico - Preparar o trabalho de campo - Conhecer o local de trabalho e as famílias - Divulgar o projeto e as ações 	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer a situação atual do saneamento na comunidade - Analisar a situação junto com os proprietários, identificando as estruturas de tratamento de esgoto e seus eventuais problemas 	<ul style="list-style-type: none"> - Apresentar os resultados do diagnóstico - Analisar conjuntamente os problemas observados em campo e procurar soluções - Discutir os próximos passos da pesquisa e avaliar o andamento do trabalho realizado
Ações	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento preliminar da pesquisa - Esclarecimento dos objetivos, procedimentos e limitações do diagnóstico - Conhecimento geral da área, das pessoas e formação do grupo participante da pesquisa - Divulgação da pesquisa 	<ul style="list-style-type: none"> - Visitas a campo 	<ul style="list-style-type: none"> - Organização dos resultados - Divulgação das informações e debate sobre a pesquisa
Ferramentas	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões entre UNICAMP, parceiros, comunidade e Associação de Moradores - Estudo de mapas e documentos - Caminhada transversal - Produção de material de divulgação (Folder) 	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas semiestruturadas - Observação participante - Registro Fotográfico - Produção de mapas 	<ul style="list-style-type: none"> - Reuniões de sistematização com comunidade e Associação - Oficinas com dinâmicas e técnicas participativas - Ferramentas de planejamento dos próximos passos da pesquisa

A seguir serão descritas as atividades, ferramentas e procedimentos para coleta de dados de cada uma das três fases.

Fase 1- Apresentação

Esta etapa corresponde à fase inicial de planejamento preliminar das suas ações e a estruturação das etapas importantes para o estudo. Este planejamento inicialmente feito pelos pesquisadores da UNICAMP foi compartilhado e discutido com a comunidade e Associação de Moradores em reuniões.

Para o reconhecimento da área de estudo, foi proposta uma atividade de caminhada transversal, atividade de imersão no território que permite aos participantes externos conhecerem os diversos componentes da comunidade por meio de observação e realização de anotações que depois são transformadas em um mapa (Verdejo, 2006).

Na fase 1 também foi formado o grupo de proprietários com interesse em participar da pesquisa, a partir das ações de divulgação do projeto e reuniões. Estes voluntários da pesquisa compõem o que Gil (2008) chama de amostragem por acessibilidade. Mack *et al.* (2005) descrevem este tipo de amostragem como *purposive sampling*, ou seja, uma amostragem pautada no recrutamento de participantes de acordo com os objetivos e necessidades da pesquisa, sem a definição prévia obrigatória do seu tamanho e composição. Ela também é utilizada no estudo de pequenos grupos em situações em que não se sabe ao certo o seu tamanho (Babbie, 2008).

Na fase 1 também foi preparado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), um documento altamente recomendável em pesquisas sociais (Babbie, 2008) e obrigatório para pesquisas que envolvem seres humanos na UNICAMP (**Apêndice 1**). O TCLE foi preparado em conjunto com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) e explicava em detalhes que tipo de informações seriam coletadas, as regras de sigilo entre pesquisador e pesquisado e definia as responsabilidades, obrigações e deveres de ambas as partes.

Fase 2- Análise situacional

Esta etapa corresponde à fase de campo para coleta de informações sobre a realidade do saneamento na comunidade rural de Pedra Branca. As seguintes técnicas e procedimentos foram utilizadas nesta segunda fase:

- Entrevistas semi- estruturadas

As entrevistas semi- estruturadas são ferramentas que auxiliam na criação de um ambiente aberto de diálogo que permite aos entrevistados se expressar livremente, sem as limitações criadas por um questionário (Verdejo, 2006).

Para o desenvolvimento das entrevistas um roteiro (Gil, 2008) foi previamente formulado, com base nas orientações de Verdejo (2006). Além de contar com uma lista de perguntas previamente elaboradas, o roteiro também fornecia espaço suficiente para a anotação de falas dos entrevistados e outras observações que o pesquisador julgasse pertinente.

As perguntas realizadas durante as entrevistas envolveram os seguintes temas: dados gerais do entrevistado e propriedade, dados sobre o tratamento do esgoto, a opinião dos entrevistados sobre os seus sistemas e interesse em participar de atividades futuras. O **Quadro 4.3** traz o roteiro utilizado para as entrevistas semi-estruturadas.

Quadro 4.3. Roteiro utilizado durante as entrevistas realizadas durante o DRP realizado em Pedra Branca, Campinas/SP. Em vermelho estão as observações para o próprio entrevistador.



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E AMBIENTE

Nome:
Telefone/email:
Endereço:
Data:

GERAL

1. a) Qual o tamanho do terreno (área estimada em m² ou ha)?
b) Quantas casas existem no terreno (numerar as casas ex: casa 1, casa 2...)?
c) Quantas famílias/pessoas moram nesse terreno, em cada casa (anotar número de pessoas por casa)?

2. Qual a finalidade do terreno (produção/moradia/ lazer/ comercial/ outro. Anotar as principais culturas e se existe a criação de animais)?

ESGOTO

3. Existe banheiro fora das casas?
 - Não
 - Sim. Onde fica? Como ele é? Como ele funciona? Quem usa? Qual frequência?

4. Sobre o esgoto da casa, existe separação entre águas negras e cinzas nas casas (explicar o que são águas cinzas)?
 - Não
 - Sim. a) Vão para onde? (Listar todos os locais que produzem águas cinzas e anotar para onde vai cada grupo. Ex: lavanderia/ chuveiro/etc)
b) Causam algum problema (mau cheiro, animais, sujeira, etc)?

5. Para onde vai o “esgoto” da sua casa? (anotar material construtivo, respiro, inspeção, etc)

	Data constr.	Águas negras/cinzas?	Dimensões	Localização e GPS	Materiais	Pós-trat?	Respiro e inspeção?	Limpeza e manutenção?
Sistema 1								
Sistema 2								
Sistema 3								

6. a) Houve alguma orientação/ajuda/ explicação sobre como construir o sistema de tratamento de esgoto pelo governo ou órgão de assistência técnica?

b) Quem construiu e dimensionou?

7. a) Em sua opinião, o esgoto aqui é tratado de maneira correta (Anotar falas)?

- Sim
- Não. a) O que está errado ou que pode melhorar?
b) Qual seria a maneira adequada?

8. Em sua opinião, a disposição “inadequada/incorrecta” de esgoto tem alguma consequência negativa?

- Não
- Sim. Quais?

9. a) Em sua opinião como deveria ser o tratamento de esgoto na zona rural?

b) De quem é a responsabilidade?

10. a) Se fosse necessário construir um novo sistema, poderia pagar por isso (Estimativa de valor)?

b) Você poderia participar da sua construção (mão-de-obra)?

11. Você conhece ou já ouviu falar de tratamentos alternativos de esgoto (diferentes da fossa. Citar alguns para ajudar a lembrar)?

- Não
- Sim. Usaria estes na sua propriedade?

Usaria algum tratamento que envolvesse minhocas?

Usaria algum tratamento que envolvesse plantas?

Usaria algum tratamento que envolvesse peixes?

Usaria algum tratamento que gerasse água para irrigação (reúso)?

PARTICIPAÇÃO

12. Você tem interesse em receber um sistema piloto (explicar o que são, quem pagaria pelo material) do projeto em sua residência?

- Não
- Preciso pensar
- Sim. Conseguiria nos receber para a manutenção e monitoramento e ceder uma área para a construção?

13. Você gostaria de participar de alguma atividade relacionada ao projeto Saneamento?

- Não
- Sim. **a)** Quais seriam os melhores dias e horários?
b) Quais seriam as suas sugestões (tipo de atividade e temas)?

- Observação participante

As informações sobre a realidade local, coletadas através das entrevistas, foram complementadas por outras registradas durante momentos de observação participante e de um registro fotográfico feito em campo.

A observação participante pode ser definida como a participação vivencial do pesquisador em uma situação determinada, de forma que se chega ao conhecimento a partir de uma experiência real (Gil, 2008). Esse instrumento de pesquisa pode ser utilizado como complemento de outras técnicas de pesquisa, especialmente em situações onde a compreensão de contextos complexos é necessária (Mack *et al.*, 2005). Gil (2008) cita que entre as vantagens da observação participante estão:

- o acesso rápido a dados sobre situações habituais em que os membros das comunidades estão envolvidos;
- o acesso a dados que o grupo considera privados;
- o esclarecimento de comportamentos ou hábitos dos observados.

O registro destes momentos de observação é de fundamental importância (Mack *et al.*, 2005) e seguiu os pressupostos da amostragem *ad libitum* que segundo Gil (2008) não se pauta por procedimentos sistemáticos ou pré-determinados, sendo as anotações realizadas com base no que é visível e relevante momentaneamente. O registro das observações foi feito no próprio roteiro da entrevista por meio de anotações e não foi utilizado gravador para o registro oral. Também foi feito o registro através de fotografias.

- Georreferenciamento e produção de mapas

Foram coletados dados sobre a localização geográfica das casas, fossas, poços e nascentes com um aparelho GPSMAP® 78 da Garmin. Os dados coletados em campo

foram geoprocessados utilizando-se as informações presentes no banco de dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e a base de dados do Google Maps.

Fase 3- Aprofundamento

Esta etapa corresponde ao compartilhamento dos resultados e análise coletiva das informações levantadas na fase anterior. Foi realizada a organização preliminar dos principais resultados da pesquisa e estes foram rediscutidos durante uma reunião de sistematização realizada com membros da Associação de moradores.

Foram utilizadas ferramentas participativas propostas por Bracagioli (2014) e Geilfus (2002) nesta fase do trabalho como, por exemplo, o uso de diagramas e dinâmicas de grupo. As reuniões também foram construídas de acordo com alguns princípios conceituais propostos por Galeano (2016) na mediação de reuniões socioeducativas, tais como a valorização das trajetórias e histórias individuais, a interação e troca entre os participantes, a aprendizagem colaborativa e a abordagem didática multidisciplinar.

4.4 Resultados e Discussão

Os resultados quanti e qualitativos do diagnóstico serão apresentados e discutidos conforme as suas três fases, de acordo com metodologia adotada durante o Diagnóstico Rural Participativo (DRP).

Fase 1- Apresentação

A duração da primeira fase do DRP foi de seis meses (dezembro de 2014 a maio de 2015). Nesse período, foram realizadas duas reuniões com a comunidade e membros da Associação de Moradores para a definição da amplitude da pesquisa, das propriedades que seriam amostradas e dos melhores dias para realizar as atividades de campo. Além disso foram realizadas reuniões da equipe da UNICAMP com parceiros externos como a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral- CATI que também ajudaram a delinear a pesquisa e contribuíram com informações valiosas sobre a comunidade de Pedra Branca.

Estas reuniões também foram fundamentais para a aproximação entre os pesquisadores e a comunidade, para que a relação de trabalho se iniciasse de forma tranquila, com cooperação e ajuda mútua. Não é fácil para um grupo ou comunidade receber pesquisadores desconhecidos ter a confiança necessária para realizar um projeto sobre um tema tão delicado quanto saneamento. No entanto, a nossa inserção na comunidade se deu de forma tranquila, especialmente por termos sido apresentados pela CATI, um parceiro que já tinha atuado na região em projetos relacionados à agricultura (Projeto Microbacias 1).

Foi elaborado nesta fase um folder de divulgação do projeto (**Apêndice 2**) que foi utilizado durante a fase de formação do grupo amostral, para explicar o projeto aos moradores do bairro e solicitar a sua participação. A elaboração do folder contou com a participação de membros da Associação na revisão do texto e diagramação.

A constituição do grupo de propriedades que tinha interesse em participar da pesquisa também foi realizada nesta primeira fase da pesquisa participante - PP, e ficou à cargo da Associação que fez a divulgação das ações e o convite para os moradores. A Associação também envolveu a Guarda Municipal (GM) na divulgação das ações ao solicitar que ao realizar as suas rondas habituais, ela distribuísse os folders de divulgação e fizesse uma lista de interessados. O trabalho da GM e da Associação conseguiu listar 33 propriedades interessadas e que aderiram por livre e espontânea vontade.

Apesar deste universo amostral não representar 100% das propriedades da região, ele pode ser considerado adequado já que foi o grupo de participantes *possível*. Na amostragem por acessibilidade, o pesquisador trabalha com a amostra a que tem acesso, admitindo que esta possa ser representativa do universo da qual faz parte (Gil, 2008). Apesar deste tipo de amostragem não ser precisa, ela se mostra necessária, especialmente em estudos qualitativos (Gil, 2008) e em situações em que não é possível ter acesso à toda a população. No caso da pesquisa social, a participação voluntária na pesquisa é um dos seus pilares mais importantes: não se pode forçar alguém a participar se esse não for o seu desejo (Babbie, 2008). Para Teixeira, Folz e Shimbo (2013), um aspecto fundamental de pesquisas com enfoque participativo na temática do saneamento sustentável é que toda a participação deve ser livre, espontânea e esclarecida.

No entanto, mesmo quando é possível, não é necessário coletar dados de todos da comunidade para ter resultados válidos (Mack *et al.*, 2005). No caso desta pesquisa, nem os pesquisadores e nem a própria Associação de moradores sabiam com precisão o número de propriedades da região ou o número de habitantes, situação esta que dificultava a proposta de uma amostragem mais rigorosa e representativa. Como as propriedades eram grandes e ficavam a certa distância umas das outras, também não foi possível tentar abordar todas as propriedades, porta a porta. Durante o andamento do trabalho de campo, tivemos acesso a um levantamento mais detalhado realizado pela Prefeitura Municipal de Campinas e Guarda Municipal que apontou que na região de Pedra Branca haviam 101 propriedades cadastradas. Nessa ótica, a pesquisa amostrou quase 33% das propriedades totais.

Em pesquisas similares realizadas em áreas rurais e com a temática do saneamento, também não foi possível trabalhar com todas as propriedades ou moradores. No caso de uma pesquisa realizada em assentamento rural no município de Dourados/MS, 15% das propriedades entraram na pesquisa, devido principalmente à dificuldade de acesso aos moradores no momento das entrevistas (Holgado-Silva et al., 2014). No caso de pesquisa realizada em seis assentamentos paulistas, os pesquisadores conseguiram uma participação voluntária bastante heterogênea que variou entre 4 e 92% das famílias, sendo que assentamentos pequenos apresentaram taxas maiores de participação (Alves Filho e Ribeiro, 2014).

Outra atividade realizada na Fase 1 foi uma caminhada transversal (Verdejo, 2006) com Francisco Augusto de Souza, um membro da Associação que me mostrou as principais estradas do bairro, pontos de referência e algumas das propriedades que entrariam na pesquisa. A caminhada transversal culminou no redesenho de um antigo mapa que a Associação tinha elaborado em 2001 com os associados da época, a anotação de algumas das propriedades que seriam visitas, de pontos de referência e de rotas de acesso (**Figura 4.1**).

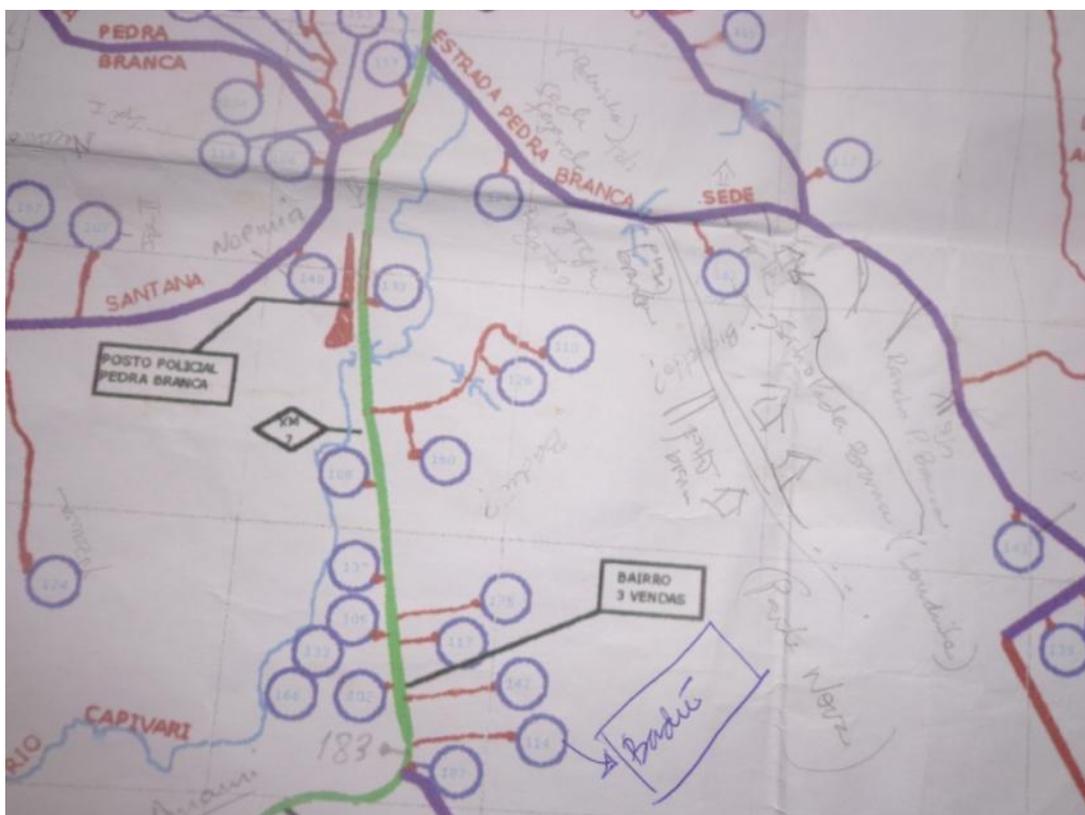


Figura 4.1. Mapa reelaborado depois da caminhada transversal.

Fase 2- Análise situacional

A segunda fase do DRP foi a fase de visita a campo e coleta de informações. Esta fase teve a duração de 09 meses (maio de 2015 e fevereiro de 2016) e neste período foram realizadas as entrevistas semi- estruturadas e observação participante.

A pesquisa de campo foi realizada em 33 propriedades que abrangem uma área de 213 hectares que inclui 125 domicílios ocupados, 365 moradores fixos e cerca de 40 funcionários que passam o dia no local. A área total amostrada corresponde a 42% do território de estudo.

Os resultados do diagnóstico mostram que a região possui apenas pequenas propriedades (até quatro módulos fiscais), sendo o tamanho médio das propriedades de 6,4 ha. A classificação das propriedades em pequena ou média é dada pela Lei 8.629 de 1993 (Brasil, 1993) e varia de acordo com o tamanho do módulo fiscal do município que é definido pelo Sistema Nacional de Cadastro Rural (INCRA, 2013). No caso do município de Campinas/SP, o tamanho do módulo fiscal é 10 hectares. A figura a seguir foi produzida usando informações do Cadastro Ambiental Rural- CAR e os dados coletados em campo (**Figura 4.2**).

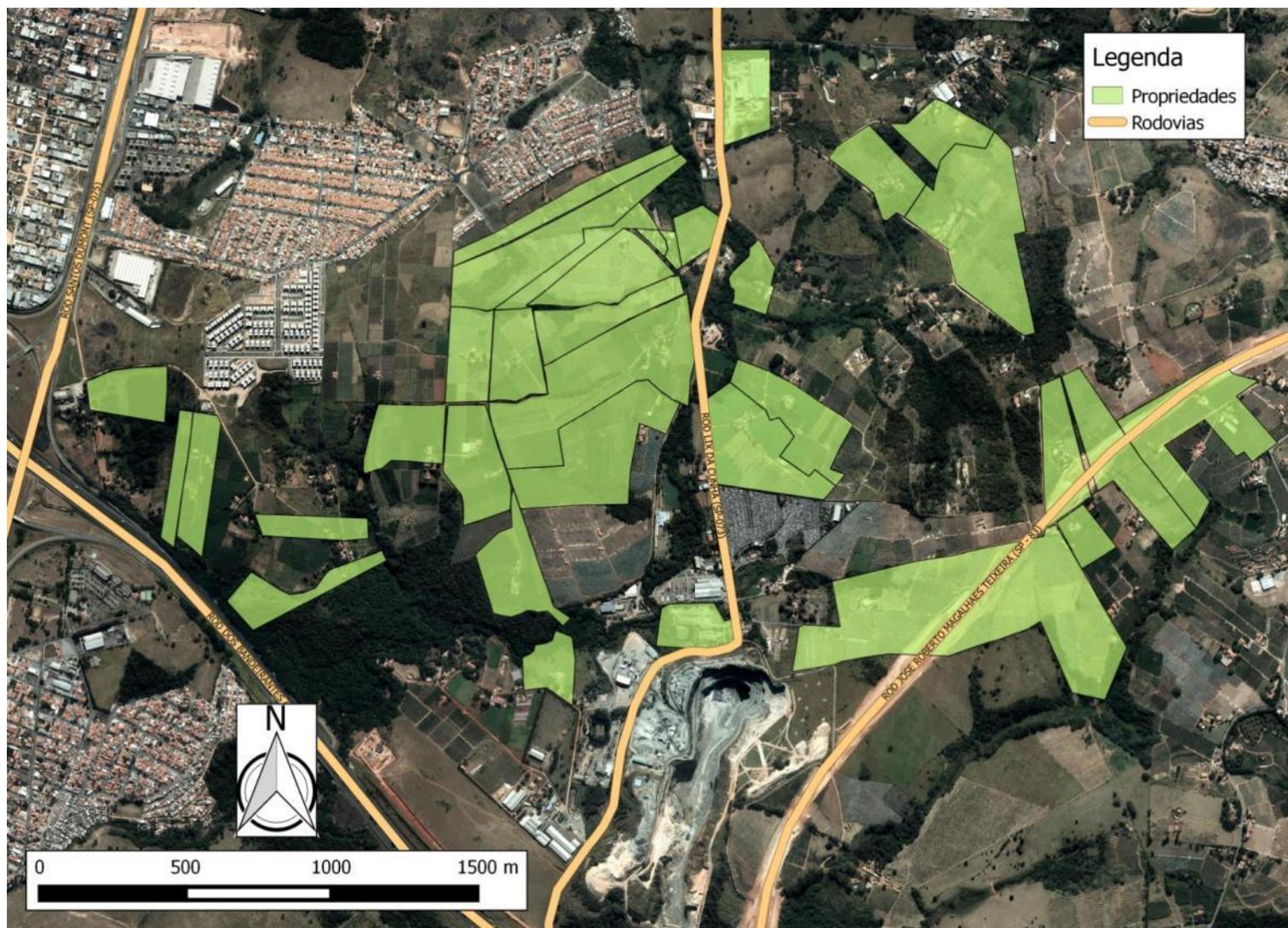


Figura 4.2. Propriedades incluídas no DRP realizado na região de Pedra Branca (Elaboração: Paulo Ricardo Egydio de Carvalho Neto SVDS/PMC).

Nas 26 propriedades produtivas, há predomínio de agricultores familiares que cultivam frutas e hortaliças para o mercado interno e, em alguns casos, também para exportação. As culturas predominantes são goiaba e carambola (**Figura 4.3**), o que vai ao encontro das informações de Campinas (2018). Na região também é comum a presença de hortas e roças para o consumo familiar e a criação de poucas cabeças de gado, galinhas, porcos e cavalos. Mesmo com a crescente pressão imobiliária, o aumento das manchas urbanas contíguas e da existência de lotes usados apenas para moradia ou estabelecimentos comerciais e pequenas indústrias (em três propriedades), a região tem mantido a sua vocação agrícola e produtiva.

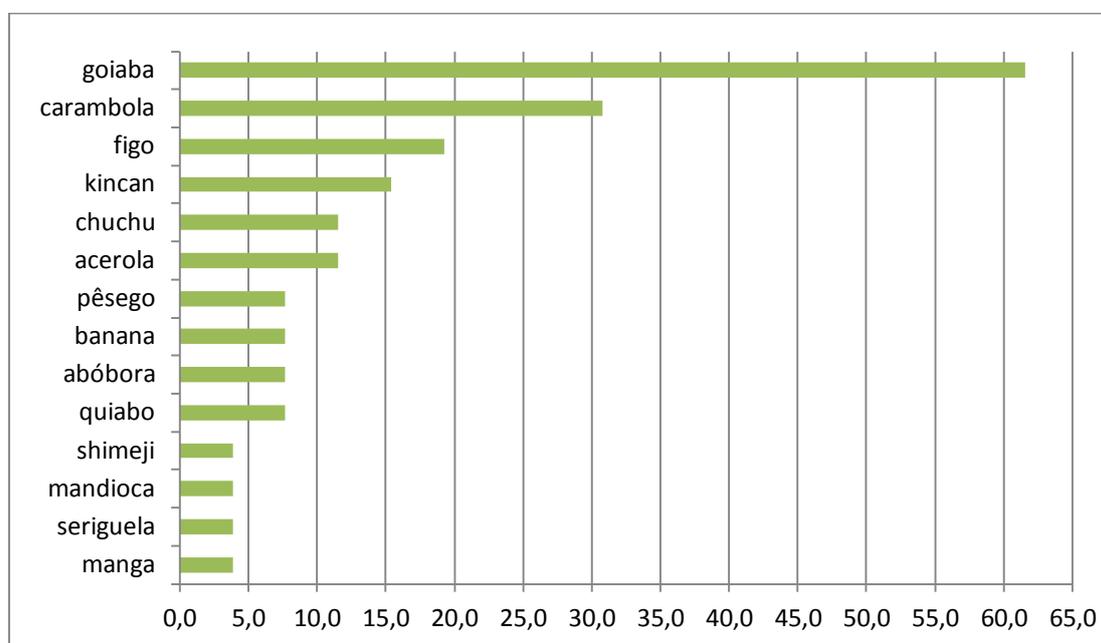


Figura 4.3. Percentagem das propriedades onde existe o cultivo de determinadas frutas/hortaliças na região de Pedra Branca.

Além de dados sobre a propriedade, também foram levantadas informações sobre o esgotamento sanitário na comunidade de Pedra Branca. Na grande maioria das propriedades visitadas (88%) e dos domicílios habitados na região (92%), existe a

segregação de pelo menos parte das águas cinzas⁶ geradas pelos usos domésticos (Figura 4.4).



Figura 4.4. Imagens da segregação do esgoto em domicílios rurais de Pedra Branca. **A)** Águas cinzas (tubo flexível preto) e águas de vaso sanitário (tubulação de PVC branca). **B)** Águas cinzas do tanque, chuveiro e pia do banheiro (tubos de PVC branco abertos e mais finos) e águas de vaso sanitário (tubulação PVC 100 mm fechada).

⁶ As águas cinzas representam todos os efluentes da casa, exceto os gerados pelo uso da bacia sanitária (FUNASA, 2018). São geradas pela lavagem de alimentos, louça, roupas, banhos e outras atividades e representam cerca de 65% do esgoto produzido em casas que usam água para dar a descarga (Tilley et al., 2014). De modo geral elas contêm água, matéria orgânica, produtos químicos, gorduras, sabão, fibras, cabelos, mas há diferenças na sua composição de acordo com a sua origem (FUNASA, 2018). Podem também conter traços de excretas e patógenos (Tilley et al., 2014).

Apesar dos números variarem de acordo com a região do país e com as peculiaridades locais, a revisão da literatura aponta que a prática da segregação da água cinza em domicílios rurais é uma realidade comum. Na última versão do Manual de Saneamento da Funasa, referência importante para o saneamento em comunidades isoladas, já foi descrita a divisão do esgoto doméstico em duas parcelas com nomes e características distintas (FUNASA, 2015). As pesquisas sobre esgotamento sanitário nos domicílios rurais realizadas pelo IBGE, entretanto, não fazem menção a essa prática.

No caso de Pedra Branca, houve separação das águas cinzas da lavanderia (máquina de lavar, tanquinho e tanque) em 91,2% dos domicílios e das águas cinzas provenientes da pia da cozinha em 83,2% dos domicílios. As águas cinzas do banheiro foram separadas em um número menor de residências (**Figura 4.5**), provavelmente devido à facilidade de conexão do encanamento do vaso com o do lavatório e chuveiro. Mesmo assim, a segregação ocorreu em um número considerável de casas.

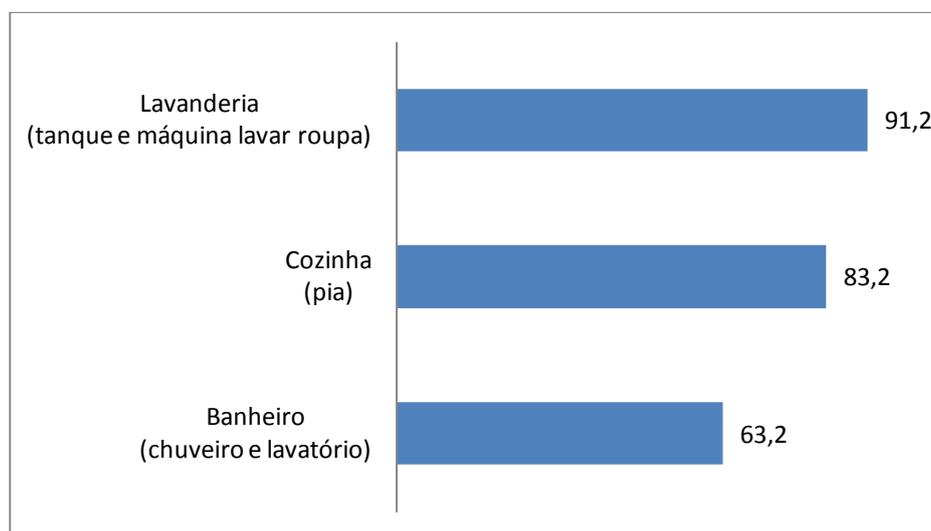


Figura 4.5. Percentagem dos domicílios ocupados que fazem a separação das águas cinzas em Pedra Branca, por cômodo do domicílio.

Nos últimos anos, tem aumentado o uso de águas cinzas no mundo todo (WHO, 2006) e, apesar do seu manejo inadequado ser normalmente relacionado a problemas ambientais e de saúde da população local, este tem sido identificado como um recurso valioso e que deve ser aproveitado na agricultura (Eawag/ Sandec, 2006). Esta separação dos efluentes é um importante passo para o tratamento mais ecológico e eficiente de esgoto, dentro da perspectiva do saneamento ecológico (Fonseca, 2008) ou de um tratamento mais sustentável dos efluentes (FUNASA, 2015). Mesmo assim, ainda existem poucos estudos sobre o uso contínuo da água cinza e seus impactos ambientais e da percepção da população sobre este recurso (WHO, 2006).

À partir da pesquisa, também foi possível perceber que além de serem separadas, as águas cinzas normalmente são tratadas de maneira diferente do restante do esgoto doméstico (**Figura 4.6**). Durante o DRP foi observado que as águas cinzas em Pedra Branca recebem, quase sempre, um tratamento “intuitivo”, sendo normalmente aplicadas diretamente no solo (45%) ou em áreas de plantação de frutíferas (32%), especialmente bananeiras (**Figura 4.7**). Em 12% dos casos, as águas cinzas foram encaminhadas para tratamentos específicos tais como fossas rudimentares ou tanques sépticos e também foi observada a disposição de águas cinzas brutas diretamente em corpos d’água em 11% dos casos.

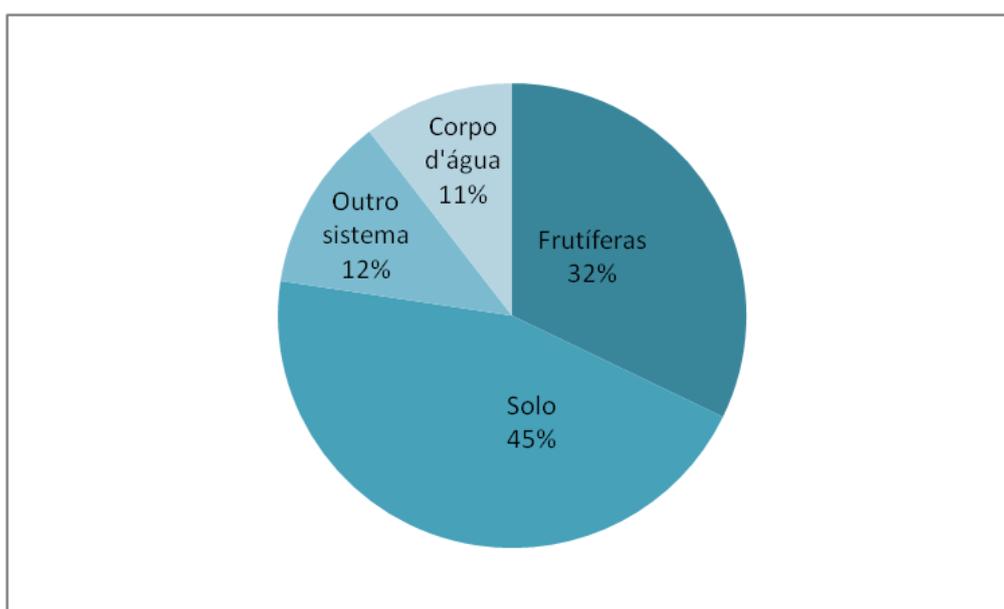


Figura 4.6. Destino das águas cinzas nas propriedades rurais de Pedra Branca.



Figura 4.7. Disposição de águas cinzas no solo **(A)** e próximo a bananeiras **(B)**

Pesquisa realizada em 171 domicílios rurais de Quixadá/CE, por exemplo, apontou que em pelo menos 96,5% das casas, as águas cinzas são dispostas a céu aberto, próximo às moradias (Mello *et al.*, 1998). Outra pesquisa realizada com assentamentos rurais no estado do Ceará mostrou que 98% das águas cinzas geradas na cozinha e pelo uso do chuveiro eram dispostas no solo, assim como 99% das águas cinzas provenientes do tanque/máquina de lavar roupa (Pinheiro, 2011). Outra pesquisa realizada em 16 domicílios de uma comunidade rural nordestina (Itaiçaba/CE) revelou que 93% das águas cinzas eram lançadas no próprio terreno (Botto *et al.*, 2005).

Esta prática também é comum em outras regiões do país. Martinetti (2009), por exemplo, observou a separação das águas cinzas em assentamento rural no interior paulista. Uma pesquisa realizada por Porto (2016) no contexto da elaboração do PNSR mostra que em quatro diferentes comunidades visitadas (nos estados de MG, SC e PR) há disposição das águas servidas da cozinha e área de serviço diretamente no solo na grande maioria dos domicílios. O documento em consulta “Capítulo 4: Análise

Situacional” do PNSR (2018b) também indica que é muito comum a separação entre excretas e águas servidas (cinzas) que são comumente dispostas nos quintais.

Para os moradores entrevistados em Pedra Branca, a disposição das águas cinzas no solo ou em local próximo a plantas geralmente atende bem ao objetivo proposto, o de garantir a sua drenagem rápida. No entanto, os moradores também observam alguns problemas em relação à prática, mas estes têm soluções simples como a escavação da camada superior do solo ou a troca do lugar da tubulação, por exemplo. O **Quadro 4.4** traz a percepção dos entrevistados em relação às principais vantagens e desvantagens da disposição de águas cinzas no solo e próximo à plantas, bem como as necessidades de manutenção destes sistemas simplificados de tratamento/disposição.

Quadro 4.4. Percepção das vantagens e desvantagens da disposição de águas cinzas no solo ou próximo à plantas. As expressões entre aspas são falas dos entrevistados.

Vantagens	Desvantagens	Manutenção
Boa drenagem: <i>“Quando empoça, logo some”, “Não há acumulação”, “Seca bem”, “Drena logo”</i>	Drenagem regular: <i>“Às vezes empoça”</i>	Fácil operação: <i>“Às vezes empoça, mas aí cava a valeta e ela volta a correr”.</i>
Beneficia as plantas: <i>“Sinto que as plantas gostam”</i>	Mal cheiro: <i>“Tem um fedor pouco”, “Quando empoça, tem um pouco de odor sim”</i>	Entupimento da tubulação: <i>“Tenho que jogar soda pra desentupir”</i>
Aumenta a fertilidade do solo: <i>“Dá muita minhoca”</i>	Proliferação de vetores: <i>“Dá larva e mosca”</i>	
	Colmatação do solo: <i>“Forma uma crosta”</i>	
	Entupimento da tubulação: <i>“O esgoto retorna pra casas por causa do entupimento no cano”.</i>	

A prática de plantar em locais onde existe água cinza sendo aplicada no solo também é comum em outros locais do Brasil e do mundo. Para Winblad e Simpson-Hébert (2004), na zona rural, as águas cinzas podem ser infiltradas diretamente no solo ou utilizadas na irrigação de árvores. Em propriedades pequenas (entre 0,5 a 2 hectares) de países em desenvolvimento, esgoto tratado ou não tratado é utilizado com frequência na produção de flores, frutas e hortaliças (Jiménez e Asano, 2008). Em Gana (África), por exemplo, é comum haver o plantio proposital de bananeiras, mangueiras, moringa e mamão em locais próximos à drenagem de chuveiros (Fagan, 2015).

Para Winblad e Simpson-Hébert (2004), realizar irrigação simplificada com as águas cinzas em áreas rurais não representa um grande problema, pois as substâncias nocivas e com potencial infectante são baixas. Mas apesar desta prática aumentar a segurança alimentar da população, ela pode também aumentar o risco de doenças e para evitar este cenário, tecnologias simples e desenvolvidas localmente têm surgido (Jiménez e Asano, 2008).

Este tipo de prática é incentivada há anos pela permacultura como pode ser observado nas propostas de Ludwig (2012), Jenkins (2005), Mollison (1994) e outros, e vem ganhando força mesmo dentro de publicações mais conservadoras. O próprio Manual de Saneamento da Funasa sugere o uso de Círculo de Bananeiras para o tratamento e disposição final de efluentes, sugerindo o plantio de bananeiras, mamoeiros e lírios para auxiliar no tratamento e reuso das águas (FUNASA, 2015). Publicação mais recente da FUNASA (2018), focada em soluções simples e acessíveis para o esgotamento sanitário, também sugere o círculo de bananeiras⁷ para o tratamento de águas cinzas, além do filtro de mulche⁸ e um sistema chamado de

⁷ O círculo de bananeiras é uma escavação no solo em forma de bacia, preenchida com matéria orgânica, ao redor da qual se cultivam plantas com alta demanda por água, principalmente bananeiras. É utilizada no tratamento de águas cinzas e como destino final de outros sistemas de tratamento (FUNASA, 2018).

⁸ O filtro de mulche consiste em uma cavidade escavada ao redor de uma árvore e preenchida com mulche (palhas e outros tipos de matéria seca orgânica). Nessa escavação são dispostas as águas cinzas ou esgoto tratado na forma de fertirrigação localizada (FUNASA, 2018).

Evapotranspiração e tratamento de água cinza clara (EvaTAC⁹). Infelizmente estes métodos simplificados são pouco compreendidos internacionalmente e têm pouco reconhecimento científico, o que torna a sua implementação difícil (Jiménez e Asano, 2008).

Os produtores rurais pesquisados demonstraram ter pouca preocupação com o destino das águas cinzas, o que também é observado em outras partes do mundo, apesar das diferenças culturais entre as populações ter um grande impacto na aceitação do uso deste recurso (WHO, 2006). Para algumas populações, especialmente as que habitam regiões de pouca disponibilidade hídrica, a aceitação da água cinza como fonte de água para o cultivo de alimentos é grande, como demonstrado em estudo realizado com agricultores de Malawi, país da África subsaariana (Newcomer *et al.*, 2017). No Brasil esta aceitação também existe, mas tem sido pouco documentada. Um projeto de tecnologia social realizado na região do semiárido, por exemplo, já implantou mais de 200 sistemas de tratamento simplificado de águas cinzas por vermifiltração, e o efluente produzido é utilizado na irrigação de hortas e outras culturas alimentares (ATOS, 2015).

Um fator que contribui para esta aceitação é a percepção de que como as águas cinzas estiveram em contato com as pessoas antes de serem lançadas como esgoto, elas podem conter “sujeiras”, mas não fazem mal e podem, portanto, ser lançadas no ambiente sem muita preocupação ou mesmo reutilizadas de forma direta para dar descarga em vasos sanitários ou molhar plantas no jardim (WHO, 2006), como é comum no Brasil. Agricultores não apenas aceitam este tipo de reúso, como fazem questão de usar este recurso já que ele aumenta a produtividade das suas culturas (Jiménez, 2008).

A boa aceitação do reúso direto de água cinza se reflete, por exemplo, no baixo coeficiente de retorno esgoto/água em pequenas cidades onde é comum o reaproveitamento nos quintais (FUNASA, 2015). Para de Oliveira Cruz *et al.* (2018), coeficientes de retorno menores são comuns em áreas rurais devido ao uso de águas

⁹EvaTAC é um sistema que combina um tanque de evapotranspiração (ver **Seção VII**) e um wetland construído de fluxo horizontal subsuperficial. É um sistema idealizado para o tratamento de água cinza clara que dispensa uma etapa primária de tratamento (FUNASA, 2018).

cinzas de máquina de lavar roupa na irrigação de plantas e limpeza de áreas internas e externas.

Apesar da água cinza, tratada ou bruta, ser uma fonte importante de água em muitos locais onde existe escassez hídrica e também como fonte de nutrientes para o solo (Eawag/Sandec, 2006; WHO, 2006), em Pedra Branca o uso dessas águas não é feito de modo planejado. Através da observação participante e das entrevistas, fica claro que neste contexto específico, o objetivo desta prática não é a irrigação, e sim disposição final de modo prático e simples, mesmo havendo a percepção de que “*as plantas gostam*” desse recurso. Esta forma de reúso não intencional na agricultura é comum em países em desenvolvimento, não apenas em área secas, mas em regiões úmidas também (Jiménez e Asano, 2008; Jiménez, 2008).

O reúso direto na agricultura pode ser definido como o uso de esgoto tratado ou não tratado para irrigação, sem a diluição prévia com outra fonte de água (Jiménez e Asano, 2008). A agricultura é a atividade que mais consome água de reúso, e apesar do esgoto sem tratamento ser mais utilizado que o esgoto tratado, é difícil determinar a magnitude do reúso neste contexto (Jiménez e Asano, 2008). Nesta pesquisa, o reúso intencional das águas cinzas no cultivo de alimentos foi observado apenas em uma propriedade em Pedra Branca, onde ocorreu o seu armazenamento em um campo de cultivo onde o reúso ocorre (**Figura 4.8**).



Figura 4.8. Uso intencional de águas cinzas para irrigação de campo agrícola.

Já as águas de vaso sanitário¹⁰, misturadas ou não às águas cinzas, são tratadas de forma bastante diferente.

Em Pedra Branca há o predomínio de fossas rudimentares¹¹ (81%) em relação a outros sistemas e condições de disposição inadequada tais como o lançamento *in natura* em corpos d'água e no solo (**Figura 4.9**).

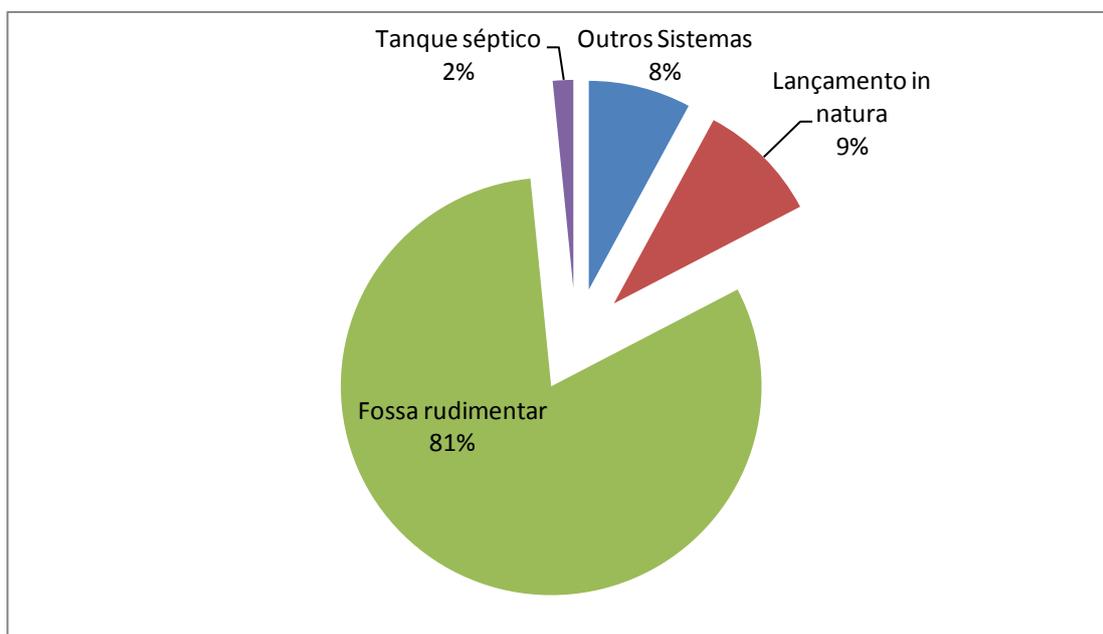
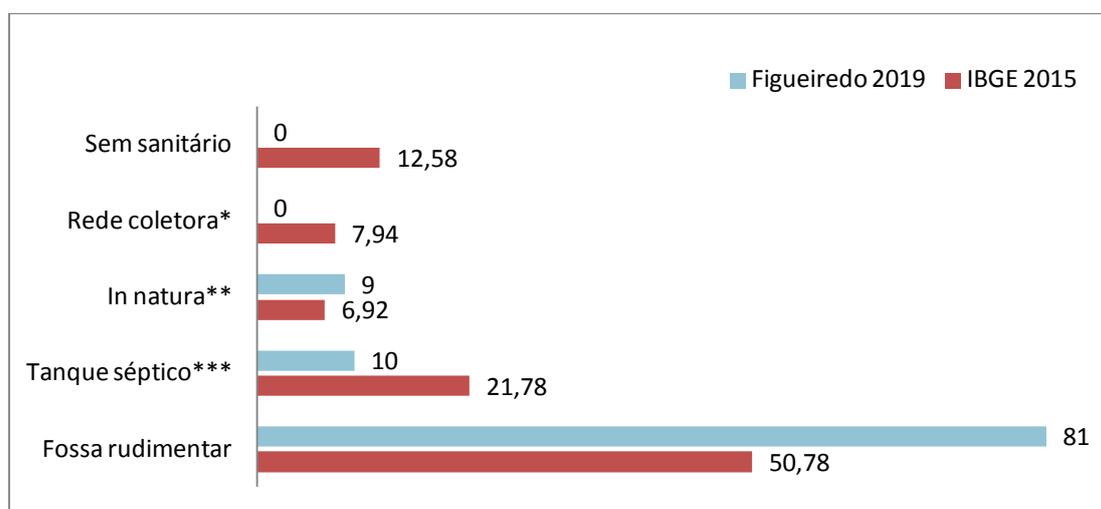


Figura 4.9. Principais sistemas de tratamento de esgoto (águas de vaso sanitário, misturadas ou não) adotados na região rural de Pedra Branca, Campinas/SP.

¹⁰ As águas de vaso sanitário, também chamadas de águas negras (FUNASA, 2018) ou de águas fecais (PNSR, 2018 c) são produzidas na bacia sanitária com descarga e contêm fezes, urina, água, produtos químicos e, eventualmente, papel higiênico (FUNASA, 2018).

¹¹ Neste trabalho o termo fossa rudimentar (IBGE, 2015) foi considerado sinônimo de fossa negra, fossa absorvente (FUNASA, 2015 e PNSR, 2018 c), fossa simples ou fossa caipira. A fossa rudimentar foi definida aqui como um sistema de tratamento de esgoto composto de um buraco ou poço escavado no solo sem impermeabilização ou com impermeabilização parcial, onde é feita a disposição do esgoto bruto conduzido por veiculação hídrica (FUNASA, 2015). As fossas podem tratar águas de vaso sanitário, águas cinzas ou esgoto doméstico misto. Uma tampa também faz parte da configuração do sistema.

Estes dados são bastante diferentes dos apresentados para domicílios rurais brasileiros (IBGE, 2014). Dados da PNAD 2013 trazem a informação de que na zona rural brasileira, apenas 50,8% do esgoto é destinado a fossas rudimentares (IBGE, 2014) e dados do censo demográfico de 2010 indicam que as fossas rudimentares estão presentes em 64% dos domicílios rurais brasileiros (PNSR, 2018b). Se compararmos os dados de IBGE (2014) e os dados encontrados nesta pesquisa, teremos a seguinte situação (**Figura 4.10**):



*Rede coletora: foi incluído nessa categoria o esgoto direcionado para a rede, com ou sem a passagem por um tanque séptico.

** Outros: para o IBGE (2015), a categoria outros inclui também dejetos esgotados diretamente para uma vala, rio, lago ou mar, ou quando o escoadouro não se enquadrasse em outras categorias. Aqui "Outros" foi considerado o mesmo que "Disposição *in natura*".

*** Tanque séptico: para o IBGE (2015), a categoria "Tanque Séptico" é chamada de "Fossa séptica" e inclui esgotos encaminhados para uma fossa, onde passavam por um processo de tratamento ou decantação, sendo a parte líquida absorvida no próprio terreno. Aqui a categoria "Tanque séptico" também incluiu sistemas comerciais similares.

Figura 4.10. Comparação entre dados obtidos pela PNAD para os domicílios rurais brasileiros (IBGE, 2015) e nesta pesquisa (Figueiredo, 2019) para o destino do efluente misto ou águas de vaso sanitário.

A discrepância entre os dados apresentados na **Figura 4.10** parece refletir duas questões já levantadas anteriormente na revisão bibliográfica (**Item 4.1**): a existência de diferenças locais e regionais e a forma como pesquisas oficiais nacionais como IBGE (2015) são realizadas.

Como já mencionado anteriormente, as especificidades nacionais e regionais sobre o tema saneamento são pouco refletidas nas bases de informações oficiais (Andrade *et al.*, 2017). Além disso, o uso de informações autodeclaradas, recenseadores leigos e o emprego de termos dúbios (ex: fossa séptica) pode levar a resultados que não são representativos. Esse parece ser o caso da distribuição mais ampla dos tanques sépticos (22%) em detrimento das fossas rudimentares (51%) observada nos resultados de IBGE (2015) e que não parece refletir a realidade rural. A WHO/UNICEF (2017) alerta para o fato do termo *tanque séptico* ser largamente utilizado em pesquisas sobre saneamento no mundo todo para descrever diversos tipos de alternativas descentralizadas de tratamento de esgoto que não exatamente tanques sépticos mas que funcionam de modo similar.

Quando se comparam os dados obtidos em Pedra Branca com dados compilados pelo Plano Municipal de Recursos Hídricos- PMRH há novamente uma grande discrepância. O PMRH traz a informação de que a área rural do município é precariamente atendida pelos serviços de esgotamento sanitário municipal e que 29% dos 18.389 habitantes rurais são atendidos por fossas rudimentares (Campinas, 2016), resultado bastante diferente do que o encontrado neste DRP (81%). No entanto, quando se olha para a especificidade local, o mesmo estudo aponta para resultados muito similares ao encontrado por esta pesquisa.

Segundo Campinas (2016), as bacias do Capivari e Capivari-Mirim, região onde está inserido a região de Pedra Branca, têm o pior cenário de esgotamento sanitário do município, concentrando mais de 50 bairros urbanos não atendidos por rede coletora e cerca de 92% dos domicílios rurais com deficiência no esgotamento sanitário, compondo uma situação classificada como *péssima* na abordagem desenvolvida pelo PMRH (Campinas, 2016). Neste caso é considerada deficiência no esgotamento sanitário o uso de fossas rudimentares ou o lançamento de esgoto *in natura*. Nesta tese, a deficiência encontrada seria de 90%.

A ampla distribuição de fossas rudimentares e o seu predomínio em relação ao tanque séptico, no entanto, pôde ser observada em várias outras pesquisas com enfoque local. Em alguns casos como no caso do Projeto de Assentamento Bela Vista

(168 famílias em Araraquara) e no Projeto de Desenvolvimento Sustentável Mário Lago (210 famílias em Ribeirão Preto), ambos no estado de São Paulo, 100% dos lotes possuem fossas chamadas de simples ou negras (Alves Filho e Ribeiro, 2014). Realidade similar também foi encontrada por Holgado-Silva *et al.* (2014) em assentamento rural em Dourados/MS, onde a totalidade do esgoto era destinada a fossas rudimentares.

No caso do levantamento realizado no município de Holambra/SP, vizinho a Campinas/SP, as fossas rudimentares foram identificadas como o destino de cerca de 60% do esgoto dos domicílios rurais, enquanto o lançamento direto no solo ou corpo d'água correspondeu a 30% (SHS, 2013).

No Distrito Federal, em comunidade rural não atendida pela rede coletora de esgoto, próxima à Brasília, foi observado que em 67% das 97 propriedades pesquisadas, o esgoto era destinado a fossas rudimentares (Figueiredo, 2006). No caso de moradores de assentamentos rurais do Ceará, apenas 1,7% dos domicílios faziam a disposição das águas de vaso sanitário em tanque séptico. O restante utilizava fossas rudimentares (70,3%) ou fazia a disposição do esgoto *in natura* no solo (28%) (Pinheiro, 2011). Ainda no Ceará, uma pesquisa realizada em 171 municípios de Quixadá revelou que 56,1% dos domicílios encaminham as águas de vaso para fossas rudimentares e a disposição *in natura* em rios ou “mato” acontece em 35,7% dos casos (Mello *et al.*, 1998). Em Itaiçaba/CE, 80% dos domicílios encaminham as águas de vaso para fossas rudimentares, 7% para tanques sépticos e 13% para o próprio terreno, a céu aberto (Botto *et al.*, 2005).

Resultados um pouco diferentes foram encontrados por Larsen (2010) que realizou pesquisa com 44 domicílios rurais no Paraná. O autor aponta que 57% dos entrevistados declararam que suas fossas eram sépticas (tanques sépticos) e apenas 41% negras (fossas rudimentares), mas ele mesmo indica que os entrevistados não tinham clareza sobre o conceito das duas unidades e que o questionário que levantou as informações era auto-aplicável.

O PNSR (2018b) destaca a persistência da ampla distribuição das fossas rudimentares historicamente no país e Martinetti (2009), que também observou a

predominância de fossas negras em assentamento rural no interior de SP, acredita que essa alternativa é a mais difundida devido à sua simplicidade construtiva, baixo custo e ao desconhecimento de outras alternativas.

O uso de fossas rudimentares ou absorventes ainda é um ponto bastante controverso. Os principais impactos ambientais relacionados a esse tipo de sistema incluem a contaminação do solo e do lençol freático por patógenos e nitrato. No entanto, esta também é a principal crítica aos tanques sépticos, especialmente aqueles que não recebem manutenção e que são instalados em locais inadequados. Para a FUNASA (2015), as fossas rudimentares desempenham as funções de tanque séptico e sumidouro juntas.

Muitas instituições caracterizam a fossa absorvente como uma opção incorreta para o tratamento de esgotos em pequenas comunidades, independentemente da forma como ela é construída ou do local em que está instalada (Tonetti et al., 2018). Essa é a visão do PLANSAB (2013), por exemplo, que caracteriza esse tipo de fossa como uma forma de *atendimento precário* e que classifica o domicílio que é servido por este sistema como em situação de *déficit*.

No entanto, este tipo de sistema é considerado internacionalmente (WHO/UNICEF, 2017¹²) e mesmo nacionalmente (FUNASA, 2015¹³) como uma forma de tratamento/disposição final adequada já que resolve satisfatoriamente aspectos de saúde pública (FUNASA, 2015) e garante uma separação higiênica entre pessoas e seus excretas (WHO/UNICEF, 2017). Recentemente o PNSR (2018 c) também elencou a fossa absorvente como uma das tecnologias adequadas para o tratamento de esgotos domésticos de populações rurais, desde que o lençol freático seja profundo.

Tonetti et al. (2018) também concordam que a fossa absorvente pode atender a aspectos de segurança ambiental e de saúde pública, desde que sejam tomados os seguintes cuidados:

¹² Para WHO/UNICEF (2017: 15) *“Improved sanitation facilities are those designed to hygienically separate excreta from human contact. These include wet sanitation technologies (flush and pour flush toilets connecting to sewers, septic tanks or pit latrines) and dry sanitation technologies (ventilated improved pit latrines; pit latrines with slabs; or composting toilets)”*.

¹³ Para FUNASA (2015: 196) em regiões *“de solos com características favoráveis e no meio rural, admite-se o uso de uma fossa absorvente, recebendo diretamente o esgoto doméstico, sem que este tenha passado por um tanque séptico. Esta solução mais econômica continua sendo muito empregada e resolve satisfatoriamente aspectos de saúde pública”*.

- a) Instalação de tampa firme e resistente;
- b) Vedação da tampa, impedindo o acesso de animais e de água da chuva no interior da fossa, bem como o contato com pessoas;
- c) Construção da fossa em local com lençol freático profundo e que possibilite que o fluxo da água subterrânea passe pelo poço e depois pela fossa;
- d) Instalação da fossa em um local com baixa densidade populacional, garantindo uma distância segura em relação aos pontos de captação de água subterrânea ou superficial.

Dessa forma, a precariedade das fossas rudimentares parece estar mais relacionada com a sua localização (na propriedade e no contexto ambiental) e com sua forma construtiva do que com a sua eficiência propriamente dita. No entanto, ainda são necessárias mais pesquisas para definir parâmetros para que o seu uso seja mesmo seguro.

As fossas rudimentares pesquisadas em Pedra Branca são, na sua maioria, apenas buracos escavados no solo sem nenhum revestimento interno (51%). Também é muito comum a prática do “*tijolamento*” das fossas rudimentares (43%), em toda a sua extensão ou apenas na área próxima à superfície, para dar suporte à tampa (**Figura 4.11**). Foi incomum encontrar fossas construídas com anéis de concreto (zimbras ou manilhas- 6%).

As tampas das fossas, por sua vez, normalmente são feitas de concreto, mas também podem ser feitas de madeira, telhas ou algum outro material improvisado (**Figura 4.12**). Essa variedade de métodos construtivos também foi observada por PNSR (2018 b). A construção de tampas adequadas é importante para a segurança dos moradores locais e também para a manutenção da estrutura da fossa.



Figura 4.11. Formas de construção das fossas rudimentares de Pedra Branca. **A)** Sem revestimento (apenas escavação no solo). **B)** Tijolamento. **C)** Anel de concreto pré-moldado (na foto é aparente um vazamento na estrutura).



Figura 4.12. Diferentes tipos de tampa para fossas rudimentares. **A)** Tampa de alvenaria (concreto armado). **B)** Tampa de madeira. **C)** Tampa com telhas tipo Brasilit.

As entrevistas realizadas em Pedra Branca também mostraram que as fossas rudimentares recebem diferentes tipos de esgoto, conforme mostra a **Figura 4.13**. Esta informação não foi encontrada em nenhum outro trabalho desenvolvido com saneamento rural.

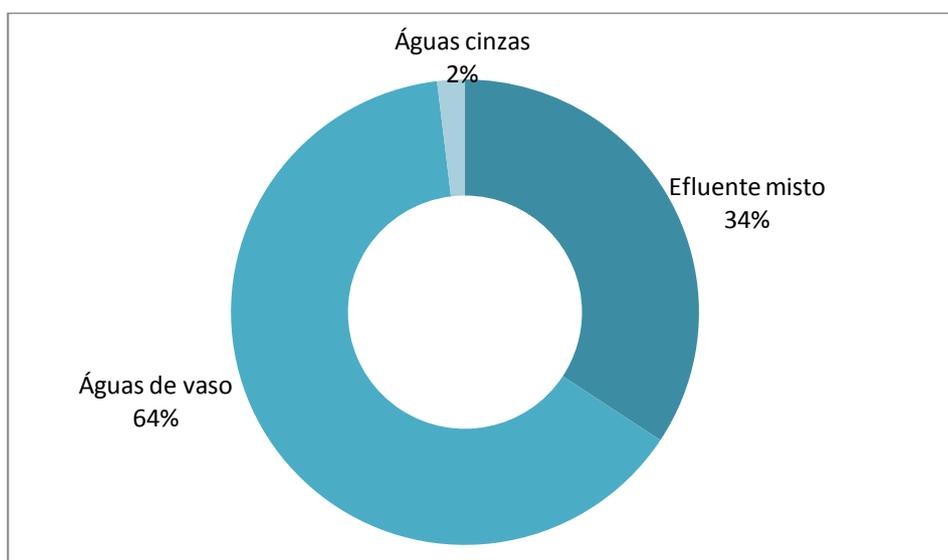


Figura 4.13 Tipo de esgoto que é destinado para as fossas rudimentares em Pedra Branca, Campinas/SP.

Com os dados declarados, foi possível identificar que o diâmetro e profundidade médios das fossas rudimentares são 1,3 m e 4,6 m, respectivamente. No entanto, estes dados não foram declarados para 34% das fossas rudimentares e tampouco puderam ser checados em campo devido à dificuldade de acessar as fossas internamente. Devido à variação na altura do lençol freático local (inferida pela profundidade dos poços caipiras/freáticos) e a presença de nascentes e áreas de várzea, é provável que o fundo de algumas fossas coincida com o lençol freático, o que é uma condição inadequada do ponto de vista sanitário, além de não atender a distância mínima de 1,5m entre o fundo do sumidouro ou tanque séptico e o lençol freático sugerida pela norma NBR 13.969 (ABNT, 1997).

Em relação aos problemas comuns que as fossas apresentam, o fato da fossa “encher” é considerado um problema ou um sinal de mal funcionamento do sistema

que, no entendimento da população pesquisada, deve sempre drenar o esgoto, mantendo a fossa seca. Quando a fossa enche, é comum a abertura de nova fossa em local próximo ou o seu esvaziamento manual (mangueira sifonada) ou por caminhão do tipo limpa-fossa, comuns na região centro-sul, segundo dados do PNSR (2018 b).

Dados compilados por WHO/UNICEF (2017) indicam no Equador, por exemplo, 86% das fossas nunca teve que ser esvaziada e em Níger, Moçambique e Etiópia, estes valores são maiores do que 95%. O “enchimento” das fossas parece estar relacionado com a frequência de uso da mesma, o tipo de esgoto recebido, o regime climático da região e o tipo de solo local.

A colmatagem das fossas se deve à maior quantidade de sólidos em suspensão, matéria orgânica dissolvida e lodo digerido acumulado em seu interior, fatores que levam a um entupimento mais rápido do que o de sumidouros construídos após tanques sépticos (FUNASA, 2015). No entanto, a minoria dos moradores entrevistados em Pedra Branca relatou o enchimento das fossas (**Quadro 4.5**). Esse dado foi surpreendente já que a região apresenta argissolo vermelho-amarelo e latossolo vermelho-amarelo (Campinas, 2011).

A longevidade das fossas observadas em Pedra Branca, no entanto, pode ser decorrente do tipo de esgoto que elas recebem (**Figura 4.13**). Como as águas cinzas são dispostas em apenas 36% das fossas, esse fato pode contribuir para o aumento da sua vida útil, visto que a maioria dos óleos e gorduras provenientes da pia da cozinha não vão para as fossas. Vale lembrar que o uso de caixa de gordura nem Pedra Branca não foi quantificado, mas aparentou ser bastante raro.

O “desbarrancamento” das fossas também foi um dos problemas mais comuns de manutenção da tecnologia. Alguns outros problemas foram relatados pelos usuários das fossas rudimentares, mas a grande maioria dos sistemas nunca apresentou nenhum problema identificado pelo usuário. O **Quadro 4.5** faz um resumo destes problemas mais comuns, e a frequência com que eles foram citados.

Quadro 4.5. Problemas mais comuns apresentados pelas fossas rudimentares em Pedra Branca.

Problemas relatados com as fossas	Observações	Frequência do relato*
Não há problemas	Não foram relatados problemas com o uso da fossa	42
Fossa encheu	Fossa fica muito cheia e outra tem que ser aberta, ou o caminhão limpa-fossa chamado	12
Desbarrancamento	Paredes cedem para dentro dos buracos escavados no solo, a fossa fica cheia de terra	9
Mau cheiro	Odores desagradáveis na proximidade da fossa ou mesmo dentro dos banheiros	4
Transbordamento por entrada de água da chuva	Quando chove muito, a água das enxurradas entra dentro da fossa, danificando-a	3
Vazamento/transbordamento	A fossa enche muito e o efluente líquido transborda pelas laterais ou tampa	3
Entupimento do vaso sanitário	Raízes de plantas próximas à fossa ou animais entram entraram pelo vaso sanitário	2
Acidentes	Um veículo caiu dentro da fossa	1
Atrai animais	Mosquitos, baratas, sapos e ratos moram dentro ou perto da fossa	1
*Uma mesma fossa poderia apresentar mais do que um problema relatado.		

Também foi possível observar que os entrevistados relataram as técnicas utilizadas na construção dos sistemas simplificados e que a sua localização em relação à casa e ao poço não é aleatória. Porto (2016) também relata que as fossas absorventes ou poços negros utilizados por moradores de comunidades rurais de três estados brasileiros foram construídas com base no conhecimento tradicional das famílias.

Em relação à percepção dos agricultores sobre a adequação do sistema de tratamento de esgoto utilizado, os entrevistados ficaram muito divididos, conforme dados apresentados no **Quadro 4.6**:

Quadro 4.6. Percepção dos agricultores em relação à adequação do sistema de tratamento de esgoto utilizado na região de Pedra Branca, Campinas – SP.

Opinião sobre o sistema de tratamento adotado		Comentários feitos pelos agricultores
O sistema adotado é adequado?	Não 53%	<p><i>“Não é tratado, é só jogado. Teria de ter um tratamento”</i></p> <p><i>“Na época era adequado. Hoje não”</i></p> <p><i>“Contamina a água de beber, embora esteja longe do poço”</i></p>
	Sim 47%	<p><i>“Está adequado por enquanto, mas precisa de mudanças se morarem mais pessoas”</i></p> <p><i>“Esse é o jeito que estamos acostumados”</i></p> <p><i>“Em pequena quantidade não tem problema, mas em grande tem. O esgoto de casa é nojento, mas não é tóxico.”</i></p>

Em Itaiçaba/CE, foi realizada uma pesquisa sobre satisfação dos moradores de uma comunidade rural sobre o seu sistema de esgotamento sanitário, composto majoritariamente por fossas rudimentares. Neste trabalho, resultados similares foram encontrados, já que 50% dos entrevistados relataram estar satisfeitos com o sistema (Botto *et al.*, 2005).

No entanto, outras pesquisas sobre o mesmo tema indicam resultados heterogêneos. Em estudo sobre a percepção de aspectos de saúde ambiental por moradores de assentamentos rurais da região norte/nordeste do estado de São Paulo, foi constatada preocupação dos agricultores com o esgotamento sanitário inadequado e a consequente contaminação das fontes de água de abastecimento, acarretando problemas para a saúde humana e produção agrícola (Alves Filho e Ribeiro, 2014). Já

agricultores do Paraná não declararam se preocupar com os sistemas de tratamento de esgoto tradicionalmente implantados na comunidade durante atividade de levantamento de problemas realizada em DRP (Larsen, 2010). Porto (2016) também observou satisfação dos agricultores em relação a seus sistemas de esgotamento sanitário. No entanto, a autora observa que a satisfação pode estar relacionada ao desconhecimento de forma mais adequadas de tratamento de esgoto (Porto, 2016).

Segundo os entrevistados, as suas fossas foram construídas sem nenhuma orientação técnica, contando apenas com os conhecimentos empíricos dos agricultores ou de trabalhadores contratados, com exceção de três propriedades que receberam orientações de instituições certificadoras. A mesma situação foi observada em assentamentos rurais paulistas por Alves Filho e Ribeiro (2014) que identificaram que os assentados declararam pouco conhecimento sobre manejo e técnicas eficazes de saneamento e que a assistência técnica externa nesta temática era deficitária. Larsen (2010) também aponta que os existe pouca informação sobre alternativas adequadas ao saneamento rural dentre membros da comunidade rural avaliada no Paraná.

Essa é uma realidade comum em todo Brasil rural onde, ainda hoje, existe uma lacuna na divulgação de conhecimentos relativos às práticas de saneamento (FUNASA, 2015), no acesso a ações de assistência técnica e extensão rural neste âmbito (Martinetti, 2009) e no preparo dos profissionais de assistência técnica que muitas vezes sugerem tecnologias que não atendem as necessidades locais (Alves Filho e Ribeiro, 2014). Para Larsen (2010), a responsabilidade de orientação sobre sistemas de tratamento de efluente cabe à Vigilância Sanitária, órgão municipal.

As fossas na região pesquisada encontram-se bastante dispersas, com uma densidade de 3,5 fossas por propriedade ou uma fossa a cada 0,019 km² ou 52 fossas/km². Em Brasília, a densidade das fossas encontrada em comunidade rural foi de 1,83 por propriedade (Figueiredo, 2006).

A densidade de sistemas descentralizados tem se tornado crítica em algumas áreas isoladas, e é necessário determinar densidades sustentáveis de sistemas/área, por mais complexa que seja essa tarefa (Beal, Gardner e Menzies, 2005). Os autores

supracitados mencionam que algumas tentativas já foram feitas no sentido de determinar densidades máximas de sistemas descentralizados baseados em tanques sépticos seguidos de infiltração no solo¹⁴, mas os valores encontrados por diversos pesquisadores são muito variáveis e dependentes de condições ambientais específicas. A USEPA (1977) determina que regiões com densidades maiores do que 15 sistemas (tanque séptico + infiltração no solo)/ km² podem ter problemas de contaminação do ponto de vista ambiental¹⁵, mas regiões onde foram observados problemas graves têm densidades bem maiores. Em Pedra Branca a densidade encontrada foi mais de três vezes maior do que a sugerida pela USEPA (1977). No Brasil não existem normas específicas sobre a densidade de fossas ou tanques sépticos.

Em Pedra Branca, cada fossa absorvente atende, em média, de duas a três pessoas. A distância entre as casas e as fossas é normalmente bem pequena e até menor do que a distância mínima de 1,5 m sugerida pela norma NBR 7229 (ABNT, 1993), sendo a distância média de 6,2 m (**Figura 4.15**).

A distância média encontrada entre as fossas/sumidouros e poços foi de 65,4 metros, sendo a menor distância encontrada de 9,0 metros. Em pesquisa no Paraná, a distância média encontra entre o poço e a fossa foi de 10,0 metros (Larsen, 2010).

As distâncias mínimas sugeridas ReCESA (2009) são: 15 m de fossas sépticas e 45 m de fossas negras. A distância mínima sugerida pela Funasa (2015) é de 15 m em relação à fossas secas e 100 m em relação à outros focos de contaminação como valões de esgoto e galerias de infiltração (FUNASA, 2015), mas não fica claro qual a distância sugerida em relação às fossas rudimentares. Tampouco existe clareza nas recomendações das normas técnicas da ABNT. Enquanto a NBR 7229 sugere uma distância mínima de 15 m de poços freáticos (ABNT, 1993), a NBR 13.969 apenas indica que o efluente tratado deve demorar três dias para chegar até o poço (ABNT, 1997). Em portaria do DAEE (2012) é sugerido um tempo de trânsito de cinquenta dias entre o ponto de captação (poço) e a fonte de poluição microbiológica. A mesma portaria

¹⁴ Os autores se referem à *onsite wastewater treatment and disposal systems- OWTS* e mais especificamente a sistemas que combinam tanques sépticos com sistemas de absorção no solo também denominados *septic tank- soil absorption systems- SAS* (Beal, Gardner e Menzies, 2005).

¹⁵ A referência original se refere a 40 sistemas/milha² (USEPA, 1977).

indica que poços escavados (cacimbas ou cisternas) devem ser construídos em nível mais alto do terreno e a uma distância superior a 30 m em relação a fossas sépticas, para evitar a contaminação das águas subterrâneas. Não foram encontradas menções específicas ao tipo de solo no local da instalação dos poços em nenhuma norma ou legislação.



Figura 4.15. Imagem do mapeamento das fossas (pontos vermelhos) realizado durante a pesquisa em Pedra Branca, Campinas/SP, mostrando a proximidade entre as fossas e as residências.

O distanciamento das fossas ou sistemas de disposição final em relação aos poços subterrâneos (freáticos ou tubulares profundos) ainda não é consensual e varia muito de acordo com cada localidade específica, sendo determinada, muitas vezes, de forma arbitrária (Pang *et al.*, 2003). Na Nova Zelândia, por exemplo, a distância mínima recomendada é de 30 m (Pang *et al.*, 2003), assim como na Espanha (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010). Nos Estados Unidos, a recomendação geral é uma distância entre 15 e 30 m, mas ela depende de características locais e da

regulação de cada estado (USEPA, 2004). Na Austrália a distância mínima recomendada é de 100 m (Sydney Catchment Authority, 2012). Um estudo sobre a mortalidade de patógenos (bactérias e vírus) em solos arenosos e bem drenados na Nova Zelândia indicou que uma distância mínima de 46 m seria necessária para que a água subterrânea não fosse contaminada (Pang *et al.*, 2003). No entanto, existem registros de vírus que persistiram no solo por mais de 125 dias, tendo se deslocado 408 m (USEPA, 2004).

Em relação à presença do tanque séptico, esta se mostrou uma tecnologia pouco utilizada em Pedra Branca, e que foi registrada em apenas duas casas (1,6%). Dados da pesquisa do IBGE indicam que 21,8% dos domicílios rurais possuem este tipo de sistema de tratamento de efluentes (IBGE, 2014), o que certamente é um dado superestimado, provavelmente pela confusão entre o conceito de fossa rudimentar x tanque séptico/fossa séptica. O relatório compilado pela WHO/UNICEF (2017) também alerta para o fato do termo tanque séptico (*septic tank*) ser amplo e se referir a diversos tipos de sistemas *on-site* ou descentralizados nas pesquisa oficiais.

As outras tecnologias observadas em Pedra Branca (8%) incluem um modelo de comercial de fossa pronta/ biodigestor que está sendo bastante disseminado no meio rural de Campinas. Apesar da tecnologia prometer uma eficiência de 75-90% e a remoção fácil do lodo (Acqualimp, 2018), foi observado em campo que havia problemas de instalação do reator e a disposição do efluente pré-tratado era feita diretamente no corpo de água. Apesar da tecnologia ser promissora, ainda faltam estudos que comprovem a sua eficiência na remoção de matéria orgânica, patógenos e nutrientes e na segurança da secagem simplificada do lodo proposta.

A defecação a céu aberto, prática que a ONU objetiva erradicar até o ano de 2030, é definida como disposição de fezes humanas junto com resíduos sólidos, em campos ou florestas, praias ou corpos de água (WHO/UNICEF, 2017). No Brasil é mais comum que esta prática seja denominada disposição de esgotos *in natura* ou disposição à céu aberto já que o termo *defecação à céu aberto* normalmente é utilizado para descrever a alternativa em situações onde não há sanitários disponíveis. Nesta pesquisa, será utilizado o termo *disposição in natura* para se referir à disposição

das águas de vaso sanitário sem tratamento na superfície do solo ou em corpos de água. A disposição do esgoto *in natura* no ambiente ocorreu em cerca de 10% dos casos pesquisados em Pedra Branca.

Em Pedra Branca, o lançamento direto em corpos de água correspondeu a 6% e a disposição direta sobre o solo correspondeu a 3% do lançamento *in natura*. No levantamento realizado para o município de Campinas, o lançamento de esgoto *in natura* em valas, rios e lagos, foi de 6% (Campinas, 2016) e para o cenário dos domicílios rurais brasileiros, esta prática foi relatada em 12,6% das situações (IBGE, 2014). No panorama mundial das zonas rurais, esta é a prática de 24% da população (WHO/UNICEF, 2017), um dado alarmante.

Já a prática da defecação no "*mato*", esta foi relatada apenas por um entrevistado durante o diagnóstico. Esse dado é bastante diferente do apresentado pela PNAD realizada pelo IBGE em 2014, que registrou que 13% dos domicílios rurais brasileiros não possuíam banheiro (IBGE, 2014). No caso de Pedra Branca, a prática não está relacionada à ausência de sanitários, já que eles estão presentes em 100% das moradias e galpões de trabalho, mas sim a um costume. Porto (2016) também observou que esta prática ocorria em locais com sanitários quando a população estava distante dos mesmos, e nestes casos não havia constrangimento ou resistência em usar o "*mato*". O documento em consulta do PNSR aponta que o uso dos banheiros e a aceitação da defecação a céu aberto estão relacionadas a questões culturais, mas também ao bom funcionamento dos banheiros (PNSR, 2018 b).

As "*casinhas*" ou pequenas construções que abrigavam fossas secas no passado ainda existem na paisagem, mas estão desativadas ou ganharam novos usos. Em alguns locais elas se transformaram em depósitos ou espaços onde ocorre a queima ou disposição dos resíduos sólidos ("*lixo*") (**Figura 4.16**).



Figura 4.16. “Casinhas” desativadas em Pedra Branca.

Fase 3 - Aprofundamento e busca de soluções

Durante esta etapa final do DRP foi realizado o compartilhamento dos resultados e análise coletiva das informações levantadas. Para isso, foram realizadas duas reuniões em Pedra Branca. Nesta etapa também ocorreu a avaliação do processo de DRP por parte dos pesquisadores. A seguir, estes resultados e reflexões serão apresentados.

A primeira reunião de análise dos dados do DRP aconteceu entre os membros da direção da Associação de moradores e os pesquisadores da UNICAMP. Neste encontro, alguns resultados sistematizados previamente pelos pesquisadores foram apresentados e discutidos pelo pequeno grupo gestor da pesquisa (09 pessoas), além da equipe de pesquisadores. Nesta reunião também foi preparada, coletivamente, a reunião posterior que aconteceu com o todos os participantes do diagnóstico, alguns dias depois.

Durante a reunião com a comunidade (20 pessoas), foram utilizadas ferramentas participativas como diálogos grupais, dinâmicas de grupo e rankings (Bracagioli, 2014). As discussões realizadas foram registradas em livro- ata e

encaminhamentos eram sempre feitos ao final das reuniões. A **Figura 4.16** traz o registro fotográfico desta reunião.



Figura 4.16. Registro das reuniões com o feedback do DRP, em Pedra Branca, Campinas/SP. As imagens mostram momentos de exposição dos resultados (**A e B**), diálogos grupais (**C**) e sistematização e elaboração de ranking de prioridades para o planejamento das ações futuras (**D**).

As reuniões foram momentos de aprendizado coletivo sobre a realidade e os problemas levantados durante o DRP e o uso dos princípios norteadores de Galeano (2016) criou um clima favorável à discussão e aprofundamento dos temas. Ao valorizar as diferentes trajetórias e conhecimentos dos participantes e ao propiciar um ambiente de interação, foi possível o compartilhamento das experiências, ideias e impressões.

A sistematização das informações obtidas pelo DRP durante as reuniões com a comunidade possibilitou o reconhecimento de algumas situações delicadas em relação ao saneamento, especialmente a questão da inadequação de alguns tipos de fossas e o

possível impacto nas águas subterrâneas, especialmente águas utilizadas para fins potáveis. A partir desta discussão foi acordado que os focos do trabalho à partir dali seriam:

a) a proposição de algumas tecnologias de tratamento de esgoto alternativas (serão descritas nas seções seguintes) e;

b) a continuidade da pesquisa com foco na qualidade das águas subterrâneas da região (não será descrita nesta tese).

Foi possível observar que a análise conjunta dos problemas observados durante a realização da pesquisa levou o grupo a iniciar um processo de busca de soluções e de abertura para a discussão de um tema que era bastante delicado no início da pesquisa. O DRP propiciou, não só nesta terceira fase, mas de forma geral, a apropriação do tema do saneamento rural, e isso gerou resultados na adesão à implantação de sistemas de tratamento de esgoto ao final do processo, como será mais amplamente discutido na próxima seção (**Seção V**). Nesse sentido, os processos participativos não possuem um fim em si mesmos, sendo uma forma de interação para a construção de mudanças (Bracagioli, 2014).

A avaliação do processo da DRP como um todo mostra que não foi apenas nos momentos de reunião que houve aprendizado, mas também durante as entrevistas e momentos de observação participante.

Em relação ao TCLE (**Apêndice 1**), este se mostrou um instrumento importante para o aprofundamento do diálogo entre pesquisadores e participantes, contribuindo para a realização de explicações mais detalhadas sobre a pesquisa e sobre a divulgação dos seus resultados. Esse cuidado com a abordagem dos participantes é fundamental em pesquisas desenvolvidas com o tema do saneamento sustentável (Teixeira, Folz e Shimbo, 2013). Para os autores, o pesquisador ou assessor deve ter disposição para dar esclarecimentos sobre as ações do projeto, contribuindo assim para que a população possa aderir conscientemente.

As entrevistas com formato semi-estruturado se mostraram ótimas ferramentas para o conhecimento da realidade do saneamento local pois possibilitaram uma conversa mais aberta e aprofundada sobre o tema e também o registro das falas dos entrevistados e sua opinião sobre as questões levantadas. Mello *et al.* (1998) também observaram que os participantes das entrevistas realizadas durante a pesquisa participante realizada em comunidade rural do Ceará desenvolveram reflexões críticas e sínteses sobre a realidade vivida, demonstrando que este tipo de pesquisa é, acima de tudo, um momento educativo.

É importante que o roteiro de entrevistas traga comentários, observações e lembretes como realizado em Porto (2016) e sugerido por Babbie (2008) para auxiliar o pesquisador durante a entrevista, detalhando outras formas de abordar a mesma questão, formas de abordar o entrevistado, lembretes sobre o detalhamento esperado das respostas e outras explicações necessárias. Nesse sentido, o roteiro de entrevista semi-estruturada utilizado nesta pesquisa (**Quadro 4.3**) se mostrou uma ferramenta eficiente e completa.

Entrevistas são ferramentas mais eficientes do que questionários auto-aplicados porque o número de respostas vazias é menor já que se o entrevistado tem dúvidas, o entrevistador pode ajudar a esclarecê-la e se a resposta for muito sucinta ele pode fazer outras perguntas complementares (Babbie, 2008). Larsen (2010) relata que, ao desenvolver um DRP sobre saneamento em comunidades rurais do Paraná, ele não obteve sucesso em questionários auto-aplicáveis, já que os agricultores participantes da pesquisa tiveram muitas dúvidas no preenchimento do instrumento de pesquisa e muitas questões ficaram sem resposta. Uma desvantagem das entrevistas é que o método demanda muitos entrevistadores treinados em campo caso o universo estudado seja grande e o tempo curto (Babbie, 2008).

Outro aspecto interessante observado durante a pesquisa, foi a possibilidade de uma participação ativa dos proprietários durante a visita de campo e observação participante. Esta interação permitiu a coleta de informações muito valiosas e a construção de uma relação mais forte entre os pesquisadores e os entrevistados, o que permitiu uma abertura maior e conseqüentemente a troca de informação de melhor

qualidade. Além disso, ao checar os dados informados em campo, foi possível obter mais informações acerca da realidade e investigar de forma conjunta aspectos que não foram esclarecidos durante a entrevista.

Na terceira e última fase do DRP, após 25 idas a campo para as visitas às propriedades, reuniões com a comunidade e análise dos resultados, foi possível fazer uma reflexão mais aprofundada sobre a metodologia utilizada. O guia abaixo (**Quadro 4.7**) é resultado desta reflexão e pode ser utilizado como uma referência em DRPs com foco em saneamento e/ou esgotamento sanitário.

Como cada pesquisa é única, esta proposta não pretende ser uma “receita de bolo” e nem um passo-a-passo detalhado. O objetivo deste “Guia” é auxiliar os pesquisadores e as próprias comunidades a pensar sobre e estruturar um DRP que faça sentido localmente e que possa ser planejado e bem-estruturado de acordo com os recursos disponíveis. A proposta está organizada em três grandes tópicos e cada tópico tem perguntas geradoras que, ao serem respondidas, auxiliam na formação do corpo metodológico do DRP pretendido.

Quadro. 4.7 Guia para o pesquisador: planejamento de DRP com foco em saneamento

Guia para o pesquisador: planejamento de DRP com foco em saneamento

1. Começando do começo

No primeiro momento, os pesquisadores se aproximam da comunidade e se conhecem um pouco mais. Se já existe uma relação e uma história de trabalho juntos, melhor. Se não, ela pode começar aí. A comunidade organizada pode trazer a demanda para o pesquisador ou grupo de pesquisadores, eles juntos podem pensar em algo que vale ser estudado ou o pesquisador pode trazer um tema importante para ser debatido e aprofundado. Nesta fase inicial, a pesquisa precisa ser bem planejada e organizada, e se isso puder ser feito coletivamente, melhor.

Fazem parte desta primeira etapa as seguintes ações:

- **Apresentação do pesquisador e da comunidade.** De onde vem o pesquisador

e qual a sua história? Qual a sua instituição e qual a sua história? Qual é a história da comunidade? Quem são as pessoas que moram nela? Como ela se organiza? Já houve outras pesquisas nesta região? Como se deu essa relação?

- **Formulação da proposta de pesquisa.** Quais são as ideias iniciais sobre a pesquisa? Quais são as questões observadas pelo pesquisador e pela comunidade e que merecem ser estudadas? Existem problemas que precisam ser resolvidos? Quais são as maneiras de fazê-lo?
- **Realização de acordos e combinados.** Quem pode ou deseja acompanhar a pesquisa mais de perto (grupo gestor)? Como nos comunicaremos? Como serão tomadas as decisões mais importantes? O que é esperado do pesquisador e da comunidade? Como será feita a divulgação dos resultados? Onde serão os encontros e reuniões?
- **Adequação e detalhamento da proposta de pesquisa.** O que precisa mudar na proposta de pesquisa inicial (se ela existir) para que ela esteja de acordo com as necessidades de todos? Há algum receio da comunidade em relação à pesquisa? Quanto tempo vai durar a pesquisa? Haverá intervenção ou ação? De onde virão os recursos? Quem participará das atividades? Todos farão parte da pesquisa? Só parte do grupo? Só quem quiser?
- **Aprofundamento do conhecimento sobre a realidade pesquisada.** Quantas pessoas moram na comunidade? O que elas fazem, como vivem? Como se distribuem as propriedades? Há outras pesquisas sobre o local e as pessoas? Há dados oficiais ou mapas?
- **Desenvolvimento de um roteiro de entrevista e de um termo de consentimento.** Como explicar a pesquisa e deixar o entrevistado à vontade? É necessária a elaboração de termos de pesquisa? O que preciso/gostaria de compreender? Quais são as perguntas que preciso fazer? Como introduzir as perguntas? Como fazer as perguntas da melhor forma? Como anotar as respostas?
- **Realização de ações para divulgação da pesquisa.** Como divulgar as ações? Que meios de comunicação usar? Quem será o responsável por estas ações? Que ações devem ser divulgadas? É necessário criar folhetos, cartazes, murais, faixas, sites, facebook, grupo de mensagens?

2. Indo a campo

Depois de feito o contato inicial com a comunidade, formado o grupo gestor da pesquisa e discutido o objetivo e a metodologia do estudo, é preciso ir a campo para

conversar com as pessoas, observar a realidade e de forma participativa coletar informações. Para que isso ocorra de forma tranquila e produtiva, são necessários alguns passos tais como:

- **Apresentação dos pesquisadores.** É necessário uma identificação específica para os pesquisadores (crachá ou uniforme)? O que os pesquisadores devem falar nesse momento inicial? Como se apresentar e abordar o participante?
- **Apresentação da pesquisa.** O morador já conhece a pesquisa? O que pode ser dito para dar uma explicação breve? Haverá material de divulgação para apoiar esta fala (*folder*, cartaz, fotos, cartilha, *flyer*)?
- **Apresentação do objetivo do encontro e realização de acordos.** Como explicar as ações que serão realizadas nesse encontro (tempo de duração e passo-a-passo)? O morador consentiu em participar? O pesquisador está autorizado a fazer anotações? O pesquisador poderá tirar fotos e gravar imagens e sons? É desejável assinar um termo de consentimento ou autorização de uso de imagem?
- **Realização da entrevista.** O roteiro está em mãos? Devo fazer a mesma pergunta de várias formas diferentes? Anoto tudo ou gravo as falas? Há espaço para anotações extras e desenhos/esquemas? O que fazer quando o participante fala coisas interessantes mas que estão fora do contexto?
- **Observação participante.** Como pedir permissão para ver as fossas, poços e outras estruturas ou locais de interesse? Onde se localizam as fossas (marcar distância em relação à casa e outros pontos, registrar as coordenadas)? E se o participante não sabe o local exato das fossas ou a forma como foram construídas? E se o que o participante respondeu é diferente do que você observa? O que podem aprender juntos? O que é possível observar em campo e que não foi registrado durante a entrevista? O registro fotográfico pode complementar a coleta de dados?
- **Tomando um cafezinho.** Como fazer o encerramento da entrevista e observação e se despedir? Quais são os combinados para os próximos encontros? Como será a devolutiva para o participante?

3. Socializando os resultados

A socialização dos resultados é fundamental o DRP e deve ser formativa e informativa. Este é o momento de propiciar que os participantes tenham contato com

os conteúdos e para que, juntos, todos possam refletir sobre o problema estudado e buscar soluções. A seguir estão descritos alguns passos para que a socialização ocorra da melhor forma possível.

- **Organização dos dados e compartilhando com o grupo gestor.** Como selecionar o que é mais importante do DRP? Quem pode ajudar neste momento de triagem e organização? Como o grupo gestor vê esses dados? Quais são as suas análises e reflexões? Como as informações devem ser compartilhadas com o restante dos participantes e comunidade?
- **Planejamento do encontro de compartilhamento.** Quem será responsável pela organização desse encontro? Onde e quando será esse encontro? Como será feita a divulgação? Qual será o conteúdo do encontro? É necessário preparar material (dinâmicas, práticas, material visual)? Quem será convidado?
- **Realização do encontro.** A apresentação dos resultados foi clara? Todos puderam se manifestar, opinar, perguntar? As atividades e dinâmicas foram produtivas? Como fazer uma amarração, um encerramento (atividade, lanche)? Quais são os próximos passos?
- **Avaliação do encontro e do DRP.** Houve registro da presença e do conteúdo em livro- ata? Foram registrados os momentos em foto e vídeo? Anotei as falas mais importantes? Fiz outros tipos de avaliação do encontro? Qual foi a opinião dos participantes?
- **Planejamento dos próximos passos.** É necessário mais algum estudo ou avaliação? Quem mais precisa ser comunicado e receber informações sobre o que foi vivido durante o DRP? Como é possível deixar o registro do DRP para a comunidade (fotos, vídeos, texto, painel)? Quais são as ações necessárias e que precisarão ser planejadas? Como posso auxiliar nesse processo? O trabalho será encerrado ou terá continuidade? Como avalio a experiência? O que aprendemos?

4.6 Conclusões

A realização de um diagnóstico rural participativo na comunidade de Pedra Branca permitiu a obtenção de informações muito interessantes a respeito do tratamento destinado ao esgoto nesta área rural.

Um dos pontos mais marcantes, foi a observação da separação do esgoto doméstico em águas de vaso sanitário e águas cinzas, o que ocorreu em 92% dos 125 domicílios ocupados. Apesar de pouco documentada, esta segregação de diferentes tipos de esgoto é uma realidade muito comum em áreas rurais no Brasil e no mundo. No caso brasileiro, esta segregação ainda é pouco relatada nas pesquisas de campo, pouco avaliada em relação ao possível impacto no solo, nas águas e na saúde humana e não abordada nas normas técnicas vigentes.

A maior parte das águas cinzas (77%) é disposta diretamente no solo ou em locais onde há mudas de frutíferas, especialmente bananeiras, e outras plantas que apreciem solos úmidos. Os moradores de Pedra Branca demonstram pouca preocupação com o destino deste tipo de esgoto e acreditam que a disposição das águas cinzas no solo atende bem ao objetivo proposto, o de garantir a sua drenagem rápida. Os moradores também observam alguns problemas em relação à prática, mas estes têm soluções simples.

Já as águas de vaso sanitário têm um tratamento bastante diferente, sendo tratadas majoritariamente em fossas rudimentares (81%). Há ainda o lançamento do esgoto *in natura* no solo ou rio (9%) e o uso de tanques sépticos ou tecnologias comerciais similares (10%). A presença de fossas rudimentares em número maior do que mostram as pesquisas oficiais brasileiras é uma tendência não só desta como de várias pesquisas realizadas em território nacional e merece um olhar mais cuidadoso já que a prática pode ser adequada dependendo da sua distribuição no território, das condições ambientais locais e da forma como elas são construídas.

No caso de Pedra Branca, as fossas rudimentares atendem em média 2 a 3 pessoas, são apenas buracos escavados (51%) ou buracos “tijolados” (43%), localizadas

em média a 65,4m dos poços, com uma densidade média de uma fossa a cada 1,9 hectares.

Em relação à percepção dos moradores entrevistados em relação à adequação das fossas rudimentares, existem opiniões divergentes, mas o que é comum é o fato de não ter havido assistência técnica ou orientação em relação às técnicas mais adequadas.

Pesquisas de campo como a realizada em Pedra Branca, tem como vantagem a compreensão da realidade de forma mais profunda e sensível. O uso de ferramentas de pesquisa quanti e qualitativa possibilita um diagnóstico mais aprofundado e que traz à tona não apenas dados sobre o número e tipo de sistemas, mas também hábitos, costumes e percepções sobre o tema do esgotamento sanitário na área rural. Conforme colocado por Verdejo (2006), a pesquisa qualitativa não é, de nenhuma forma, inferior à quantitativa, e sim complementar, sendo o equilíbrio entre as duas importante nos DRPs.

Quando dados levantados durante os momentos de diálogos (entrevista semi-estruturada) são checados em campo (observação participante), com a participação dos moradores, além de informação de qualidade, produz-se, também, um processo educativo onde todos aprendem. Esse aprendizado também foi observado durante as reuniões de discussão dos dados do DRP e na adesão, posterior, à implantação de sistemas alternativos de esgotamento nas propriedades (**Seção V**).

A reflexão sobre a pesquisa e a sistematização de alguns pontos-chave para o DRP indicam que essa é uma metodologia adequada para a área de saneamento rural. Fica claro que, para a implantação de projetos de saneamento, a construção de uma relação de confiança e troca com os pesquisadores, a ampla participação comunitária e a educação continuada durante todo o processo são imprescindíveis para o sucesso da empreitada.

4.7 Referências Bibliográficas

- ABNT. 1993. **Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos - NBR 7229**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. 1997. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação - NBR 13969**. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro.
- Acqualimp. 2018. **Biodigestor: guia de instalação**. Disponível em: http://acqualimp.com/wp-content/uploads/2016/01/46919_111024_Guia_de_Biodigestor-3.pdf. Acesso em 30/07/2018.
- Alves Filho, J. P.; Ribeiro, H. 2014. **Saúde ambiental no campo: o caso dos projetos de desenvolvimento sustentável em assentamentos rurais do Estado de São Paulo**. Saúde Soc. São Paulo, v.23, n.2, p.448-466, 2014.
- ANA. 2017. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas/** Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental- Brasília: ANA, 2017.
- Andrade, A. S.; Sales, B. M.; Roland, N. Lima, S. C. R. B. 2017. **Análise comparativa de tipologias de rural e suas implicações nas políticas públicas de saneamento**. In: XVII Enanpur/ Sessão temática 4.
- ATOS. 2015. Assessoria, Consultoria e Capacitação Técnica Orientada Sustentável – ATOS. **Manual de Implantação e Manejo do Sistema Bioágua Familiar: Reúso de água cinza doméstica para produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro**. Org: Fábio Santiago et al. Caraúbas/RN 194 p.
- Babbie, E. 2008. **The Basics of Social Research**. 4ª Ed. Thomson Wadsworth. 550 pgs.

- Beal, C. D; Gardner, E. A.; Menzies, N. W. 2005. ***Process, performance and pollution potential: a review of septic tank-soil absorption systems***. Australian Journal of soil research, 2005: 43, 781-802.
- Botto, M. P. *et al.* 2005. ***Estudo quanti- qualitativo da precariedade das condições de saneamento ambiental em comunidades do estado do Ceará***. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental- ABES. Campo Grande, MS.
- Bracagioli, Alberto. 2014. ***Métodos participativos na extensão rural: processos e práticas***. In: Pesquisa em Desenvolvimento Rural: aportes teóricos e proposições metodológicas. Conterato M. A., Radomsky G. F. W., Schneider S. (org). Editora UFRGS.
- Brasil, 1993. ***Lei 8.629 de 25 de fevereiro de 1993***. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária previstos no Capítulo III, Título VIII, da Constituição Federal.
- DAEE. 2012. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos/ Diretoria de procedimentos de outorga e fiscalização. ***Instrução Técnica DPO Nº 006***.
- Brasil. 2009. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. ***Caderno Metodológico para ações de educação ambiental e mobilização social em saneamento***. Brasília, DF- Ministério das Cidades. 100p.
- Campinas. 2011. ***Planos Locais de Gestão Planejamento e Desenvolvimento Urbano***. Prefeitura Municipal de Campinas. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/planos-locais-de-gestao/>>. Último acesso em 01/08/2015.
- Campinas. 2016. Prefeitura Municipal de Campinas. ***Decreto Nº 19.168 de 06 de junho 2016. Institui o Plano Municipal de Recursos Hídricos e dá outras providências***.

- Campinas 2018. *Roteiros Turísticos pelo bairro de Pedra Branca*. Disponível em: http://infotur.campinas.sp.gov.br/roteiros_turisticos/roteiro_02.php
- Canosa, G. A. 2016. *Proposta metodológica para planejamento participativo de sistemas agroflorestais junto a agricultores (as) familiares*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras-PR.
- Conway, Gordon R. 1993. *Análise participativa para o desenvolvimento agrícola sustentável*. Série Agricultores na pesquisa, 4. Rio de Janeiro: AS-PTA, 32 p.
- Demo, Pedro. 2004. *Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos*. Brasília: Liber Livro Editora.
- Ewag/Sandec. 2006. Sandec (Department of Water and Sanitation in Developing Countries) e Eawag (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology). *Sandec Report No. 14/06. Greywater Management in Low and Middle-Income Countries: Review of different treatment systems for households or neighbourhoods*. 96p.
- Fagan, C. L. 2015. *Evaluating the potential for passive greywater irrigation in northjern Ghana*. Thesis. Michigan Technological University. 73p.
- Faria, A. A. C, Ferreira Neto, P. S. 2006. *Ferramentas do diálogo- qualificando o uso de técnicas do DRP: diagnóstico rural participativo*. Brasília: MMA. IEB.
- Figueiredo, I. C. S. 2006. *Nossas águas Palha: educação ambiental e participação na comunidade rural do Córrego do Palha*. Dissertação de Mestrado. UnB: Brasília.
- Fonseca, A. R. 2008. *Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil*. Dissertação (mestrado). Rio de Janeiro.
- FUNASA. 2015. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento*. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4ª edição. Brasília: Funasa.

- FUNASA. 2018. Ministério de Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos**. Brasília: Funasa. 50 p. Eds: Paulo, P.L.; Galbiati, A.F.; Magalhães, F.J.C.
- Galeano, P. 2016. **Guia para desenvolvimento de reuniões socioeducativas**. Fundação Tide Setubal. São Paulo, SP: Fundação Tide Setubal, 224 pgs.
- Geilfus, Frans. 2002. **80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación**. IICA, 217 p.
- Gil, A. C. 2008. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas.
- Holgado-Silva. H. C. et al. 2014. **A qualidade do saneamento ambiental no Assentamento Rural Amparo no município de Dourados-MS**. Soc. & Nat., Uberlândia, 26 (3): 535-545, set/dez/2014.
- IBGE. 2010 **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- IBGE. 2014. **Pesquisa Nacional por amostra de domicílios Volume 33 2013**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 133p.
- IBGE. 2015. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2013**. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 296 p.
- INCRA, 2013. **Sistema Nacional de cadastro rural: índices básicos de 2013**. 149 p. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal>.
- Jalfim, F.; Sidersky, P.; Rufino, E.; Santiago, F.; Blackburn, R. 2013. **Geração do conhecimento agroecológico a partir da interação entre atores: a experiência do Projeto Dom Helder Camara**. Revista Agriculturas: experiências em agroecologia v.10, n.3.
- Jenkins, Joseph. 2005. **The Humanure Handbook: a guide to composting human manure**. 3^o edition. Chelsea Green Publishing. Grove City, PA.

- Jiménez, B. 2008. **Chapter 9: Water reuse in Latin America and the Caribbean.** In: Water reuse: an international survey of current practice, issues and needs. Jiménez, B.; Asano, T. (org). IWA Publishing. 628 p.
- Jiménez, B.; Asano, T. 2008. **Chapter 1: Water reclamation and reuse around the world.** In: Water reuse: an international survey of current practice, issues and needs. Jiménez, B.; Asano, T. (org). IWA Publishing. 628 p.
- Landau, E. C.; Moura, L. 2016. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010 : domicílios urbanos e rurais.** Embrapa: Brasília, DF. 975 pgs.
- Larsen, Daniel. 2010. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do Rio Verde, região metropolitana de Curitiba- PR.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
- Ludwig, Art. 2001. **Create an oasis with greywater: choosing, building, and using Greywater Systems.** Asociación Nacional del Café, Guatemala (Guatemala).
- Mack, N.; Woodsong, C.; Macqueen, K. M.; Guest, G.; Namey, E. 2005. **Qualitative Research Methods: A Data Collector's Field Guide.** Family Health International.
- Madrid, F. J. P y L, Figueiredo, I; C. S., Ferrão, A. M. de A., Tonetti, A. L. 2015. **Metodologia de desenvolvimento eco-sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado.** Revista Monografias Ambientais - REMOA v.14, n.1, Jan-Abr. 2015, p.101-105
- Martinetti, T. H. 2009. **Análise de estratégias, condições e obstáculos para implantação de técnicas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. Caso: assentamento rural Sepé-Tiaraju, Serra Azul/SP.** Dissertação de mestrado. São Carlos: UFSCAR. 228 p.
- MCidades. 2015. Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015.** Brasília: Ministério das Cidades. 212p.

- Mello, Dalva A; *et al.* 1998. **Promoção à saúde e educação: diagnóstico de saneamento através da pesquisa participante articulada à educação popular (Distrito São João dos Queirós, Quixadá, Ceará, Brasil)**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 14(3): 583-595, jul-set.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2010. **Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones**. Org.: Ortega de Miguel, E.; Medina, J. F.; Rodríguez, J. J. S.; Cruz, C. A.; Jiménez, A. R. 455 p.
- Mollison, Bill. 1994. **Introdução à Permacultura**. Tagari Publication. 2ª edição. 204 p.
- Newcomer, E. *et al.* 2017. **Reducing the burden of rural water supply through greywater reuse: a case study from northern Malawi**. Water Science & Technology: Water Supply.
- Oliveira Cruz, L. M.; Tonetti, A. L.; Gomes, B. G. L. A. 2018. **Association of septic tank and sand filter for wastewater treatment: full-scale feasibility for decentralized sanitation**. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development (2018) 8 (2): 268-277.
<https://doi.org/10.2166/washdev.2018.094>
- Pang, L; Close, M.; Goltz, M. Sinton, L.; Davies, H.; Hall, C.; Stanton, G. 2003. **Estimation of septic tank setback distances based on transport of E. coli and F-RNA phages**. Environment International 29 (2003) 907–92.
- Pinheiro, L. S. 2011. **Proposta de índice de priorização de áreas para saneamento rural: estudo de caso assentamento rural 25 de maio, CE** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará.
- PLANSAB. 2013. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico- PLANSAB**.
- PNSR. 2018 a. **Capítulo 3: O Rural para o Saneamento**. Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>

- PNSR. 2018 b. **Capítulo 4: Análise situacional**. Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>
- PNSR. 2018 c. **Capítulo 5: Eixos estratégicos**. Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>
- Porto, B. B. 2016. **Práticas em saneamento rural: um estudo no contexto da agricultura familiar** (Dissertação de Mestrado). UFMG. 115 p.
- ReCESA. 2008. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Temas transversais: saneamento e educação ambiental: guia do profissional em treinamento- Nível 2**. Brasília: Ministério das Cidades. 69p.
- ReCESA. 2009. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Transversal: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações Tradicionais: guia do profissional em treinamento- Nível 2**. Brasília: Ministério das Cidades. 88p.
- SHS. 2013. **Estudo técnico visando diagnosticar a situação dos recursos hídricos destinados à exploração de água no município de Holambra-SP, compatibilizando alternativas entre disponibilidade e demandas hídricas**. Relatório Final. Etapa IV- Definição das metas e estratégias a curto, médio e longo prazo. SHS Consultoria e Projetos de Engenharia.
- Silva, D. F.; Morejon, C. F. M.; Less, F. R. 2014. **Prospecção do panorama do saneamento rural e urbano no Brasil**. Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient. E - ISSN 1517-1256, V. Especial, maio: 245-257.
- Sydney Catchment Authority. 2012. **Designing and Installing On-Site Wastewater Systems A Sydney Catchment Authority Current Recommended Practice**. 218 pgs.
- Teixeira, B.; Folz, R. R.; Shimbo, I. 2013. **Contexto do Projeto: publicação a partir de prática**. In: Fundação Nacional de Saúde/ FUNASA. Saneamento ambiental,

sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências. Brasília. 80 pgs.

Teixeira, J. B. 2014. **Saneamento Rural no Brasil. In: Panorama do saneamento básico no Brasil.** In: Volume 7: Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico no Brasil. Sonaly Cristina Rezende (org). Ministério das Cidades: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília.

Tonetti, A. L. *et al.* 2018. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.** Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.

Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, Ph. and Zurbrügg, C., 2014. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies.** 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).Dübendorf, Switzerland.

USEPA. 1977. United States Environmental Protection Agency. **The report to congress: waste disposal practices and their effects on groundwater.** 512 p.

USEPA. 2004. **Onsite Wastewater Treatment System Maintenance Checklist. Region 9 Ground Water Office.** United States Environmental Protection Agency.

Verdejo, M. E. 2006. **Diagnóstico rural participativo: guia prático DRP.** Brasília: MDA / Secretaria da Agricultura Familiar

WHO. 2006. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater/ v. 4.** Excreta and greywater use in agriculture. World Health Organization.

WHO/UNICEF. 2015. UNICEF and World Health Organization. **Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment.** WHO Press, Geneva Switzerland. 90 p.

WHO/UNICEF. 2017. World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF). **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines.** 110p.

Winblad, U.; Simpson-Hébert, M. 2004. **Ecological sanitation – revised and enlarged edition.** SEI, Stockholm, Sweden, 141 pgs.

Seção V. **Escolha, implantação e difusão de tecnologias alternativas de tratamento de esgoto em Pedra Branca**

5.1 Apresentação

Como resposta aos desafios relacionados à busca de sistemas de saneamento mais adequados para a zona rural, numerosas experiências têm sido desenvolvidas em diferentes partes do mundo, inclusive no Brasil, experiências estas que têm trazido melhorias nas condições de vida das comunidades, sem a destruição dos seus valores tradicionais, e muitas vezes possibilitando a geração de trabalho e renda (Serafim e Dias, 2013).

Dois conceitos importantes parecem balizar o processo de escolha destas alternativas: o de tecnologias sociais e o de participação popular. Mas quais são estas alternativas? Como deve ser feita a sua escolha? Quais devem ser os critérios e metodologias adotadas? E após escolhidos, como devem ser implantadas?

A presente seção abordará o tema das tecnologias para tratamento de esgoto nas áreas rurais e descreverá o processo de escolha e implantação dos sistemas em Pedra Branca, Campinas/SP.

5.2 Revisão Bibliográfica

5.2.1 Tecnologias para o tratamento de esgoto em comunidades rurais

Apesar de existir uma ampla gama de sistemas disponíveis para o tratamento de esgoto em comunidades isoladas, ainda é muito comum o uso de fossas rudimentares (também conhecidas popularmente como fossas negras¹⁶), como comprovam os dados de pesquisas realizadas nas áreas rurais brasileiras (IBGE, 2014; PNSR, 2018 a). Esta solução é a mais econômica e simples e por isso continua sendo largamente empregada em regiões rurais e, eventualmente, em zonas urbanas (FUNASA, 2015), mas outros fatores como a aceitação cultural e o domínio da técnica também contribuem para a sua ampla ocorrência.

Depois das fossas rudimentares, o tanque séptico é a tecnologia mais utilizada nas áreas rurais do Brasil. A sua simplicidade construtiva e facilidade de manutenção tornaram essa a tecnologia descentralizada mais comum no mundo (Massoud, Tahini e Nasr, 2009). No entanto, a falta de manutenção dos tanques sépticos e sua construção inadequada podem tornar esta tecnologia tão impactante quanto as fossas rudimentares.

Mas além das tecnologias mencionadas anteriormente, há várias outras que podem ser utilizadas para o atendimento adequado das populações rurais, levando em conta os quatro principais objetivos do tratamento de esgoto, do ponto de vista sanitário, elencados pela FUNASA (2007):

- evitar o contato de vetores-fezes;
- evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento;
- promover novos hábitos higiênicos na população;
- promover o conforto e atender ao senso estético.

¹⁶ O termo fossa negra tem sido duramente rechaçado pelos movimentos sociais por soar pejorativamente. Infelizmente a maioria das publicações na área ainda mantém o uso do termo que aqui foi considerado sinônimo de fossa rudimentar.

Algumas pesquisas, manuais e políticas destacam as alternativas existentes e fazem a sua descrição. O Quadro **5.1** faz uma síntese das tecnologias sugeridas para o tratamento de esgoto na zona rural, segundo algumas pesquisas selecionadas. O quadro traz as nomenclaturas utilizadas nas obras ordinais.

Quadro 5.1. Tecnologias descentralizadas para o tratamento de esgoto em áreas isoladas ou comunidades rurais segundo diferentes publicações.

Publicação	Escopo dos sistemas e No. Tecnologias	Categorias (nomenclatura dada pelos autores da obra)	Opções de Tratamento (nomenclatura dada pelos autores da obra)
CETESB (1988)	Unifamiliares e agrupamentos pequenos/médios 13 tecnologias	1. Tanque séptico/ Filtro Anaeróbio 2. Lagoas 3. Disposição no solo 4. Digestor anaeróbio de fluxo ascendente 5. Valo de oxidação	1. Tanque séptico (de câmara única, em série ou sobreposta). Tanque Imhoff. Filtro Anaeróbio 2. Lagoas aeróbia, anaeróbia, facultativa, de maturação, aerada 3. Irrigação (aspersão, sulco e inundação), infiltração-percolação ou escoamento superficial 4. Upflow Anaerobic Sludge Blanket- UASB 5. Valo de oxidação
ABNT (1997)	Unifamiliares e agrupamentos pequenos/médios 06 Tecnologias	Não há. Todas as tecnologias complementam o tanque séptico.	Filtro Anaeróbio Filtro Aeróbio Submerso Filtro de Areia Vala de Filtração Lodo Ativado por Batelada-LAB Lagoa de Plantas Aquáticas
FUNASA (2015)	Unifamiliares e agrupamentos pequenos/médios 12 tecnologias	1. Domicílios sem abastecimento de água 2. Domicílios com abastecimento de água	1. Privada higiênica com fossa seca. Outros tipos de privadas higiênicas. Fossa de fermentação. Privada química. 2. Tanque séptico. Sumidouro. Fossa absorvente. Vala de infiltração. Valas de filtração e filtros de areia. Outras soluções (Biorremediação vegetal, Círculo de bananeiras)

Publicação	Escopo dos sistemas e No. Tecnologias	Categorias	Opções de Tratamento
Martinetti (2015)	Unifamiliars e agrupamentos pequenos (até 3 casas) 19 Tecnologias	1.Misto 2.Não Hídrico 3. Águas negras (com Tanque Séptico) 4. Águas negras (sem Tanque Séptico) 5. Águas Cinzas	1. Sistema de Reciclagem das águas. Sistema Comercial (MIZUMO) 2. Banheiro seco com recipientes móveis, de carrossel e de duas câmaras 3. Tanque séptico cominado com sumidouro. Vala de infiltração. Vala de filtração/filtro de areia. Filtro anaeróbio. Filtro aeróbio com agitação. Círculo de bananeiras. Poço de absorção. Fossa séptica biodigestora. Sistema modular 4. Biodigestor contínuo. Biodigestor intermitente 5. Sistema modular. Sistema circuito fechado. Plantas sobre campo de lixiviação
Tonetti et al. (2018)	Unifamiliars e semi-coletivas (até 20 pessoas) 15 tecnologias de tratamento e 03 de disposição final no solo	1.Esgoto doméstico (misto) 2.Água de vaso sanitário 3.Águas cinzas 4.Urina 5.Fezes 6.Urina + Fezes (sem aproveitamento)	1. Alagados construídos. UASB compacto. Tanque séptico. Filtro Anaeróbio. Filtro de areia. Vermifiltro. Biodigestor. Reator Anaeróbio Compartimentado. Biosistema integrado 2. Fossa Verde. Fossa séptica biodigestora. Todas as tecnologias (1) 3. Círculo de Bananeiras. Todas as tecnologias (1) 4. Estocagem e uso de urina 5. Banheiro seco compostável 6. Fossa seca
PNSR (2018 b)	Soluções coletivas ou Individuais	1.Coletivas 2.Individuais	1. Sistemas anaeróbios (Tanque séptico, UASB, Reator anaeróbio compartimentado, Filtro anaeróbio), Lagoas de estabilização, Wetland, Sistemas de disposição controlada no solo (Fertirrigação, Rampa de escoamento, Infiltração rápida), Filtro de areia, Filtro biológico percolador 2. Fossa seca, tanque de evapotranspiração, sumidouro/fossa absorvente, tanque séptico, vala de infiltração, Wetland, filtro anaeróbio, Filtro de areia, Círculo de Bananeira, Fertirrigação subsuperficial

No caso de soluções individuais ou unifamiliares para a zona rural, nem todas as opções mencionadas acima são adequadas. Algumas tecnologias podem exigir um grande volume de efluentes para que possam operar com eficiência. Outras precisam de profissionais preparados para a operação diária das unidades. Há aquelas que têm altas demandas de energia e de outros insumos. E há também as tecnologias comerciais que são complexas tecnicamente e de custo elevado.

As tecnologias mais adequadas à realidade do saneamento rural devem buscar melhorar as condições de saúde das comunidades por meio de técnicas simples e baixo custo, que respeitem a cultura e os conhecimentos locais, e que sejam ambientalmente sustentáveis (SUSANA, 2008). Nesse contexto, as tecnologias de base ecológica e as tecnologias sociais fornecem opções mais adequadas.

5.2.2 Saneamento Ecológico e a contribuição da Permacultura

O ecossaneamento ou Saneamento Ecológico (*Ecological Sanitation*) é uma proposta integrada de gestão de águas residuárias que se baseia no fechamento do ciclo do tratamento de esgoto, conectando-o com práticas de agricultura que proporcionam a ciclagem de nutrientes e de água, como alternativas a práticas de saneamento convencionais (Fonseca, 2008). O conceito saneamento ecológico é baseado em três estratégias (Fonseca, 2008): abordagem holística; integração entre soluções tecnológicas e de gestão; redução da poluição e outros impactos negativos a longo prazo.

Sistemas de saneamento ecológico podem envolver diferentes tecnologias que se utilizam de processos químicos, físicos e biológicos (Fonseca, 2008). A reutilização dos nutrientes presentes no esgoto na agricultura é uma das suas premissas, e essa prática aumenta a fertilidade do solo e a segurança alimentar, ao mesmo tempo que reduz o consumo e poluição de água (Münch *et al.*, 2009; Jenssen *et al.*, 2004).

Atualmente o principal programa de investigação de tecnologias aplicadas de ecossaneamento é o Ecosan, coordenado pelo Grupo de Cooperação Técnica Alemã (GTZ), que atua em 20 países (Fonseca, 2008). Dentre as estratégias destes programas

estão incluídas a implantação de projetos pilotos em comunidades e também processos educativos para a divulgação dos benefícios das tecnologias.

O saneamento ecológico também pode ser considerado um dos pilares da permacultura, área do conhecimento desenvolvida pelos cientistas australianos Bill Mollison e David Holmgreen na década de 70. O termo Permacultura (junção das palavras permanente e cultura) busca a integração harmônica entre seres humanos e o ambiente, de modo que as necessidades humanas sejam garantidas de maneira sustentável (Mollison, 1994).

A Permacultura oferece soluções para diferentes áreas, incluindo o tratamento de água e de esgoto. No caso específico do tratamento de águas residuárias, estas são normalmente tratadas separadamente como águas de vaso sanitário (ou *águas negras*) e águas cinzas sendo as últimas utilizadas em sistemas simples de irrigação de jardins e canteiros de forma direta (Ludwig, 2001). Algumas soluções oferecidas pela permacultura para o tratamento de esgoto como, por exemplo, Círculos de Bananeira ou Bacias de Evapotranspiração (Pamplona e Venturi, 2004) vem sendo cada vez mais difundidas, apesar de ainda serem pouco estudadas (Galbiati, 2009).

O conceito de sustentabilidade, base da permacultura, também pode colaborar para que práticas mais adequadas de saneamento sejam construídas (Martinetti, 2015) e algumas publicações na área de saneamento vêm incorporando-o recentemente. FUNASA (2018), por exemplo, elenca algumas tecnologias sustentáveis e que tem como princípio norteador o lema "*saneamento focado em recursos*". Em outra publicação organizada pela FUNASA, Teixeira, Folz e Shimbo (2013) contextualizam cinco aspectos da sustentabilidade para a realidade do saneamento em comunidades rurais. O **Quadro 5.2** traz estes conceitos.

Quadro 5.2. Aplicação dos cinco aspectos da sustentabilidade nas práticas de saneamento. Baseado em Teixeira, Folz e Shimbo (2013)

Dimensão da sustentabilidade	Aplicação nas práticas de esgotamento sanitário
Ecológica	Busca de soluções que favoreçam o fechamento dos ciclos biogeoquímicos, a conservação de água e solo, a recuperação de energia e o reuso e reciclagem de materiais
Social	Busca de soluções acessíveis a todos, de forma equitativa
Econômica	Busca de soluções com custos aceitáveis e bem distribuídos e que possam gerar economia, trabalho e renda
Política	Busca por soluções que incluam a participação das pessoas na tomada de decisão e na gestão dos processos. Busca por processos que gerem compreensão da realidade e acesso às informações
Cultural	Busca por soluções que respeitem o contexto local, as práticas, história, valores e “modo de ser” da comunidade

A compreensão do conceito de sustentabilidade e a participação dos usuários na tomada de decisão contribuem para a sustentabilidade do processo de escolha dos sistemas de tratamento de efluentes.

5.2.3 Tecnologias sociais

Além das ideias e fundamentos do saneamento ecológico, a base teórica das tecnologias sociais também pode auxiliar muito na busca por soluções adequadas para o esgotamento na zona rural.

Tecnologias sociais (TS) são “*produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social*” (RTS, 2017). Além de gerarem inclusão social, as tecnologias sociais também promovem o fortalecimento das práticas democráticas e da sustentabilidade (Dias, 2011) já que se ancoram em duas premissas fundamentais: a da participação e da sustentabilidade (Costa, 2013).

O surgimento das tecnologias sociais ocorre no Brasil no início dos anos 2000 e ganha força com a criação da Rede de Tecnologia Social (RTS) (Dagnino, 2009) e através da atuação da Fundação Banco do Brasil-FBB que criou um Banco de Tecnologias Sociais que difunde tecnologias já implementadas na resolução de problemas sociais. (Costa, 2013). As TSs passam a ser mais conhecidas na medida em que se apresentam como alternativas modernas, simples e de baixo custo para a solução de problemas estruturais em áreas diversas (Costa, 2013) como o tratamento de esgoto, por exemplo (Serafim e Dias, 2013).

No caso específico do tratamento de esgoto, várias tecnologias já ganharam o “selo” de TS, dentre elas o tanque de evapotranspiração, vermifiltro, banheiros compostáveis, sistemas de filtragem de águas cinzas, fossa séptica biodigestora e fossa séptica econômica (FBB, 2019). As duas últimas tecnologias foram detalhadas em publicação de Serafim e Dias (2013).

Para Dias (2011), a produção de tecnologias dessa natureza demanda não apenas à compreensão da tecnologia em si, mas das condições sociais e técnicas de determinado contexto. Em outras palavras, o desenvolvimento de um sistema ou tecnologia não é suficiente para auxiliar na resolução de problemas complexos, como a falta de esgotamento sanitário nas zonas rurais. É necessário, portanto, ir além do aspecto técnico.

5.2.4 A participação da comunidade no processo de escolha da tecnologia

Os casos exitosos relacionados ao saneamento compartilham características tais como o envolvimento governamental, o estabelecimento de relações sinérgicas entre experiências, a promoção de ações complementares àquelas diretamente ligadas ao saneamento e a participação ativa das comunidades (Dias, 2011). Além destas, o respeito à cultura e aos conhecimentos locais, o uso de técnicas de baixo custo e a organização da comunidade são também apontados como pontos chave a serem observados (Serafim e Dias, 2013).

Desde a década de 70 há um envolvimento crescente das comunidades na resolução de problemas que tecnologias convencionais não conseguiram resolver no âmbito do saneamento básico (Osorio e Espinosa, 2008). No Brasil, contudo, ainda se verifica um escasso envolvimento das comunidades que, em geral, pouco participam do processo de desenvolvimento de tecnologias e das políticas públicas que as viabilizam (Dias, 2011). Há exceções como demonstram, por exemplo, as experiências de sucesso do SISAR no Ceará e COPANOR em Minas Gerais, especialmente no âmbito do abastecimento de água potável a comunidades isoladas (Teixeira, 2014).

Vários trabalhos recentes na área do saneamento rural têm contado com metodologias e processos participativos. A própria elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural- PNSR vem sendo realizada com a participação de diversos atores e segmentos sociais, o que constitui um diferencial importante do programa (Serafim e Dias, 2013). Outros exemplos de pesquisas e projetos que envolveram a participação ativa da comunidade na escolha e implantação de tecnologias de tratamento de esgoto são Martinetti (2009) e Martinetti, Teixeira e Shimbo (2009 a; b) que trabalharam em assentamento rural em São Carlos/SP, Coelho (2013) que trabalhou em comunidades rurais do Ceará e Pires (2012) e Andrade, Oliveira e Rezende (2016) que trabalharam em assentamentos rurais de Minas Gerais.

A participação da comunidade na decisão sobre a tecnologia de tratamento de esgoto é essencial para o seu sucesso. Para Massoud, Tarhini e Nasr (2009), se houver participação popular no processo de escolha do sistema e se ela for envolvida no seu manejo, as chances dele ser efetivo é muito grande. Para estes autores, a tecnologia mais apropriada é aquela que é economicamente viável, ecologicamente sustentável e socialmente aceita (Massoud, Tarhini e Nasr, 2009).

Segundo o ReCESA (2009), para definição das opções tecnológicas de saneamento que atendam e satisfaçam as necessidades da população trabalhada, é necessário, antes de qualquer intervenção, o conhecimento das condições técnicas, sociais e culturais da comunidade, para se tomar a decisão definitiva, pois o serviço a ser implantado também deverá satisfazer as aspirações da população a ser beneficiada. Cada sociedade possui sua lógica e tecnologias próprias, suas formas de

identificar e entender os problemas também próprios, muitas vezes, diferentes das formas de entender dos técnicos, por isso precisam ser ouvidas, e só no diálogo isso é possível. Assim, a melhor solução para um problema não é necessariamente a mais econômica, a mais segura ou a mais moderna, mas, sim, aquela mais apropriada à realidade em que será empregada.

5.3 Objetivos

O objetivo geral desta seção é detalhar o processo de escolha e implantação das tecnologias de tratamento de esgoto em Pedra Branca.

São objetivos específicos deste capítulo:

- Descrever e avaliar o processo de escolha das famílias que receberiam as tecnologias;
- Descrever e avaliar o processo de escolha das tecnologias para o tratamento de esgotos domésticos;
- Descrever e avaliar as ações educativas de implantação e disseminação das tecnologias.

5.4 Metodologia

A metodologia desta fase da pesquisa foi dividida em quatro etapas, que serão descritas a seguir:

- Definição dos critérios para escolha das famílias e propriedades beneficiadas
- Elaboração de critérios e seleção de tecnologias de tratamento de esgoto
- Implantação das tecnologias
- Disseminação das tecnologias

5.4.1. Definição dos critérios para escolha das famílias e propriedades beneficiadas

A definição dos critérios para escolha das famílias e propriedades que receberiam os sistemas piloto foi realizada em parceria com a Associação de Moradores, conforme sugerido por Campolim, Soares e Feiden (2011).

Os critérios definidos foram baseados nos sugeridos por Martinetti (2009), quais sejam:

- Ter interesse na construção do sistema;
- Permitir a realização de oficina de capacitação na sua propriedade;
- Auxiliar na construção do sistema;
- Auxiliar a equipe durante a pesquisa.

Além destes, também seriam levados em consideração a participação prévia do morador nas atividades do projeto, a situação socioeconômica do proprietário e a precariedade do sistema de tratamento já existente.

A seleção das propriedades foi realizada em reuniões comunitárias divulgadas pela equipe da UNICAMP e Associação de Moradores. O conteúdo da reunião e

presença dos moradores foi registrado em livro-ata. A metodologia das reuniões foi construída com ferramentas participativas e de focalização de reuniões comunitárias baseadas em Bosh (2004), Faria e Ferreira Neto (2006) e ReCESA, (2009).

5.4.2 Elaboração de critérios e seleção de tecnologias de tratamento de esgoto

As tecnologias apresentadas por CETESB (1988), ABNT (1997), FUNASA (2015) e Martinetti (2015) (**Quadro 5.1**) serviram como base para a elaboração de um “cardápio de tecnologias” inicial. Os critérios de exclusão inicialmente elencados para realizar a pré-seleção do cardápio de tecnologias adequadas para a comunidade de Pedra Branca foram: alto custo e complexidade construtiva/ operacional.

No entanto, ao realizar essa primeira seleção, percebeu-se que era necessário se basear em outros critérios, ainda mais restritivos. A síntese de todos os critérios utilizados pelos pesquisadores durante esse processo, e suas justificativas, foi organizada no **Quadro 5.3**. As tecnologias que permanecerão no cardápio depois da aplicação dos novos critérios de exclusão serão apresentadas nos Resultados e Discussão.

A escolha das tecnologias se deu nas mesmas reuniões em que as famílias beneficiadas foram escolhidas. A partir da discussão com a comunidade, foram escolhidas as tecnologias que melhor se adequavam a cada caso específico. Esta discussão foi registrada em livro-ata.

Quadro 5.3. Critérios utilizados para excluir tecnologias individuais para tratamento de esgoto doméstico em Pedra Branca.

Critério de exclusão	Exemplos	Justificativa
Alto custo	Tecnologias comerciais, valos de oxidação, LAB*	Normalmente os moradores da zona rural não podem arcar com os custos altos na implantação, operação e manutenção das tecnologias
Tecnologias comerciais	Várias marcas/modelos	A exclusão de tecnologias comerciais se deve ao fato destas não serem tecnologias de reprodução livre. Além disso, muitas tecnologias comerciais estão atreladas à manutenção/operação “casada”
Complexidade construtiva ou operacional	Valo de oxidação, UASB**, LAB*, Biodigestores, valos de oxidação, tanque Imhoff	Tecnologias que dependem de mão de obra altamente capacitada ou de técnicos especializados tem alto custo de manutenção e operação e não tornam a comunidade independente
Dependentes de energia elétrica	Valo de oxidação, UASB**, lagoas aeradas, LAB*, filtro aeróbio submerso	Tecnologias dependentes de sistemas de bombeamento ou aeração necessitam de muita manutenção e gastam muita energia elétrica
Tecnologias sem uso de água	fossa seca, fossa de fermentação, banheiros secos e compostáveis e banheiros químicos	Não foram apresentadas tecnologias sem o uso de água pois havia água encanada em todas residências. Conversas prévias sobre o uso de banheiro seco não geraram entusiasmo na comunidade.
Tecnologias sem pesquisas ou pouco pesquisadas	sistema circuito fechado, sistema modular, Fossa absorvente/sumidouro.	Tecnologias que ainda não foram acompanhadas por pesquisas acadêmicas foram excluídas devido à falta de informação consistente sobre as mesmas
Tecnologias de disposição direta na superfície do solo	Irrigação com esgoto bruto, infiltração percolação e escoamento superficial	Estas tecnologias foram excluídas por apresentarem um risco maior de contaminação e uma demanda maior de monitoramento
Tecnologias para agrupamentos maiores (sistemas semi-coletivos)	Lagoas, ETE compactas, sistema reciclagem das águas	Apenas tecnologias aplicáveis a sistemas individuais ou com agrupamento de poucas casas foram escolhidas

*LAB: Lodos ativados por batelada **UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket (ou Reator Anaeróbio de Fluxo ascendente- RAFA)

5.4.3 Implantação das tecnologias

A implantação das tecnologias sociais foi realizada através oficinas práticas, realizadas no formato de mutirão (Campolim, Soares e Feiden, 2011; Martinetti, 2009). O preparo prévio do terreno e a finalização das obras foram realizadas pelos proprietários e equipe da UNICAMP.

Todas as oficinas práticas e mutirões foram precedidos de oficinas teóricas que abordaram o funcionamento e aspectos construtivos dos sistemas. Estes momentos de formação foram abertos para a participação da comunidade, alunos, instituições parceiras e público em geral. A divulgação das atividades aconteceu por telefone, email, whats app, comunicação pessoal e pela página no Facebook criada para comunicar as ações do projeto.

A avaliação destes momentos foi realizada por meio de listas de presença (controle do número de participantes), registro fotográfico e entrevistas. Questionários auto-aplicados compostos de questões fechadas e abertas (Gil, 2008) foram submetidos por email aos participantes das oficinas (Google form- **Apêndice 3**). Os beneficiários das tecnologias foram entrevistados pessoalmente e as entrevistas semi-estruturadas (Gil, 2008) contaram com um roteiro de perguntas (Gil, 2008) elaborado previamente e utilizado pelo entrevistador (**Apêndice 4**).

5.4.4. Disseminação das tecnologias

Para a disseminação das tecnologias foram realizadas oficinas (de conteúdo teórico e prático), além de elaborados diversos tipos de materiais educativos.

5.5 Resultados e Discussão

Seleção das famílias e propriedades beneficiadas

Foram realizadas duas reuniões comunitárias para a escolha das três propriedades¹⁷ que foram beneficiadas com sistemas de tratamento de esgoto em Pedra Branca, Campinas/SP (**Figura 5.1**). Na primeira reunião estavam presentes 09 moradores e membros da Associação e na segunda reunião 15.



Figura 5.1. A) Reunião comunitária realizada na base da Guarda Municipal em 25/08/2016 para a escolha do primeiro sistema. **B)** Reunião comunitária realizada no Clube Nipo em 03/11/2016 para a escolha do segundo e terceiro sistemas.

¹⁷ O projeto Saneamento Rural teve parte das suas ações financiadas através de recursos provenientes da Coordenadoria de Assuntos Comunitários/CAC UNICAMP. Estes recursos possibilitaram a construção e monitoramento de cinco sistemas implantados em Pedra Branca. Esta tese abordará três destes sistemas.

Diferentemente do que havíamos imaginado inicialmente, não foi necessário utilizar os critérios pré-determinados para realizar a escolha dos beneficiários já que apenas três moradores (Nestor Teatin, Katsou Morita e José Otávio Bigatto) se voluntariaram durante as reuniões. No entanto, um dos moradores que não pôde comparecer à segunda reunião manifestou, posteriormente, o desejo de receber um sistema. Nesse caso, a própria Associação de Moradores optou por dar preferência ao morador que esteve presente na reunião e os pesquisadores da UNICAMP respeitaram a sua decisão.

Trabalhar com os moradores que realmente sentiram vontade de participar se demonstrou uma escolha fundamental ao longo da pesquisa, já que foi necessário compromisso e dedicação durante a fase de implantação e monitoramento das unidades (**Seções VI, VII e VIII**). Não se pode forçar a participação. Para Teixeira, Folz e Shimbo (2013), é fundamental que a adesão dos participantes à pesquisa seja feita de forma livre, espontânea e esclarecida, minimizando assim os conflitos que podem surgir bem como a possibilidade de ruptura no desenvolvimento de ações.

Martinetti (2009) observou que a escolha das famílias beneficiadas com a instalação de sistemas de tratamento de esgoto por meio de sorteios se mostrou ineficaz. Já Coelho (2013), que também fez uma lista de prioridades para a escolha dos locais que receberiam os módulos de fossa verde implantados na zona rural do Ceará, observou que algumas famílias que tinham a necessidade de receber as melhorias sanitárias de acordo com um diagnóstico feito anteriormente por Pinheiro (2011), não demonstraram interesse e não tiveram suas casas contempladas com a construção de bacias de evapotranspiração. Abreu (2010) ressalta que para a escolha da família parceira na pesquisa com fossas sépticas biodigestoras, foi fundamental a manifestação do seu interesse e compromisso com a proposta.

A dinâmica de vida dos agricultores tem uma temporalidade própria, e a participação efetiva em processos como esse demanda um enorme compromisso e disposição. Mesmo assim, os moradores de Pedra Branca sempre demonstraram interesse pelo projeto Saneamento Rural, participando das suas ações e de reuniões. No entanto, os mesmos se demonstraram receosos em relação ao mau funcionamento

das unidades piloto e da dificuldade de manutenção das mesmas. Em uma das reuniões um dos moradores resumiu o sentimento dos demais dizendo que *“primeiro queremos ver funcionando no sítio dos outros, depois fazemos no nosso”*.

O fato dos moradores se mostrarem receosos em relação à implantação de novas tecnologias para o tratamento de esgoto não foi algo inesperado ou incomum. Martinetti (2009) acredita que a pouca aceitação de novas tecnologias de tratamento de esgoto se deve ao seu desconhecimento e consequente questionamento sobre sua eficiência. A mesma autora conclui que a participação em reuniões, palestras e outros momentos educativos possibilita o acesso a esse conhecimento e pode proporcionar uma mudança de hábito. De fato, essa mudança de atitude pôde ser percebida durante o andamento da pesquisa.

Um dos resultados positivos do projeto é que depois de realizar um trabalho de mais de três anos na comunidade, a barreira do *estranhamento* com o tema do saneamento parece ter sido vencida e a adesão dos agricultores a iniciativas nessa temática é agora mais numerosa. Isso pôde ser observado com a adesão voluntária ao *Programa de Saneamento Rural Sustentável* instituído pelo Plano Municipal de Saneamento Básico- PMSB de Campinas (Campinas, 2013 a e b) e ao *Subprograma de Pagamento pela Conservação das Águas e dos Recursos Hídricos- PSA Água* (Campinas 2015, 2017 a e b).

Em 2017 uma equipe da Prefeitura, com apoio da UNICAMP, reiniciou o contato com a comunidade de Pedra Branca com o intuito de implantar sistemas unifamiliares de tratamento de esgoto. Os primeiros contatos com a comunidade haviam sido realizados antes de 2014, mas o atraso com as compras dos materiais para a implantação de sistemas de tratamento de esgoto e a desconfiança em relação à proposta da prefeitura congelou o andamento das ações. No entanto, depois da realização do trabalho de campo e da realização das primeiras experiências práticas, a comunidade que antes via a iniciativa com receio, aderiu ao programa. Até janeiro de 2019, pelo menos 16 sistemas haviam sido doados pela Prefeitura (Fossas sépticas Biodigestores e Biodigestores Comerciais) (**Figura 5.2**) e foi aberta uma lista de espera que já registra o interesse de 17 proprietários que desejam receber mais 55 unidades.

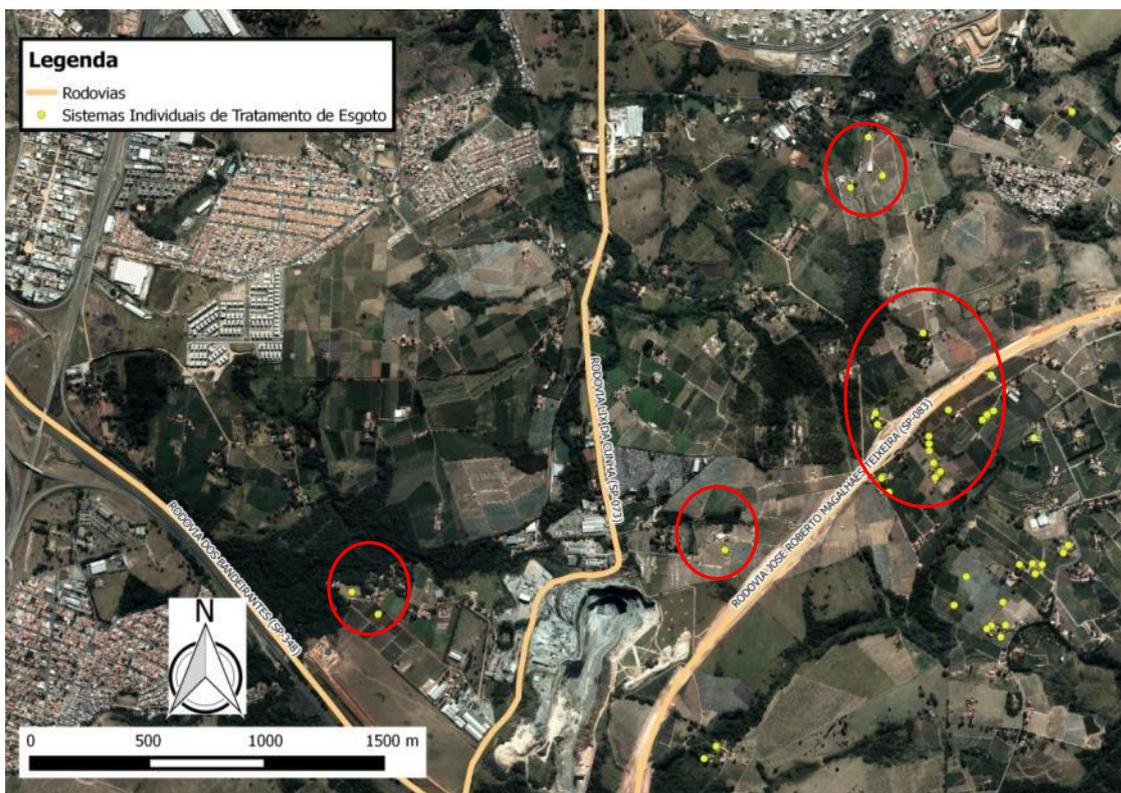


Figura 5.2. Sistemas unifamiliares de tratamento de esgoto (pontos amarelos) instalados ou em processo de instalação na região de Pedra Branca, por meio de iniciativa da Secretaria do Verde e Desenvolvimento Sustentável da Prefeitura de Campinas. Os sistemas circundados em vermelho são os da região de Pedra Branca, Campinas/SP.

Coelho (2013) também observou desconfiança em relação ao projeto de saneamento rural que foi desenvolvido em assentamento rural do Ceará. O interesse e aceitação das tecnologias propostas veio com o tempo, com a participação e mobilização da comunidade.

O papel da Universidade e de seus projetos de pesquisa e de extensão não é suprir o papel do estado na implantação de equipamentos de saneamento nas comunidades isoladas. No entanto, cabe à universidade auxiliar na mediação entre a população e o poder público, promover experiências inovadoras e trabalhar na mobilização e sensibilização da comunidade. Nesse sentido, o Projeto Saneamento Rural vem cumprindo com o seu papel buscando a integração dos seus participantes

com instituições parceiras para o desenvolvimento, aplicação e difusão de alternativas para o tratamento de esgoto adaptadas à realidade local (Madrid *et al.*, 2015). Além de estimular o entendimento da população sobre práticas sanitárias locais (**Seção IV**), as ações do projeto têm fomentado a busca por soluções e a participação ativa na mudança da realidade local. Mais do que estudar sobre os seus problemas, as comunidades precisam, de fato, resolvê-los (Demo, 2004).

Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto

Em relação à definição dos sistemas mais adequados para o tratamento do esgoto em Pedra Branca, esta seleção se mostrou mais complexa do que o esperado. Apesar de existirem muitas opções relatadas na literatura, quando aplicados filtros mais seletivos, são poucas as opções que realmente estão disponíveis para sistemas unifamiliares de baixo custo. As diferentes dimensões da sustentabilidade elencadas por Teixeira, Folz e Shimbo (2013) também foram de grande valia para orientar a escolha das tecnologias adequadas para Pedra Branca.

Dessa forma, das 35 tecnologias disponíveis na literatura brasileira¹⁸, apenas nove foram recomendadas neste trabalho, para este contexto específico.

Com a realização de uma etapa ampla de diagnóstico (**Seção IV**), foi possível conhecer melhor a realidade da região e assim propor alternativas em sintonia com as possibilidades locais. Teixeira, Folz e Shimbo (2013) alertam para a necessidade das técnicas propostas por projetos de saneamento serem adequadas à realidade e à conjuntura local.

O **Quadro 5.4** detalha as opções de tecnologia apresentadas à comunidade:

Quadro 5.4 Quadro comparativo com as tecnologias para tratamento de esgoto (águas de vaso sanitário ou esgoto doméstico misto) apresentadas à comunidade de Pedra Branca.

¹⁸ Foram contabilizadas apenas as tecnologias descritas por CETESB (1988), ABNT (1997), FUNASA (2015) e Martinetti (2015). Tonetti et al (2018) e PNSR (2018 b) não estavam disponíveis quando da execução desta etapa da pesquisa.

	Tipo de Esgoto	Vantagens	Desvantagens
Fossa séptica biodigestora	Apenas água de vaso sanitário	- Simples de construir - Permite uso do biofertilizante na agricultura - não produz lodo	- Necessita de esterco bovino mensalmente - Não é possível usar produtos de limpeza no vaso
Fossa séptica econômica	Esgoto misto ou águas de vaso sanitário	- Simples de construir	- Poucos estudos - Eficiência mediana - Produz lodo?
Tanque séptico + Filtro Anaeróbio	Esgoto misto, águas de vaso sanitários ou águas cinzas	- boa eficiência	- construção trabalhosa - produz lodo que precisa ser retirado
Tanque séptico + Filtro de Areia	Esgoto misto, águas de vaso sanitários ou águas cinzas	- ótima eficiência - produz água de reúso	- construção trabalhosa - produz lodo - raspagem da areia é necessária
Vermifiltro	Esgoto misto, águas de vaso sanitários ou águas cinzas	- fácil de manejar - produz húmus e minhocas	- poucos estudos sobre o sistema - remoção de húmus é frequente
Bacia de Evapotranspiração	Água de Vaso Sanitário	- não produz efluente final - produz bananas e outros alimentos	- construção trabalhosa - pode entupir/colmatar
Wetland	Esgoto misto, águas de vaso sanitários ou águas cinzas	- ótima eficiência - tem efeito ornamental	- construção trabalhosa - pode entupir/colmatar

Em relação ao processo de escolha das tecnologias pelos beneficiários, ele se mostrou bastante rico e coletivo. Depois de apresentadas as imagens das tecnologias e feitas as explicações iniciais sobre o seu funcionamento e construção, os moradores fizeram perguntas sobre os sistemas, e mais explicações eram dadas, ao mesmo tempo em que as dúvidas e as vantagens/desvantagens eram registradas em um flip chart. As principais dúvidas surgidas espontaneamente sobre as tecnologias eram sobre:

- Acúmulo de lodo nos sistemas (Há produção de lodo? Como ele deve ser removido? Qual o preço da extração de lodo? Qual a frequência da extração?)

- Necessidade e frequência de manutenção (O material filtrante deve ser trocado? Como devem ser plantadas as bananeiras? Como retirar as minhocas e húmus?)

- Qualidade do efluente final produzido (O esgoto tratado pode ser usado no pomar? As frutas que tiveram contato com o esgoto podem ser consumidas? O sistema pode ainda contaminar a água e solo?).

Depois desse momento, foi feito um exercício coletivo para, junto com o morador que seria contemplado, selecionar a alternativa mais adequada para ele. A primeira pergunta feita para auxiliar na seleção da tecnologia mais adequada era referente à segregação do efluente no domicílio (esgoto misto x águas de vaso sanitário) já que essa característica é essencial para direcionar o tipo de tecnologia disponível para cada caso. Depois disso, outros critérios como o tipo de solo e a altura do lençol freático foram utilizados. Informações coletadas durante a etapa de diagnóstico (**Seção IV**) deram suporte para esta atividade. Finalmente, critérios subjetivos como a identificação do proprietário com a tecnologia, desejo de fazer reúso e também a estética do sistema foram utilizados.

As tecnologias escolhidas durante esse processo e que foram alvo desta pesquisa são: fossa séptica biodigestora (FSB), bacia de evapotranspiração (BET) e tanque séptico seguido de filtro anaeróbio com recheio de coco ($T_{sep} + FA$). Estas tecnologias serão detalhadas nas **seções VI, VII e VIII**, respectivamente. As principais características de cada uma das propriedades beneficiadas encontram-se no **Quadro 5.5**.

Quadro 5.5. Quadro explicativo com as tecnologias para tratamento de esgoto escolhidas em Pedra Branca.

*P	Nº casas e Contribuintes	Tratamento de esgoto atual	Observações	Tipo efluente/Nome da Tecnologia
Sítio Nestor Teatin	Casa 1: 02 moradores e dois moradores extras ao longo do dia Casa 2: 02 moradores	Fossa rudimentar que já estava cheia	Poço freático de 8 m, a 20 m da fossa (quando chove, a altura do poço sobe muito) Já planta banana Sem caixa de gordura	Águas de Vaso Sanitário: Bacia de Evapotranspiração (BET)
				Águas Cinzas: Círculo de Bananeiras
Sítio K. Morita	Quatro moradores fixos	Fossa rudimentar a dois metros da casa, com risco de desbarrancamento e proliferação de vetores	Poço tubular profundo de 130 m Sem caixa de gordura	Águas de Vaso Sanitário: Fossa Séptica Biodigestora
				Águas cinzas : Caixa de Gordura + Vala de Bambu
Sítio J. Otávio Bigatto	Casa 01: 01 morador Casa 02: 1 morador + 01 funcionário Casa 3: 02 moradores	Despejo <i>in natura</i> em corpo de água	Poço tubular profundo de 60m Tem caixa de gordura	Efluente Misto: Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio de Coco Verde + Vala de Bambu

*P: proprietário beneficiado pelo projeto (local da implantação do sistema).

Martinetti (2009) também realizou a discussão das alternativas para o tratamento de esgoto em duas reuniões comunitárias onde foram apresentadas e discutidas algumas opções de tratamento. Já Faria *et al.* (2015) optaram por fazer a escolha da tecnologia de outra forma. Os autores fizeram visitas aos agricultores e em campo apresentaram vários modelos de sistemas simplificados de esgotamento sanitário, abordando suas vantagens/desvantagens e condições ambientais para a instalação.

O que pôde ser percebido durante o processo da escolha da tecnologia, é que existe uma grande lacuna de informação sobre as tecnologias disponíveis para o tratamento de esgoto na zona rural. A única tecnologia lembrada, além do tanque séptico cujo funcionamento e construção se misturam à da fossa absorvente, é a FSB desenvolvida pela EMBRAPA, tecnologia que tem ampla divulgação em diversos meios de comunicação. Nesse sentido, é fundamental que mais informação de qualidade

chegue aos agricultores para que eles possam fazer escolhas mais críticas e embasadas.

Martinetti (2009) também observou que viabilizar o acesso à tecnologias não convencionais para o tratamento de esgoto é uma das condições necessárias para a escolha e implantação de sistemas na zona rural. Para Teixeira, Folz e Shimbo (2013), o pesquisador, dentro de abordagens participativas, é alguém que pode trazer o conhecimento sobre as técnicas não convencionais para a comunidade.

Outro ponto observado durante o processo refere-se ao papel do pesquisador no processo da escolha das tecnologias. O papel do pesquisador como assessor neste processo envolve, além da oferta de subsídios, o acompanhamento da tomada de decisões e o desenvolvimento da intervenção local (Teixeira, Folz e Shimbo, 2013). Porém, mesmo quando o pesquisador tem um papel ativo, metodologias participativas colocam a comunidade em posição central, possibilitando que influenciem no desenho e implementação dos projetos (Bracagioli, 2014).

Outro fator importante, é que a escolha da tecnologia *mais adequada* é uma decisão pessoal que se fundamenta tanto em critérios subjetivos quanto em critérios objetivos. Cada agricultor ou proprietário rural tem uma bagagem cultural e uma percepção diferente e sua propriedade, por mais que esteja inserida no mesmo território, tem características ambientais peculiares. Não existe, portanto, *a tecnologia mais adequada*, e sim um *conjunto de tecnologias adequadas*.

É por isso que processos onde existem uma liberdade maior de escolha da tecnologia podem ser melhor recebidos e serem mais eficientes a longo prazo. Para Martinetti e Teixeira (2013), a participação no processo de escolha das alternativas para tratamento de efluentes faz com que suas características sejam conhecidas e dúvidas sejam sanadas, o que leva ao uso correto das tecnologias, contribuindo assim para alcançar bons resultados. No entanto, quando se trata de operacionalizar os conceitos de *participação* e *diversidade de possibilidades*, o caminho não é fácil. Encontrar formas de diversificar o leque de tecnologias oferecidas e dar autonomia para que cada proprietário possa fazer a sua escolha é um grande desafio que terá que ser vencido pelos municípios no caminho da universalização do saneamento rural.

Uma ferramenta que poderá ser de grande valia neste cenário é uma chave ou fluxograma para auxiliar na tomada de decisão em relação aos sistemas de tratamento de esgoto mais adequados em determinado contexto. Com base na experiência da escolha das tecnologias pelas famílias beneficiadas em Pedra Branca e no contexto da elaboração da publicação “Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções” (Tonetti *et al.*, 2018), foi feito um exercício para a elaboração de um fluxograma para a tomada de decisão sobre os sistemas de tratamento de esgoto disponíveis na zona rural¹⁹. A ideia é que o fluxograma seja uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão pelos usuários, gerando assim mais autonomia para o processo de escolha da tecnologia.

Os mesmos critérios apresentados no **Quadro 5.3** foram utilizados para fazer a construção do fluxograma, com exceção do critério “*tecnologias sem uso de água*” que foi incluído pelo seu apelo ecológico e porque a realidade de outras comunidades rurais pede esse tipo de solução.

O fluxograma proposto teve como base o apresentado por CETESB (1988) que foi modificado e adaptado para a realidade das comunidades isoladas, especialmente as localizadas em áreas rurais. Depois de pronta a primeira versão, a chave foi levada para campo para ser testada por dois agricultores de Pedra Branca. O fluxograma original sofreu então algumas alterações na sua linguagem e formato, e sua versão final foi publicada em Tonetti *et al.* (2018). A **Figura 5.3** traz o fluxograma elaborado.

Embora o fluxograma não tenha sido utilizado de modo direto durante a pesquisa, ele foi desenvolvido e aperfeiçoado com base nos critérios de escolha de tecnologia utilizados em Pedra Branca e foi testado e aperfeiçoado em campo.

¹⁹ Participaram dessa elaboração coletiva: Adriano Luiz Tonetti, Francisco José Peña y Lillo Madrid, Isabel Campos Salles Figueiredo, Jerusa Schneider, Luana Mattos de Oliveira Cruz, Natália Cangussu Duarte, Raúl Lima Coasaca e Taína Martins Magalhães (UNICAMP) e também colaboraram Patrícia Moreno Fernandes e Ana Lúcia Brasil (ABES-SP) e Rodrigo Sanches Garcia (GAEMA/Campinas).

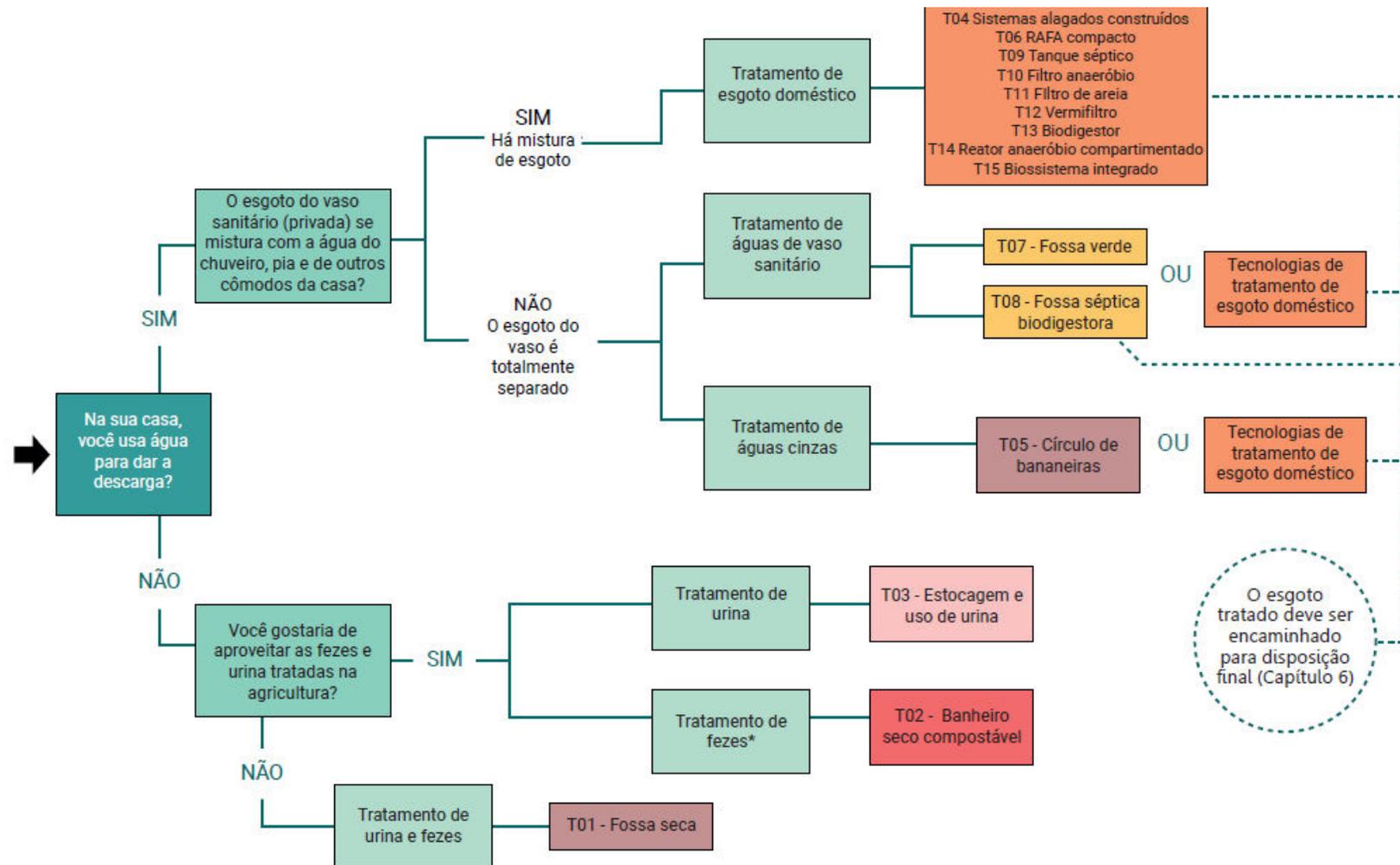


Figura 5.3. Fluxograma de apoio para tomada de decisão acerca da tecnologia para tratamento de esgoto doméstico em comunidades isoladas. (Fonte: Tonetti et al., 2018, disponível em <http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/livro/>).

Implantação das tecnologias

Depois de escolhidas as tecnologias, iniciou-se o momento de implantá-las. A construção dos sistemas na comunidade rural de Pedra Branca ocorreu por meio da realização de oficinas práticas organizadas na forma de mutirão.

O mutirão pode ser definido como uma forma de mobilização coletiva para realizar determinada atividade, baseando-se na ajuda mútua prestada gratuitamente (Faria et al., 2015). Várias pesquisas na área de implantação de sistemas alternativos de tratamento de esgoto fazem uso de mutirões para a construção dos sistemas. Como exemplo temos Faria *et al.* (2015) e Pires (2012) em Minas Gerais, Lima *et al.* (2013) no Distrito Federal, Martinetti (2009) em São Paulo.

Para Faria *et al.* (2015), o objetivo da realização da construção na forma de mutirão é promover a apropriação do conhecimento pelos participantes e permitir que a família beneficiada aprenda o processo construtivo e seja capaz de fazer qualquer tipo de manutenção que o sistema exigir, além de poder ajudar na construção de outros sistemas nas propriedades vizinhas. Além disso, o mutirão também proporciona uma redução no custo de implantação do sistema, reduzindo gastos com mão de obra (Faria *et al.*, 2015).

Foram realizados três mutirões diferentes, um para cada tecnologia implantada. Os mutirões tinham a duração de um período (manhã ou tarde) e eram precedidos de uma oficina teórica sobre o mesmo sistema. Nestas oficinas eram mostradas imagens dos sistemas e eram dadas explicações sobre o seu funcionamento, eficiência e aspectos construtivos. Além de aulas expositivas, também eram realizadas atividades de caráter mais prático durante as oficinas, como a construção de maquetes (**Figura 5.4**), a observação de protótipos dos sistemas e de materiais e a realização de cálculos relacionados ao dimensionamento.

Os mutirões realizados foram gratuitos, sendo pedida apenas uma contribuição para um lanche coletivo. Os participantes dos mutirões incluíram membros da comunidade e associação, agricultores de outras regiões, membros do grupo de pesquisa da UNICAMP, alunos de diversas instituições, membros de prefeituras e

empresas e interessados em geral. As **Figuras 5.5, 5.6 e 5.7** trazem imagens dos três mutirões realizados em Pedra Branca.



Figura 5.4. Oficina teórica sobre BET. **(A)** Materiais utilizados na elaboração de maquetes. **(B)** Maquetes sendo construídas em grupos.



Figura 5.5. Imagens do mutirão de construção da bacia de evapotranspiração (BET) realizado em 08/10/2016 com 27 participantes.



Figura 5.6. Imagens do mutirão de construção da fossa séptica biodigestora (FSB) realizado em 02/12/2016 com 30 participantes.



Figura 5.7. Imagens do mutirão de construção do tanque séptico seguido de filtro anaeróbio com recheio de coco verde realizado em 11/03/2017 com 47 participantes.

Apesar de ser uma novidade para a comunidade de Pedra Branca, a opinião sobre essa forma de construir as tecnologias foi positiva. As entrevistas semi-estruturadas realizadas com os moradores das casas que receberam os sistemas piloto, realizadas no final do projeto, trouxeram muitas informações interessantes.

Para Nena (BET) o mutirão se mostrou importante pois *“se fizesse sozinho levava muito tempo. Naquela turma que veio, fez num instantinho”*. Para Nestor (BET) o mutirão rendeu porque contou com um *“pessoal trabalhador. Gostei da turma, puseram a mão na massa”*. Para Luzia (FSB), a inovação teve repercussão na forma de aprender: *“o mutirão foi bom porque todos estavam estudando o projeto, assim deu pra aprender”*. Domingos (T_{sep} + FA) também acredita que esta forma de construir trouxe uma nova forma de fazer junto já que *“cada um dava uma opinião e todo mundo ajudou”*. Para Bigatto (T_{sep} + FA) a oficina prática também foi uma *“forma de conscientização da população com relação as questões ambientais e seus impactos”*. O único negativo levantado por Antônio (FSB) é o sentimento que o mutirão fez surgir nele: *“foi um pouco envergonhado, porque a gente não tem conforto pra dar para as visitas”*.

Em relação à avaliação dos participantes dos mutirões, foram obtidas 27 respostas no preenchimento do questionário online (Google form), o que correspondeu a 54 participações em oficinas já que algumas pessoas participaram de mais de uma atividade. Os questionários avaliaram as oficinas teóricas e práticas.

A **Figura 5.8** mostra a forma pela qual os participantes ficaram sabendo das atividades. Pode-se perceber o papel importante da divulgação na internet, whatsapp e página no Facebook que juntos são responsáveis por 59% da divulgação das oficinas. Apesar destas ferramentas terem grande alcance de público, elas são restritas e quase não acessam determinados grupos específicos. Por isso é necessários diversificar as formas de comunicação e divulgação das atividades.

Apenas 11% dos participantes soube das atividades através do contato direto com os pesquisadores ou através de informações divulgadas em reuniões do Projeto Saneamento Rural.

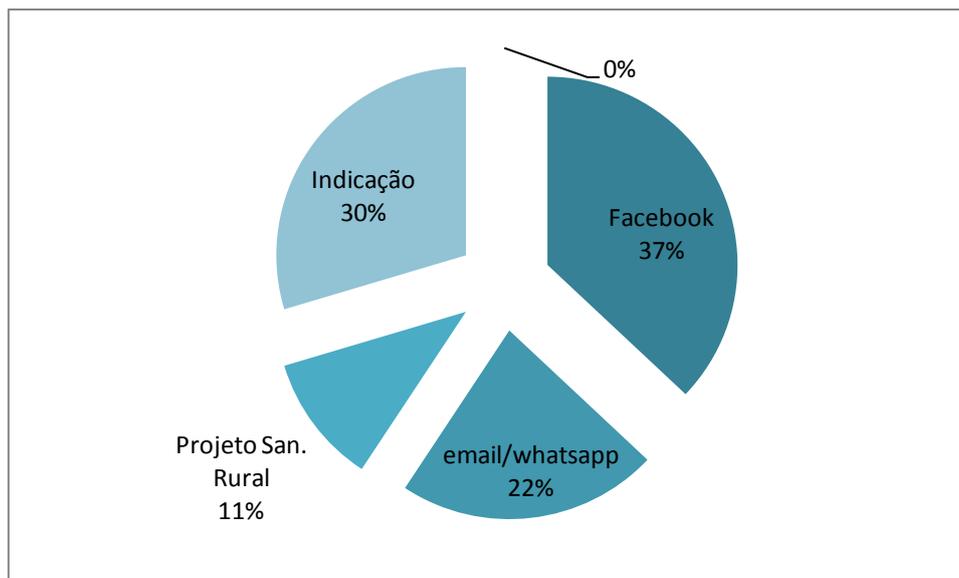


Figura 5.8. Respostas à pergunta “Como ficou sabendo da oficina?”.

A opinião de quem participou das oficinas foi bastante positiva, e o que mais se destacou foi a importância da junção da teoria com a prática, ou seja, a possibilidade de colocar em prática os conhecimentos que foram debatidos nas aulas e atividades das oficinas teóricas. O **Quadro 5.6** organiza o feedback positivo das oficinas.

Em relação às opiniões de quem não funcionou nas atividades, a maior parte das respostas avalia que a oficina foi muito boa e que não tem sugestões. No entanto, também são mencionados alguns problemas na organização e andamento das atividades e a pouca participação de produtores rurais. O **Quadro 5.7** organiza o feedback negativo das oficinas.

Quadro 5.6. Sistematização das respostas à pergunta “Na sua opinião, o que foi bom na oficina?”. Uma mesma resposta pode ter sido desmembrada em várias partes diferentes.

<i>“Na sua opinião, o que foi bom na oficina?”</i>	Frequência
<p>Boa prática (aprender na prática, aprender fazendo, colocar a mão na massa, construir)</p> <p><i>“O legal da prática foi poder aprender colocando a mão na massa mesmo”</i></p> <p><i>“A oportunidade de presenciar a obra em execução com suas dificuldades”</i></p> <p><i>“A experiência de construir, manipular ferramentas que nunca usei”</i></p>	18
<p>Boa teoria (informações importantes, boa instrução e conhecimentos teóricos)</p> <p><i>“Excelente explanação de todo o processo de construção e os benefícios que as fossas fazem ao meio ambiente e à comunidade como um todo”</i></p> <p><i>“A descoberta de um modelo de coleta e tratamento de águas negras que ampliou muito a minha visão de possibilidades quando se trata de saneamento e meio ambiente”</i></p>	15
<p>Boa didática/professores (explicações claras, dúvidas esclarecidas, atividades interessantes)</p> <p><i>“Aulas práticas e teóricas bem didáticas”</i></p> <p><i>“Além das pessoas tutoras serem muito claras e pacientes para nos ensinar como fazer”</i></p> <p><i>“Pessoas atenciosas para dar esclarecimentos sobre o que estava sendo feito”</i></p>	06
<p>Boa interação (participação nas discussões e atividades, interação com agricultores)</p> <p><i>“A presença de professores e produtores foi essencial para o aprendizado”</i></p> <p><i>“Foi legal também ver o envolvimento da população local”</i></p> <p><i>“A socialização de todos”</i></p>	05
<p>Boa organização (dia da semana escolhido, organização geral dos eventos)</p> <p><i>“Organização muito bem feita”</i></p> <p><i>“O dia escolhido (sábado) também permitiu a participação das pessoas que não podem estar presentes durante a semana”</i></p>	02

Quadro 5.7. Sistematização das respostas à pergunta “Na sua opinião, o que não foi tão bom e que poderia melhorar?”. Uma mesma resposta pode ter sido desmembrada em várias partes diferentes.

“Na sua opinião, o que não foi tão bom e que poderia melhorar?”	Frequência
Nada (tudo foi bom, não tenho sugestões)	11
Organização (local das atividades, transporte, organização no mutirão, datas das oficinas) <i>“As tubulações das instalações sanitárias na parte final estavam enterradas, dificultando sua localização”</i> <i>“Sala pequena na teórica de Evapotranspiração. Calor na sala pra aula de tanque séptico”</i> <i>“A falta de aviso para ir com roupa mais adequada como calças compridas, tênis e levar luvas e boné. Não sabia qual era o lugar que iríamos trabalhar por isso não estava preparada”</i>	08
Pouca participação agricultores (explicações claras, dúvidas esclarecidas, atividades interessantes) <i>“Na minha opinião, deveria melhorar, e muito, o interesse dos agricultores em geral em participar e implantar algum tipo de fossa. Sei que é difícil, mas como produtor rural, temos que ver o futuro, principalmente quando o assunto é qualidade de água”</i> <i>“Deveriam ter mais moradores de regiões carentes e rurais”</i>	03
Não sei/Não respondeu	03

O uso de questionários auto-aplicáveis talvez não tenham sido a melhor forma de avaliar as oficinas mas foi a forma encontrada para não atrapalhar o andamento dos mutirões que foram bastante curtos e intensos.

Outro problema com esse tipo de avaliação é que ela não chegou à maioria dos moradores de Pedra Branca, já que estes nem sempre tinha email ou o acessava com frequência e desenvoltura. As próximas atividades realizadas pelo Projeto Saneamento Rural precisam repensar a forma de avaliar as atividades práticas.

Disseminação das tecnologias

Em relação à disseminação das tecnologias implantadas em Pedra Branca, esta aconteceu de forma e em momentos diferentes.

As oficinas teóricas e mutirões, além de serem formas de implantar as tecnologias, também foram momentos educativos que possibilitaram a capacitação dos participantes para a implantação das tecnologias debatidas. À partir do questionário virtual respondido por alguns participantes das oficinas (**Apêndice 3**), foi possível perceber que quase 60% já estava disseminando os conteúdos e práticas aprendidos, especialmente na construção de sistemas nas propriedades rurais, mas também na assessoria a outros agricultores e no desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso, pesquisas acadêmicas e práticas docentes relacionada ao tema do saneamento. A **Figura 5.9** traz estes resultados.

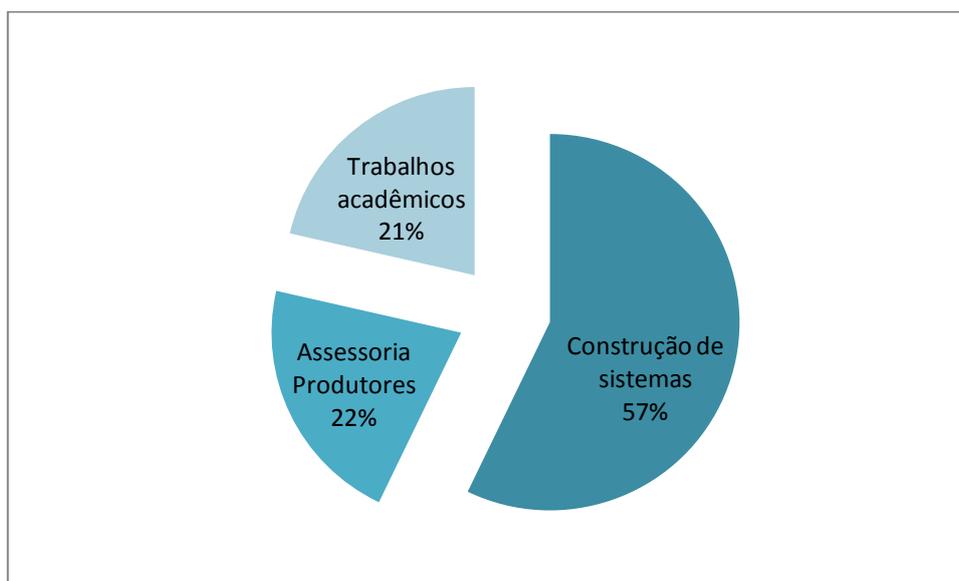


Figura 5.9. Formas de disseminação dos conhecimentos adquiridos nas oficinas do Projeto Saneamento Rural.

Além de ter ocorrido durante a etapa de implantação dos sistemas de tratamento, também houve a produção e divulgação de duas cartilhas sobre os sistemas implantados em Pedra Branca.

Uma das cartilhas abordava a bacia de evapotranspiração e círculo de bananeira: cartilha “Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras” (Figueiredo, Silva e Tonetti, 2018). A outra abordou o sistema composto por tanque séptico, filtro anaeróbio com recheio de coco verde e disposição final em vala de bambu: cartilha “Tratamento de esgoto na zona rural: tanque séptico, filtro de coco e vala de bambu” (Figueiredo, Magalhães e Tonetti, 2018).

Além das cartilhas, quatro vídeos também foram produzidos pela equipe de alunos do projeto e disponibilizados na plataforma Youtube que possui 286 inscritos. Os vídeos tinham como objetivo a apresentação do Projeto Saneamento Rural e a divulgação das tecnologias implantadas em Pedra Branca. Destacou-se o vídeo específico sobre as tecnologias bacia de evapotranspiração e círculo de bananeiras que já tem mais de 25.622 visualizações.

Também foi elaborado um site sobre o projeto Saneamento Rural que reúne artigos, teses e dissertações produzidas pelo grupo de professores e alunos sobre o tema do saneamento rural, as cartilhas e os vídeos produzidos com base na experiência vivida em Pedra Branca, além da publicação “Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para escolha de soluções” (Tonetti et al., 2018) e outras informações sobre tecnologias de tratamento de esgoto, disposição final e tratamento de lodo na zona rural.

Desde o início das ações de campo foi criada uma página no facebook para a divulgação das ações e produtos gerados pelo projeto, e também para possibilitar a comunicação dos pesquisadores com os moradores de Pedra Branca e outros interessados no projeto.

O **Quadro 5.8** organiza todas as ações de disseminação das tecnologias e o seu alcance até a data de fechamento desta tese (25/01/2019).

Quadro 5.8. Resumo das atividades relacionadas à disseminação das tecnologias e informação no Projeto Saneamento Rural e seu alcance.

	Descrição	Imagem	Alcance
Oficinas	<p>Oficina teórica sobre os sistemas Bacia de Evapotranspiração e Círculo de Bananeiras.</p> <p>Data: 16/09/2016</p> <p>Duração: 03 horas</p>		22 participantes
	<p>Oficina prática sobre os sistemas Bacia de Evapotranspiração e Círculo de Bananeiras.</p> <p>Data: 08/10/2016</p> <p>Duração: 3:30 horas</p>		27 participantes
	<p>Oficina teórica e prática sobre os sistemas FSB e Vala de Bambu.</p> <p>Data: 02/12/2016</p> <p>Duração: 02:30 horas</p>		30 participantes
	<p>Oficina teórica sobre os sistemas Tanque séptico, Filtro de anaeróbio de coco e Vala de Bambu</p> <p>Data: 10/03/2017</p> <p>Duração: 03 horas</p>		41 participantes
	<p>Oficina prática sobre os sistemas Tanque séptico, Filtro de anaeróbio de coco e Vala de Bambu</p> <p>Data: 11/03/2017</p> <p>Duração: 04 horas</p>		47 Participantes

	Descrição	Imagem	Alcance
Internet	<p>Site projeto “Saneamento Rural”</p> <p>Site com as publicações do grupo, vídeos e tecnologias.</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/</p>		<p>35.908 visualizações</p> <p>11.891 visitas</p>
	<p>Facebook Projeto Saneamento Rural</p> <p>Página que divulga as ações e eventos do projeto</p> <p>https://www.facebook.com/SaneamentoruralUNICAMP/</p>		<p>570 pessoas seguindo</p>
Cartilhas	<p>Cartilha “Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras”</p> <p>28 páginas</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/cartilhas-e-videos/</p>		<p>700 unidades impressas</p> <p>1105 downloads</p>
	<p>Cartilha “Tratamento de esgoto na zona rural: tanque séptico, filtro de coco e vala de bambu”</p> <p>28 páginas</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/publicacoes/cartilhas-e-videos/</p>		<p>700 unidades impressas</p> <p>1076 downloads</p>
Vídeos	<p>Vídeo “Fossa verde e círculo de bananeiras- Proj Saneamento Rural/UNICAMP”</p> <p>Duração: 00:07</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/galeria/videos/</p>		<p>25.622 visualizações</p>

Descrição	Imagem	Alcance
<p>Vídeo “Projeto Saneamento Rural Unicamp” Duração: 00:10</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/galeria/videos/</p>		<p>263 visualizações</p>
<p>Vídeo “Tanque séptico, filtro de coco e vala de bambu- Proj Saneamento Rural/UNICAMP” Duração: 00:06</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/galeria/videos/</p>		<p>377 visualizações</p>
<p>Vídeo “Fossa séptica biodigestora e vala de bambu- Proj Saneamento Rural/UNICAMP” Duração: 00:06</p> <p>http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/index.php/galeria/videos/</p>		<p>415 visualizações</p>

Apesar de estes conteúdos estarem se espalhando para um grande número de pessoas e com uma grande velocidade, alguns membros da comunidade local tem um acesso limitado a eles. Por isso foi organizada uma reunião de encerramento da pesquisa onde foram mostrados os vídeos e feita a distribuição das cartilhas. A reunião que teve a presença de 35 moradores de Pedra Branca também sinalizou o fechamento da primeira fase do projeto Saneamento Rural.

Apesar da *internet* ser uma ferramenta importante na disseminação de tecnologias e novos conhecimentos, a forma mais eficaz para a disseminação das tecnologias localmente foi a participação efetiva nas atividades realizadas pelo projeto, especialmente nas oficinas práticas. A partir da participação nestas atividades, pelo menos quatro moradores implantaram, de forma autônoma e com recursos próprios, algumas das tecnologias trabalhadas durante o projeto, especialmente as valas de

bambu para tratamento de águas cinzas²⁰ mas também os círculos de bananeiras, a BET para tratamento de águas de vaso sanitário e também a FSB (**Figura 5.10**). Muitos outros moradores também aderiram ao projeto de saneamento rural que está sendo implementado pela Prefeitura Municipal de Campinas tendo recebido e instalado sistemas de tratamento em suas propriedades, como já foi debatido anteriormente (**Figura 5.2**).



Figura 5.10. Sistemas de tratamento de esgoto implantados espontaneamente à partir da participação nas oficinas. **A)** Vala de bambu para tratamento de águas cinzas (Sérgio Shimoda). **B)** Bacia de evapotranspiração para tratamento de águas de vaso sanitário (Karoline Nakamura).

²⁰ A vala de bambu é uma modificação da tradicional vala de infiltração (ABNT, 1997), que faz uso de bambu como material suporte (Figueiredo, Magalhães e Tonetti, 2018).

Os bons resultados alcançados pelo projeto vão ao encontro do que propõe Teixeira, Folz e Shimbo (2013). Para os autores a inovação tem a ver com a forma de abordar “velhos problemas”, usando técnicas mais sustentáveis e contando com a participação ativa da comunidade interessada na fase de projeto, implantação e operação das tecnologias.

5.6 Conclusões

O processo de escolha das famílias e propriedades beneficiadas foi diferente do que a equipe esperava. Devido aos poucos voluntários para receber os sistemas piloto, os critérios pré-elaborados não precisaram ser utilizados e não foi necessário “escolher” os participantes.

Foi importante não forçar a participação nesse momento (e em nenhum outro ao longo do processo de pesquisa participante instalado em Pedra Branca) e o respeito à adesão livre é uma estratégia para minimizar conflitos e problemas ao longo do desenvolvimento de projetos como esse. Ao longo do desenvolvimento das ações, a adesão dos moradores aconteceu naturalmente e de forma bem esclarecida, tendo se traduzido na grande receptividade ao programa de saneamento rural desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Campinas e pela construção independente de sistemas de tratamento de esgoto disseminados pelo projeto.

Quanto à escolha das tecnologias que foram implantadas, esta aconteceu depois da troca de conhecimentos sobre algumas opções possíveis para a realidade local. Estas opções formaram um cardápio de tecnologias que foi produzido a partir da exclusão de tecnologias disponíveis para comunidades isoladas usando-se os seguintes critérios: alto custo, complexidade construtiva e operacional, tecnologias comerciais, dependentes de energia elétrica, sem uso de água, tecnologias sem pesquisas ou pouco pesquisadas, disposição direta na superfície do solo, tecnologias semi-coletivas.

A escolha da tecnologia em cada um dos três casos levou em conta aspectos objetivos relativos à separação do esgoto na residência, altura do lençol freático e o

tipo de solo. Mas quesitos mais subjetivos também foram levados em conta como a identificação com a tecnologia. A escolha foi feita pelo proprietário e os pesquisadores atuaram dando suporte técnico para a escolha.

A implantação das tecnologias se deu por meio de oficinas teóricas (duas) e oficinas práticas (três) construídas no formato de mutirão. A avaliação destes mutirões mostrou que a união da teoria com a prática é um fator decisivo para a aprendizagem. Além disso, a possibilidade de estar em contato com os agricultores, alunos e professores também foi avaliada positivamente.

Além das oficinas, outras atividades também contribuíram para a disseminação das tecnologias trabalhadas pelo Projeto Saneamento Rural em Pedra Branca. A produção de duas cartilhas, quatro vídeos e a manutenção de uma página no Facebook e de um site com divulgação ampla contribuíram para a disseminação dos conhecimentos. No entanto, apesar da internet ser uma ferramenta valiosa para divulgar boas ideias, seu uso é restrito em alguns contextos. No caso específico de Pedra Branca, o maior diferencial para o engajamento dos agricultores e moradores locais foi a participação em atividades presenciais desenvolvidas pelo projeto.

5. 7 Referencias Bibliográficas

- ABNT. 1997. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação - NBR 13969**. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro.
- Abreu, N. F. et al. 2010. **Apropriação Participativa da Tecnologia Fossa Séptica Biodigestora: Olhares Múltiplos**. 5º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal. Corumbá/MS.
- Andrade, A. M.; Oliveira, L. A. D.; Rezende, A. A. P. **Metodologias participativas e saneamento rural na zona da mata de Minas Gerais**. In: Cadernos de Agroecologia. Anais do II SNEA, Vol. 12, Nº 1, Jul. 2017.
- Bosh, E. R. 2004. **Caderno de propostas: métodos e atitudes para facilitar reuniões participativas**. 2ª edição rev. e ampl. São Paulo: Coordenadoria de Orçamento Participativo da Prefeitura de São Paulo: Fundação Friedrich Ebert/ ILDES.
- Bracagioli, Alberto. 2014. **Métodos participativos na extensão rural: processos e práticas**. In: Pesquisa em Desenvolvimento Rural: aportes teóricos e proposições metodológicas. Conterato M. A., Radomsky G. F. W., Schneider S. (org). Editora UFRGS.
- Campinas. 2013 a. **Decreto Municipal nº 18.199 de 19 de dezembro de 2013**. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências.
- Campinas. 2013 b. **Plano Municipal de Saneamento Básico – Campinas/SP – Produto 3: Programas e Ações**. Disponível em: <http://campinas.sp.gov.br/arquivos/meio-ambiente/plano-saneamento/p3-programas-aco.es.pdf>.
- Campinas. 2015. **Lei Nº 15.046 de 23 de julho de 2015**. Institui o programa de pagamento por serviços ambientais, autoriza o poder executivo municipal a prestar apoio aos proprietários rurais e urbanos determinados pelo programa e dá outras providências.

- Campinas. 2017 a. **Decreto Nº 19.441 de 14 de março de 2017**. Regulamenta o subprograma de pagamento pela conservação das águas e dos recursos hídricos-PSA Água, instituído pela Lei Nº 15.046 de 23 de julho de 2015.
- Campinas. 2017b. **Resolução Nº 01 de 18 de abril de 2017**. Estabelece os critérios de elegibilidade para avaliação do enquadramento legal das propriedades submetidas ao PSA Água.
- Campolin, A. I.; Soares, M. T. S.; Feiden, A. 2011. **Seleção, implantação, validação e apropriação da tecnologia fossa séptica biodigestora em assentamentos de reforma agrária**. Corumbá: Embrapa Pantanal. 5p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 88).
- Coelho, C. F. **Impactos socioambientais e desempenho do sistema fossa verde no assentamento 25 de maio, Madalena (CE)**. Dissertação de Mestrado (UFC). 112 p.
- Costa, A. B. 2013. **Tecnologia social e Políticas públicas**. Instituto Pólis; Fundação Banco do Brasil.
- Dagnino, Renato Peixoto. 2009. **Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade**. Campinas, SP: IG/UNICAMP.
- Demo, Pedro. 2004. **Pesquisa participante: saber pensar e intervir juntos**. Brasília: Liber Livro Editora.
- Dias, R. B. 2011. **Tecnologias sociais e políticas públicas: lições de experiências internacionais ligadas à água**. Inc. Soc., Brasília, DF, v. 4 n. 2, p.56-66, jan./jun. 2011.
- Faria, A. A. C, Ferreira Neto, P. S. 2006. **Ferramentas do diálogo- qualificando o uso de técnicas do DRP: diagnóstico rural participativo**. Brasília: MMA. IEB.
- Faria, D. M. et al. **Construção participativa de sistemas individuais de esgotamento sanitário em comunidades rurais**. V Congresso Latinoamericano de Agroecologia.

- FBB. Fundação Banco do Brasil. 2019. **Banco de Tecnologias Sociais**. Disponível em: <http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/principal.htm>. Último acesso em 02/01/2019.
- Figueiredo, I. C. S.; Santos, B. S. C.; Tonetti, A. L. 2018. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Campinas: Biblioteca Unicamp. 28 p.
- Figueiredo, I. C. S.; Magalhães, T. M.; Tonetti, A. L. 2018. **Tratamento de esgoto na zona rural: tanque séptico, filtro de coco e vala de bambu**. Campinas: Biblioteca Unicamp. 28 p.
- Fonseca, A. R. 2008. **Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil**. Dissertação (mestrado). Rio de Janeiro.
- FUNASA. 2007. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento: orientações técnicas**. 3ª Edição. Brasília: Funasa.
- FUNASA. 2015. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4ª edição. Brasília: Funasa.
- FUNASA. 2018. Ministério de Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos**. Brasília: Funasa. 50 p. Eds: Paulo, P.L.; Galbiati, A.F.; Magalhães, F.J.C.
- Galbiati, Adriana Farina. 2009. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação (mestrado). Campo Grande, MS.
- CETESB. 1988. **Opções para tratamento de pequenas comunidades**. Gasi, Tânia Maria Tavares (org). São Paulo: CETESB.
- Gil, A. C. 2008. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas.
- IBGE. 2014. **Pesquisa Nacional por amostra de domicílios Volume 33 2013**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 133p.
- Jenssen, P. D. *et al.* 2004. **Ecological sanitation and reuse of wastewater- ecosan. A thinkpiece on ecological sanitation**. The Agricultural University of Norway.

- Ludwig, Art. 2001. ***Create an oasis with greywater: choosing, building, and using Greywater Systems.*** Asociación Nacional del Café, Guatemala (Guatemala).
- Madrid, F. J. P y L, Figueiredo, I; C. S., Ferrão, A. M. de A., Tonetti, A. L. 2015. ***Metodologia de desenvolvimento eco-sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado.*** Revista Monografias Ambientais - REMOA v.14, n.1, Jan-Abr. 2015, p.101-105
- Martinetti, T. H. 2009. ***Análise de estratégias, condições e obstáculos para implantação de técnicas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais. Caso: assentamento rural Sepé-Tiaraju, Serra Azul/SP.*** Dissertação de mestrado. São Carlos: UFSCAR. 228 p.
- Martinetti, T. H. 2015. ***Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares.*** Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 310 p.
- Martinetti, T. H.; Teixeira, B. A. do N. 2013. ***Tratamento de esgoto.*** In: Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências / Fundação Nacional de Saúde – Brasília : FUNASA. 80 p.
- Martinetti, T. H.; Teixeira, B. A. do N.; Shimbo, I. 2009. ***Pesquisa-ação participativa para execução de sistema de tratamento local de efluentes sanitários residenciais sustentável: caso do assentamento rural Sepé-Tiaraju.*** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 43-55, jul./set.
- Massoud, M. A.; Tarhini, A.; Nasr, J. A. 2009. ***Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries.*** Journal of Environmental Management. Vol. 90, pp. 652–659.
- Mollison, Bill. 1994. ***Introdução à Permacultura.*** Tagari Publication. 2ª edição. 204pgs.
- Münch E. v; Schöpe A.; RüdGTZ, S. 2009. ***Ecosan – recycling oriented wastewater management and sanitation systems.*** Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

- Osorio M., C.; Espinosa, S. 2008. **Participación comunitaria en los problemas del agua**. In: OEI – ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS. Programa Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación. *Sala de lectura CTS+I*. Cali: Univalle; Madri: OEI. Disponível em <www.oei.es/salactsi/osorio2.htm> Acesso novembro 2016.
- Pamplona, S.; Venturi, M. 2004. **Esgoto à flor da terra: sistema de evapotranspiração é solução simples, acessível e sustentável**. Permacultura Brasil: soluções ecológicas. Ano VI, Número 16.
- Pinheiro, L. S. 2011. **Proposta de índice de priorização de áreas para saneamento rural: estudo de caso assentamento rural 25 de maio, CE** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará.
- Pires, F. J. 2012. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário-MG**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa- Viçosa, MG. 118p.
- PNSR. 2018 a. **Capítulo 4: Análise situacional**. Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>
- PNSR. 2018 b. **Capítulo 5: Eixos estratégicos**. Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>
- ReCESA. 2009. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Transversal: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações Tradicionais: guia do profissional em treinamento- Nível 2**. Brasília: Ministério das Cidades. 88p.
- RTS. 2017. **Site Rede de Tecnologia social**. Disponível em: <http://www.rts.org.br/>
- Serafim, M. P.; Dias, R. B. 2013. **Tecnologia social e tratamento de esgoto na área rural**. In: COSTA, A. B. (Org.). Tecnologia Social e Políticas Públicas. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, Gapi/Unicamp. São Paulo. 284 p.
- Teixeira, J. B. 2014. **Saneamento Rural no Brasil**. In: **Panorama do saneamento básico no Brasil**. In: Volume 7: Cadernos temáticos para o panorama do saneamento básico

no Brasil. Sonaly Cristina Rezende (org). Ministério das Cidades: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília.

Teixeira, B.; Folz, R. R.; Shimbo, I. 2013. **Contexto do Projeto: publicação a partir de prática**. In: Fundação Nacional de Saúde/ FUNASA. Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais: algumas práticas e vivências. Brasília. 80 pgs.

Tonetti, A. L. *et al.* 2018. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.

Verdejo, M. E. 2006. **Diagnóstico rural participativo: guia prático DRP**. Brasília: MDA / Secretaria da Agricultura Familiar

Seção VI. Fossa séptica biodigestora

6.1 Apresentação

Durante as reuniões realizadas com os participantes da pesquisa na comunidade de Pedra Branca (relatadas na **Seção V**), foram escolhidas três tecnologias alternativas para tratamento de esgoto doméstico no meio rural, e dentre elas a fossa séptica biodigestora (sistema da Embrapa).

O presente capítulo faz uma revisão sobre esta tecnologia e traz os resultados da sua aplicação na comunidade rural de Pedra Branca, Campinas/SP, por meio da análise do efluente final produzido pela unidade implantada e do impacto da aplicação do efluente no solo. Além disso, também é discutida a aceitação da tecnologia pela família beneficiada.

6.2 Revisão Bibliográfica

A Fossa Séptica Biodigestora (FSB) é um sistema que trata as águas de vaso sanitário (fezes e urina)²¹ de uma residência rural de até cinco pessoas (Novaes *et. al.*, 2002; Galindo *et al.*, 2010). O sistema foi criado em 2001 pelo veterinário Antônio Pereira de Novaes,

²¹ Acredita-se que a água cinza não possa ser tratada nesse sistema já que o sabão ou detergente teriam propriedades antibióticas que poderiam inibir processo de biodigestão (Novaes *et. al.*, 2002). No entanto a própria EMBRAPA, através da unidade Gado de Leite, vem divulgando a possibilidade de usar o sistema mesmo quando o esgoto dos chuveiros e pias estão conectados com o do vaso sanitário (Otenio *et al.*, 2014). Essa possibilidade, no entanto, parece ainda não ter sido pesquisada com profundidade.

pesquisador da Embrapa Instrumentação de São Carlos-SP²², inspirado pelos biodigestores asiáticos (FBB, 2010). A primeira unidade da fossa foi instalada em Jaboticabal- SP e a partir dessa experiência outras adaptações foram feitas, gerando o sistema atual (Serafim e Dias, 2013).

O sistema tem como objetivo substituir as fossas rudimentares ou negras, potenciais contaminadoras do solo e do lençol freático e que são muito utilizadas em propriedades rurais brasileiras (Galindo *et al.*, 2010) com a vantagem de ter baixo custo e produzir um efluente líquido final que pode ser utilizado na agricultura como biofertilizante (Novaes *et al.*, 2002) e nas leiras de compostagem (Galindo *et al.*, 2010; Silva, 2014). Outra vantagem da FSB é a sua baixa manutenção já que ele não acumula lodo nos reatores e por isso não há necessidade de fazer a limpeza das caixas periodicamente (Galindo *et al.*, 2010). O impacto previsto deste tipo de sistema no saneamento rural brasileiro foi investigado por Costa e Guilhoto (2014) que concluíram que se unidades fossem instaladas em todo o país, seriam reduzidas 250 mortes e 5,5 milhões de infecções diarreicas/ano, a poluição de águas superficiais seria reduzida em 129 mil toneladas de DBO e que a cada R\$ 1,00 investido na implementação da alternativa, R\$ 1,6 retornaria em renda interna bruta. Esta pesquisa, no entanto, apresenta dados superestimados já que ela pressupõe que todo o esgoto doméstico de comunidades rurais seja lançado *in natura* em corpos d'água, o que não ocorre na totalidade dos casos, e não aborda as possíveis desvantagens desse tipo de sistema de tratamento de efluentes.

A FSB é muito simples e composta por três caixas d'água de 1.000 L conectadas por tubos e conexões de PVC de 100 mm (Novaes *et al.*, 2002) (**Figura 6.1**). As duas primeiras caixas são responsáveis pela digestão do efluente, enquanto a terceira serve para o armazenamento do biofertilizante. Apesar de sugeridas em algumas publicações (Otenio *et al.*, 2014; Novaes *et al.*, 2002), caixas d'água de polietileno não são recomendadas por serem muito frágeis e, portanto, suscetíveis à deformação pela pressão do solo e altas temperaturas (Galindo *et al.*, 2010). O ideal é usar caixas arredondadas de fibra de vidro ou fibrocimento (Galindo *et al.*, 2010), mas também podem ser utilizadas manilhas de concreto (FBB, 2010).

²² Este sistema, junto com o jardim filtrante²² e o clorador, compõe o Sistema de Saneamento Básico na área Rural, desenvolvido na Embrapa Instrumentação.

O tempo de detenção hidráulica do sistema varia entre 25 (Galindo *et al.*, 2010) e 35 dias (Novaes *et al.*, 2002) e durante esse período há redução de sólidos, eliminação de organismos patogênicos e estabilização de substâncias instáveis presentes no esgoto (Faustino, 2007). O efluente final tem um aspecto é marrom- amarelado e odor leve e característico (Silva, 2014 a).

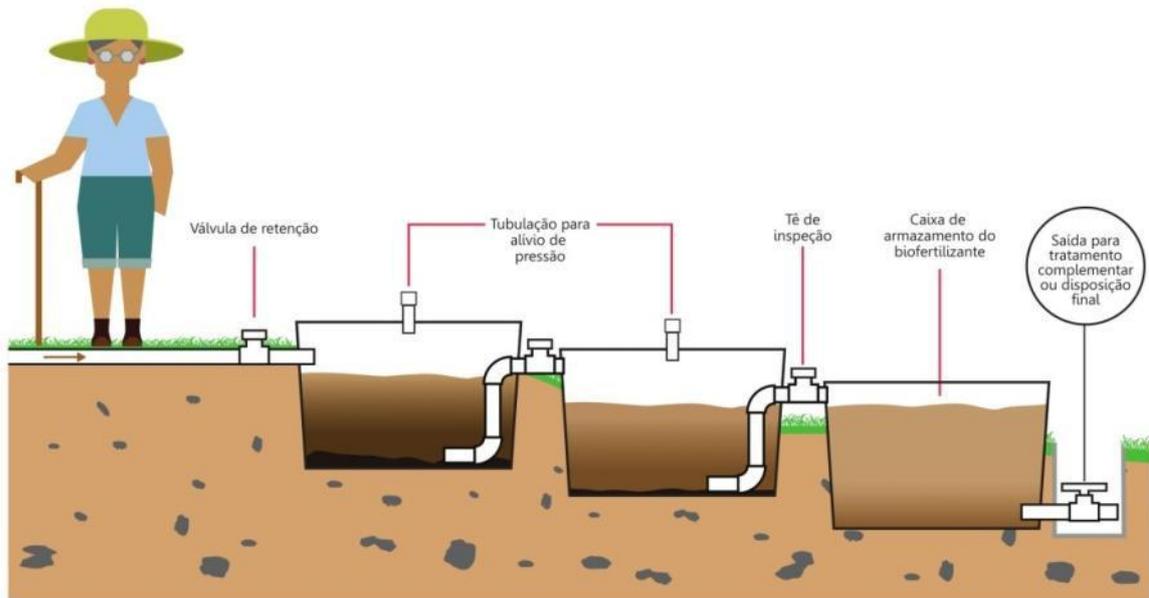


Figura 6.1. Desenho esquemático da Fossa Séptica Biodigestora (Fonte: Tonetti *et al.*, 2018).

A fossa séptica biodigestora deve ficar enterrada no solo para manter o isolamento térmico (Novaes *et al.*, 2002) já que grandes variações de temperatura poderiam prejudicar o processo de biodigestão (Galindo *et al.*, 2010). Mensalmente deve ser introduzida no sistema uma mistura de água e esterco bovino fresco (proporção 1:1). O objetivo desse procedimento seria aumentar a atividade microbiana e consequentemente a eficiência da biodigestão (Novaes *et al.*, 2002) e também retirar odores desagradáveis do sistema (Galindo *et al.*, 2010). O esterco fresco de ruminantes apresenta uma série de bactérias adaptadas às condições anaeróbias e estas atuam no sentido de degradar resíduos que o nosso trato intestinal não é capaz, como as fibras, por exemplo,

umentando a eficiência, principalmente na remoção de sólidos (Ruiz, 1992 *apud* Silva, 2014). Esterco de ovinos também pode ser adicionado, mas a sua eficiência é menor (Silva, Faustino e Novaes, 2007).

Caso não se deseje aproveitar o efluente como adubo, pode-se montar na terceira caixa um filtro de areia, que permitirá a produção de um efluente final sem excesso de matéria orgânica dissolvida (Novaes *et al.*, 2002). Galindo *et al.* (2010) sugerem que depois de filtrado o efluente deve ser disposto em sumidouro ou vala de infiltração. Não é recomendado que o efluente seja disposto em corpos de água (Galindo *et al.*, 2010).

A eficiência do sistema e o impacto da aplicação do biofertilizante no solo vêm sendo estudados há mais de 15 anos, mas as pesquisas realizadas até o momento normalmente são de curta duração e tem poucas amostras de efluente analisadas conforme mostram os dados compilados nos **Quadros 6.1 e 6.2**.

É necessário, portanto, que pesquisas mais robustas sejam desenvolvidas, e que o acompanhamento das unidades demonstrativas em campo seja de longo prazo para que as conclusões sejam mais conclusivas. De modo geral os resultados mostram que o efluente tratado não se enquadra nos padrões de lançamento (Silva, 2014 b), mas pode ser utilizado como fonte de adubação orgânica com o efeito comparável ao da adubação química inorgânica com NPK (Novaes *et al.*, 2002).

Quadro 6.1. Principais pesquisas sobre o efluente gerado pela Fossa Séptica Biodigestora, em ordem cronológica.

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Novaes <i>et al.</i> , 2002	Jaboticabal, SP 01 sistema Amostras retiradas mensalmente (não foi informado o número de amostras) Análise do efluente da 3ª caixa	Coliformes totais e fecais	Resultados revelaram que o número de coliformes totais foi de 1100 NMP/100 ml em todas as análises. Quanto aos fecais foi de 3,0 NMP/100 ml nos dois primeiros meses e ausente nos subsequentes.
Faustino, 2007	Itirapina e São Carlos, SP 03 sistemas 02 amostras coletadas Análise do efluente da 3ª caixa	pH, CE, DQO, DBO, N-NO ₃ , N-NH ₄ , N _{total} , Fosfato Total, Óleos e Graxas, série de sólidos, análise elementar, macro e micro nutrientes	Efluente tratado é alcalino, com altas concentrações de N-NH ₄ (269 a 562 mgN.L ⁻¹) e DQO (252 a 576 mgO ₂ .L ⁻¹). Concentrações significativas de macronutrientes e menores de macronutrientes. Altas concentrações de Na do efluente (231,0 ± 12,0 mg.L ⁻¹).
Peres Hussar e Beli, 2010	Espírito Santo do Pinhal, SP 01 sistema 03 amostras coletadas Análise do efluente da 1ª e 3ª caixa	DQO, turbidez, pH	Redução DQO entre 50 e 58,2% e de turbidez entre 29,7 e 49%. O pH do efluente final foi de 7,9. O sistema estava em operação há 267 dias.
Leonel, Martelli e Silva, 2013	São Carlos, SP. 01 sistema (5 caixas de 1000L) 03 amostras coletadas Análise do efluente da 1ª e 3ª caixa	pH, potencial redox, CE, temperatura, turbidez, Coliformes Totais e Termotolerantes	Efluente tratado é alcalino. CE do efluente é elevada, superior a 2,0 mS.cm ⁻¹ . Potencial redox na faixa típica de ambientes anóxicos (entre -40 e -90 mV). Redução de turbidez de 50 a 90% e de coliformes (1 log).

(Continuação Quadro 6.1)

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Lotfi, 2016	São Carlos, SP 07 sistemas 01 amostra coletada Análise do efluente da 1ª e 3ª caixa	DBO, P _{total} , NTK, <i>E. coli</i> e Coliformes Totais	Os resultados variaram muito entre os diferentes sistemas implantados que possuíam diferentes números de contribuintes e datas de instalação. Eficiência média de remoção de DBO (73,2%), <i>E. coli</i> (98,1%), Coliformes Totais (96,1%), P _{total} (37%) e NTK (43%, sendo que em quatro sistemas não houve remoção alguma).
Soares et al., 2016 a	Corumbá, MS 02 sistemas (FSB _{doce} e FSB _{sal}) 07 amostras coletadas Análise do efluente da 1ª e 3ª caixa	Temperatura, pH, CE, série de sólidos, DBO, DQO	FSB _{doce} : pH médio do efluente tratado de 8,20 e CE de 3,50 dS m ⁻¹ . Remoção de 87,1% de DBO e 74,3% de DQO. SST do efluente final de 151,6 mg.L ⁻¹ . FSB _{sal} : pH médio do efluente tratados de 8,30 e CE de 4,66 dS m ⁻¹ . Remoção de 64,8% de DBO e 44,0% de DQO. SST do efluente final de 89,6 mg.L ⁻¹ .
Soares et al., 2016 b	Corumbá, MS 02 sistemas (FSB _{doce} e FSB _{sal}) 07 amostras coletadas Análise do efluente da 1ª e 3ª caixa	Coliformes totais (CTo) e termotolerantes (CTe), helmintos, protozoário <i>Balantidium coli</i> . e <i>Salmonella sp</i>	Com o processo de biodigestão, houve uma redução média de CTo e CTe (10 ⁴) na FSB _{doce} de 99,82 e 99,80%, e na FSB _{sal} . de 99,68 e 99,61%, respectivamente. Foram encontrados protozoários e <i>Salmonella sp</i> nos efluentes finais, mas os helmintos foram removidos.

DBO: Demanda Bioquímica de oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. NTK: Nitrogenio Total Kjeldahl. P_{total}: Fósforo total. SST: Sólidos suspensos totais. CE: condutividade elétrica. pH: potencial hidrogeniônico. NMP: Número mais provável. N_{total}: Nitrogênio Total

Quadro 6.2. Principais pesquisas sobre a aplicação do efluente gerado pela Fossa Séptica Biodigestora no solo ou em culturas, em ordem cronológica.

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Resultados
Novaes <i>et al.</i> , 2002	Jaboticabal, SP Análises de solo em plantação de graviola.	pH, V, MO, P, K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , H + Al, Al ³⁺ , CTC, S, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻ Número de amostras: não menciona	Aumento para os macronutrientes Ca, Mg e P e um decréscimo para N e K. Para os micronutrientes também observou-se acréscimo para Fe, Cu e Mn. Houve um aumento de aproximadamente 17% na concentração de N-NH ₄ ⁺ no perfil de 0 a 10 cm e 9% entre 10 e 20 cm. O aumento para N-NO ₃ ⁻ foi de 23% de 0 a 10 cm e de 15% entre 10 e 20 cm.
Faustino, 2007	São Carlos, SP Análises do solo em uma plantação de goiaba, antes e depois da aplicação do biofertilizante.	pH, CE, macro e micro nutrientes, COT, Ácidos Húmicos Número de amostras: 01	Apesar de altas concentrações de Na do efluente (231,0 ± 12,0 mg.L ⁻¹), o solo que recebeu o biofertilizante não ficou salinizado (CE 0,18 ± 0,01 dSm ⁻¹). O solo também teve aumento de macronutrientes e COT quando comparado a solo sem tratamento ou que recebeu adubação química.
Faustino, Silva e Nogueira, 2007	Não menciona local da pesquisa Análise de solo em uma plantação de goiaba, antes e depois da aplicação do biofertilizante por três anos.	pH, CE, MO, macro e micro nutrientes Número de amostras: 01	O efluente agiu como condicionador do solo por meio da adição de MO. Foi observado aumento da disponibilidade de nutrientes. Não foi observada salinidade do solo.
Galindo e Silva, 2010	Corumbá, MS Análise do solo antes e depois da aplicação do biofertilizante em unidades experimentais de capim	Carbono Orgânico do solo expresso como teor de Matéria Orgânica (em %) Número de amostras: 01	Aumento da matéria orgânica e acúmulo de carbono nos tratamentos que receberam o tratamento com efluente tratado (0,91 a 3,21%)

pH: potencial hidrogeniônico, acidez ativa do solo. CE: Condutividade elétrica. Ca: cálcio. Mg: magnésio. Na, K e P: sódio, potássio e fósforo. NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl. H+Al: Acidez potencial. MO: Matéria orgânica. CTC: Capacidade de Toca de Cations.

As críticas à FSB se baseiam no fato do efluente ser disperso superficialmente no solo, o que poderia levar à sua contaminação, a de fontes superficiais de água e da própria população local. Estes riscos poderiam ser agravados se a aplicação do biofertilizante for realizada de forma incorreta e sem a proteção necessária. Além disso, também é questionada a eficiência geral da tecnologia já que a simples disposição do efluente nas caixas e a ausência do contato com material filtrante poderiam resultar em taxas de remoção baixas de matéria orgânica.

A fossa séptica biodigestora é o sistema alternativo de tratamento de efluentes mais difundido no Brasil. Além da própria EMBRAPA, instituições como o INCRA, CATI²³ e FBB²⁴ (Serafim e Dias, 2013), Prefeituras Municipais, ONGs e empresas também vem difundindo a tecnologia e atualmente o Ministério das Cidades definiu a FSB como referência no Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR) que integra o Programa Minha Casa, Minha Vida²⁵ (Brasil, 2017). Estima-se que mais de 11.500 unidades já tenham sido instaladas em domicílio rurais brasileiros. (Silva, Marmo e Leonel, 2017) e a incorporação recente da tecnologia às políticas públicas de habitação pretende levar a FSB a cerca de 35.000 domicílios rurais (EMBRAPA, 2017).

²³ A CATI, por meio do Projeto Microbacias I que teve financiamento do Banco Mundial, já instalou mais de duas mil unidades no estado de São Paulo (Serafim e Dias, 2013).

²⁴ A FSB é uma das tecnologias sociais recomendadas pela FBB para a melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais, integrando desde 2003 o Banco de Tecnologias Sociais mantido pela instituição (FBB, 2010).

²⁵ A Portaria nº 268/2017 do Ministério das Cidades (Brasil, 2017) regulamenta o Programa Nacional de Habitação Rural, integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida. No Anexo 1 da portaria (item 1.3.1) fica registrado que poderão ser acrescidos aos custos da edificação ou da reforma um valor de até R\$ 2.500,00 para a construção de cisternas de captação de água da chuva ou *“soluções de tratamento de efluentes, tais como: sistemas para destinação de águas residuais, descritos no Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares, elaborado pela Fundação Nacional de Saúde do Ministério da Saúde (FUNASA/MS); e fossas sépticas biodigestoras com projetos desenvolvidos ou aprovados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (EMBRAPA/MAPA).”*.

6.3 Objetivos

O objetivo geral desta seção é avaliar o desempenho da fossa séptica biodigestora (FSB) implantada em Pedra Branca (Campinas/SP) para o tratamento de águas de vaso sanitário.

São objetivos específicos:

- ✓ Avaliar a qualidade do efluente final produzido pela fossa séptica biodigestora por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- ✓ Avaliar a necessidade de adicionar esterco bovino fresco como inoculante do sistema;
- ✓ Avaliar os impactos da aplicação do efluente da FSB no solo;
- ✓ Avaliar a opinião da família beneficiada em relação à facilidade construtiva, de manutenção/operação e a aceitabilidade do sistema FSB.

6.4 Metodologia

6.4.1. Dimensionamento e construção do sistema

A fossa séptica biodigestora foi instalada na propriedade do Sr. Katsuo Morita (Pedra Branca, Campinas/SP) e recebe o esgoto de vaso sanitário (águas negras) de uma residência onde moram Luzia, Antônio, Márcia e Júlia. A FSB foi construída para atender uma família de até cinco moradores, conforme sugere o dimensionamento proposto pela EMBRAPA (Silva, Marmo e Leonel, 2017). O sistema foi construído em dezembro/2016, durante um mutirão (oficina prática) que contou com presença de técnico da EMBRAPA.

Para a instalação da FSB, foi feita a escavação manual no solo e depois a sua compactação para dar suporte às caixas. O sistema foi construído com três caixas d'água de 1.000 L conectadas com tubulação de PVC de 100mm. Foi instalada uma válvula de retenção antes da primeira caixa para a introdução das fezes frescas de gado (material inoculante) e duas tubulações para o alívio dos gases gerados no processo, nas duas primeiras caixas (módulos de fermentação). A parte superior das duas primeiras caixas também foi pintada com tinta preta (Neutrol) para auxiliar na manutenção da temperatura

do sistema. A terceira instalada caixa serve como armazenamento do efluente tratado (caixa coletora) e tem um registro para facilitar a remoção do mesmo (**Figura 6.2**).



Figura 6.2. Imagens da construção da FSB implantada em Pedra Branca. **A)** Solo escavado e compactado manualmente. **B)** Instalação das caixas d'água e tubulação. **C)** Fabricação das válvulas de alívio de gases. **D)** Pintura das tampas. **E)** Detalhe do registro para remoção do efluente tratado. **F)** Vista geral do sistema pronto e em funcionamento.

A montagem da FSB seguiu as recomendações da EMBRAPA (Silva, Marmo e Leonel, 2017), com uma única alteração feita no material da caixa d'água. Apesar das caixas plásticas também serem recomendadas pela própria EMBRAPA (Otenio *et al.*, 2014), acredita-se que este material não seja o mais adequado pois pode se deformar com o efeito da temperatura e da pressão exercida pela terra (Galindo *et al.*, 2010). No entanto, pela dificuldade em achar caixas de fibra de vidro ou fibrocimento, material mais indicado pela sua resistência e durabilidade, foram utilizadas caixas d'água de 1000 L de polietileno com tampa rosqueável (0,80m de altura e 1,48m de diâmetro na base).

6.4.2. Pontos de coleta de amostras do efluente

As amostras da Fossa Séptica biodigestora foram obtidas na primeira caixa (Entrada_ Ponto 1) e na última caixa (Saída_ Ponto 2), conforme mostra a **Figura 6.3 A**.

Para a coleta da amostra da primeira caixa (ponto 1 ou entrada), foi utilizada uma garrafa de plástico de 200 ml presa a um pedaço de bambu (**Figura 6.3 B**). Esse vasilhame de coleta vertia o conteúdo coletado dentro de outro recipiente de plástico com capacidade de 1,0 l.

Para a coleta da amostra da última caixa (ponto 2 ou saída), o frasco de coleta foi colocado diretamente sob a mangueira de aplicação do efluente (**Figura 6.3 C**).

As oito primeiras amostras (abril a julho de 2017) avaliaram a qualidade do efluente produzido sem a adição mensal da mistura inoculante de esterco fresco e água (1:1) recomendada pela EMBRAPA (*sem esterco*). Depois de finalizar essa etapa, foi iniciada a aplicação do inóculo (agosto a novembro de 2017) e foram avaliadas as alterações no efluente em mais 08 amostras (*com esterco*).



Figura 6.3. Pontos de coleta 1 e 2 do efluente do sistema Fossa Séptica Biodigestora. **A)** Esquema do local de retirada das amostras. **B)** Coleta da amostra de dentro da Caixa 1. **C)** Coleta da amostra da caixa 3 (biofertilizante), por meio da mangueira de aplicação do efluente.

6.4.3. Caracterização do efluente

O monitoramento da FSB foi realizado quinzenalmente, por de oito meses (abril a novembro de 2017), totalizando 16 amostras. A coleta das amostras e seu condicionamento seguiu as recomendações propostas por CETESB (2011). A coleta das amostras era feita sempre no mesmo horário, no período da manhã.

As amostras de efluente foram coletadas em frascos de polietileno de 1,0 L higienizados com detergente Extran 10%, sendo a última rinsagem feita com água destilada. Os frascos para coleta de amostras para a análise microbiológica (frascos reagente de vidro 250 ml) seguiram os mesmos procedimentos, com o acréscimo da autoclavagem da vidraria por 15 minutos a 120°C e 1 atm. Todas as amostras coletadas em campo foram mantidas resfriadas até a chegada no Laboratório de Saneamento (LABSAN), onde as análises foram realizadas.

Os seguintes parâmetros foram analisados durante o período amostral (**Quadro 6.3**):

Quadro 6.3 Parâmetros e métodos para a análise das amostras efluente.

Parâmetro	Frequência	Unidade	Método*
Turbidez	quinzenal	UT	2130 B ¹
pH	quinzenal	-	4500 H ⁺ B ¹
Condutividade elétrica (CE)	quinzenal	μS.cm ⁻¹	2510 – A
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	quinzenal	mgO ₂ .L ⁻¹	5220 – D
Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)	mensal	mgO ₂ .L ⁻¹	5210 -B
Nitrogênio Total Kjeldahl- NTK	quinzenal	mgN.L ⁻¹	4500 – Nitrogen (Organic) B
Fósforo Total- P_{total}	mensal	mgP.L ⁻¹	4500-P E
<i>E-coli/ Coliformes Totais)</i>	mensal	NMP/100mL	9223-B Colillert® e Quanti-Tray/2000®
Sólidos Suspensos Totais- SST	quinzenal	mg.L ⁻¹	2540 D

*Métodos descritos em APHA (2012)

Os resultados foram avaliados com o software R e foram calculadas as médias e desvios padrão para todos os parâmetros avaliados para cada etapa. A eficiência de remoção foi calculada a partir da diferença dos valores médios da entrada e saída do sistema. As médias das etapas “sem esterco” e “com esterco” foram comparadas através do teste não paramétrico de Mann-Whitney U com um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

6.4.4. Avaliação do impacto no solo

A coleta de amostras de solo seguiu as recomendações de Dionísio *et al.* (2016). As amostras da camada de 0-20 cm foram coletadas com auxílio de enxada e pá e depois foram homogeneizadas em balde de polietileno (8L) desinfetado com Álcool 70%. Depois de homogeneizada, a amostra era transferida para sacos de polietileno limpos e sem uso e identificada no próprio local. As amostras utilizadas para a avaliação de indicadores biológicos foram transferidas para tubos estéreis tipo Falcon (50 ml). A preservação das amostras antes das análises foi feita no refrigerador (2 a 4°C).

As amostras de solo foram retiradas da área de cultivo de goiaba (*Psidium guajava*). irrigada uma vez por mês com o biofertilizante (efluente de saída do sistema), em julho e dezembro/2017. A disposição do efluente acontecia diretamente no solo, com auxílio de uma mangueira que drenava o efluente da base da terceira caixa de armazenamento de 1.000L (**Figura 6.4**).

Para uma comparação, foram coletadas amostras compostas de solo de uma área próxima, com cultivo de goiaba convencional e que não recebia o efluente (testemunho). Estas coletas foram realizadas em fevereiro, julho e dezembro de 2017.



Figura 6.4. A) Registro localizado na base da terceira caixa, de onde era retirado o efluente para a irrigação das goiabeiras. **B)** Sr. Antônio fazendo a aplicação de efluente no solo.

Para avaliar o impacto da aplicação de efluentes tratados no solo, foram monitorados atributos químicos e biológicos²⁶.

Indicadores químicos

As análises químicas solo foram realizadas seguindo os procedimentos descritos por Raij *et al.* (2001). Procedeu-se o preparo da terra fina seca ao ar, em que as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malhas de 2 mm.

A determinação de pH foi realizada em CaCl_2 $0,01\text{mol L}^{-1}$.

P, K, Ca e Mg foram extraídos por resina trocadora de íons, sendo o P determinado por espectrofotometria, K por fotometria de chama, e Ca e Mg foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica.

²⁶ As análises foram realizadas em parceria com a professora Jerusa Schneider.

A determinação de H+Al foi realizada por leitura do pH SMP.

Para o cálculo da percentagem de sódio trocável (PST), foi determinado o teor de Na⁺ trocável, extraído com solução de acetato de amônio 1 mol L⁻¹ e determinado por fotometria de emissão de chama.

A capacidade de troca de cátions (CTC) foi calculada pela soma de Ca, Mg e K trocáveis mais H e Al, e a saturação por bases (V%) foi calculada pela razão da soma de bases pela CTC (Raij et al., 2001).

Para a determinação da matéria orgânica (MO) foi utilizado o método de Walkey-Black modificado conforme Ciavatta *et al.* (1989). Neste adicionou-se, em um balão de 250 ml de boca esmerilhada, uma amostra calculada para conter no máximo 100 mg de C-org, e peneirada em malha de 0,3mm de abertura. Adicionou-se 20 ml de solução de Na₂Cr₂O₇ (0,33 mol L⁻¹) ao balão e em seguida 26 ml de H₂SO₄ concentrado. Conectou-se devidamente o tubo para refluxo, o qual controla a temperatura entre 160 – 165°C e foi aquecido por 10 minutos em digestor. Em seguida diluiu-se a amostra, com uma alíquota retirada de 5 ml, colocando-se 100 ml de água, 5 ml da solução de H₃PO₄ (1:3) e 4 gotas do indicador difenilamina, e titulou-se com sulfato ferroso amoniacal [Fe(NH₄)₂(SO₄)₂] o dicromato (Cr₂O₇⁻) remanescente. O final da titulação foi concluído após a mudança da cor da solução de roxa para verde.

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Indicadores biológicos

Como indicador de contaminação microbiológica do solo foi determinado a quantidade de coliformes totais e *Escherichia coli* por grama de solo. As amostras foram colocadas em recipientes plásticos esterilizados (tubo Falcon 50 mL) e analisadas pelas técnicas de Membranas filtrantes e Número Mais Provável (NMP), descrita por Clescerl *et al.* (1998) e também conforme a Instrução Normativa 62, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2003). Todas as amostras foram realizadas em triplicata.

6.4.5. Avaliação da opinião sobre a tecnologia

A avaliação da opinião sobre a tecnologia foi realizada através de técnicas de pesquisa qualitativa, por meio de momentos de observação participante (Gil, 2008) e conversas informais que aconteciam durante o monitoramento dos sistemas implantados.

Também foi realizada uma entrevista semiestruturada (Gil, 2008) no final da pesquisa, com as famílias residentes na propriedade que recebeu o sistema. O roteiro da entrevista encontra-se no **Apêndice 4**.

6.5 Resultados e Discussão

A fossa séptica biodigestora monitorada apresentou um TDH que variou entre 30 e 45 dias, o que ficou dentro do estipulado por Novaes *et al.* (2002) e superior ao sugerido por Galindo *et al.* (2010). Esse TDH foi estimado através do tempo necessário para que a última caixa do sistema ficasse cheia, depois dela ter sido esvaziada durante a aplicação do biofertilizante. Esse TDH é muito maior do que o TDH sugerido para um tanque séptico dimensionado para o uso de uma família, que é de 24 horas (ABNT, 1993).

Apesar de ter sido realizada uma adaptação do sistema original ao substituir as caixas de fibra por caixas de polietileno, a opção por um reservatório com tampa rosqueável permitiu a boa vedação necessária ao bom funcionamento do sistema, ao mesmo tempo em que permitiu a abertura fácil dos reservatórios para coleta do efluente durante a pesquisa (**Figura 6.5 A**).



Figura 6.5. A) Detalhe da tampa rosqueável na caixa de polietileno de 1.000L. **B)** Sistema implantado em Pedra Branca, mostrando que o corpo das caixas fica parcialmente enterrado no solo.

Tampouco foi observada deformação da parede das caixas nos seus dois primeiros anos de implantação, fato relatado pela equipe da EMBRAPA Instrumentação quando do uso de caixas de polietileno. O segredo parece ser não enterrar totalmente as caixas, deixando uma parte do seu corpo fora da superfície do solo (**Figura 6.5 B**). Esta

recomendação já tinha sido feita por Silva, Marmo e Leonel (2017) que sugerem que a boca da caixa fique aproximadamente 10 cm acima do nível do solo. O uso de caixas d'água deste material pode ser uma boa opção para a disseminação da tecnologia, já que as caixas de fibra de vidro ou fibrocimento são cada vez mais raras no mercado.

Avaliação do efluente

O monitoramento da fossa séptica biodigestora por oito meses gerou dados referentes à qualidade do efluente final produzido e à eficiência do tratamento nas suas duas etapas (*com e sem esterco*). Estes resultados podem ser observados na **Tabela 6.1**. A **Figura 6.6** mostra o aspecto geral de uma amostra coletada da primeira e da terceira caixa (efluente final).

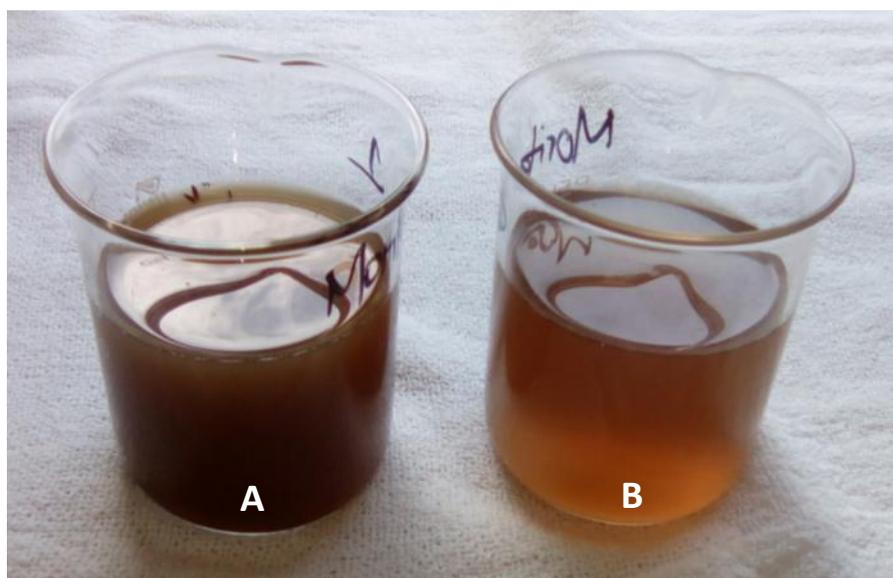


Figura 6.6. Aspecto geral das amostras do efluente da fossa séptica biodigestora implantada em Pedra Branca, Campinas/SP. **A)** Efluente coletado na primeira caixa. **B)** Efluente coletado na terceira caixa (efluente final).

Tabela 1. Valores médios, desvio padrão e eficiência de remoção dos parâmetros analisados para o efluente da entrada e saída da fossa séptica biodigestora, conforme os dois períodos amostrais “com esterco” e “sem esterco”.

Parâmetro	Com esterco				Sem esterco			
	<i>n</i>	Entrada	Saída	Eficiência média [%]	<i>n</i>	Entrada	Saída	Eficiência média [%]
DBO [mg O ₂ L ⁻¹]	4	640 ± 222	213 ± 140	66.7	4	562 ± 389	225 ± 65	60.0
DQO [mg O ₂ L ⁻¹]	8	1885 ± 327	780 ± 139	58.6	8	1724 ± 277	895 ± 126	48.1
P _{total} [mg P L ⁻¹]	4	33 ± 3	20 ± 12	39.3	3	33 ± 2	31 ± 2	4.2
SST [mg L ⁻¹]	8	955 ± 602	180 ± 158	81.1	8	389 ± 189	121 ± 90	68.7
Turbidez [uT]	8	746 ± 513	126 ± 24	83.2	8	364 ± 108	144 ± 26	60.4
CE [mS cm ⁻¹]	8	6.1 ± 0.6	5.4 ± 0.5		8	6.3 ± 0.7	6.6 ± 0.6	
pH	8	7.9 ± 0.2	8.4 ± 0.2		8	8.2 ± 0.2	8.2 ± 0.1	

DBO: Demanda Bioquímica de oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. P_{total}: Fósforo total. SST: Sólidos suspensos totais. CE: condutividade elétrica. pH: potencial hidrogeniônico. *n*: número de amostras.

Os valores de pH encontrados no efluente, tanto na entrada (7.9 ± 0.2) como na saída (8.4 ± 0.2) da FSB tratada *com esterco*, mostram que o efluente possui caráter básico. Estes valores são similares aos encontrados em outras pesquisas (Faustino, 2007; Leonel, Martelli e Silva, 2013; Peres, Hussar e Beli, 2010; Soares *et al.*, 2016 a). Há um ligeiro aumento do pH do efluente da última caixa (*saída*) em relação à entrada nas amostras que receberam esterco bovino como inóculo, porém, estatisticamente, os valores de pH do efluente final não significativamente diferentes ($p= 0,19$). Alguns autores atribuem os altos valores de pH do efluente à degradação de proteínas e ureia em meio anaeróbico, o que gera uma quantidade substancial de amônia ou íon amônio, que, em meio aquoso, passa para forma de hidróxido de amônio (Silva, Faustino e Novaes, 2007; Silva, 2014 b). Outros sais de ácidos fracos como acetato, formiato e propionato também podem colaborar para a manutenção do pH básico do efluente que, quando aplicado no solo, pode corrigir ligeiramente a sua acidez (Silva, 2014 b).

Em relação à CE do efluente final, esta se mostrou superior no tratamento *sem esterco* ($6.6 \pm 0.6 \text{ mS cm}^{-1}$), sendo significativamente diferente da CE das amostras *com* a aplicação de esterco ($5.4 \pm 0.5 \text{ mS cm}^{-1}$). Embora os valores de CE na entrada (1ª caixa) não sejam considerados estatisticamente diferentes nos dois tratamentos ($p= 0,7128$), os resultados para a saída se mostraram realmente diferentes ($p= 0,0038$), o que nos leva a crer que o esterco pode ter um papel importante nesse processo. Enquanto a CE no sistema *sem esterco* tem a tendência a aumentar no efluente final, o oposto ocorre no sistema operado *com esterco*, onde é observada uma queda significativa no valor da CE ($p= 0,031$) (**Figura 6.7**).

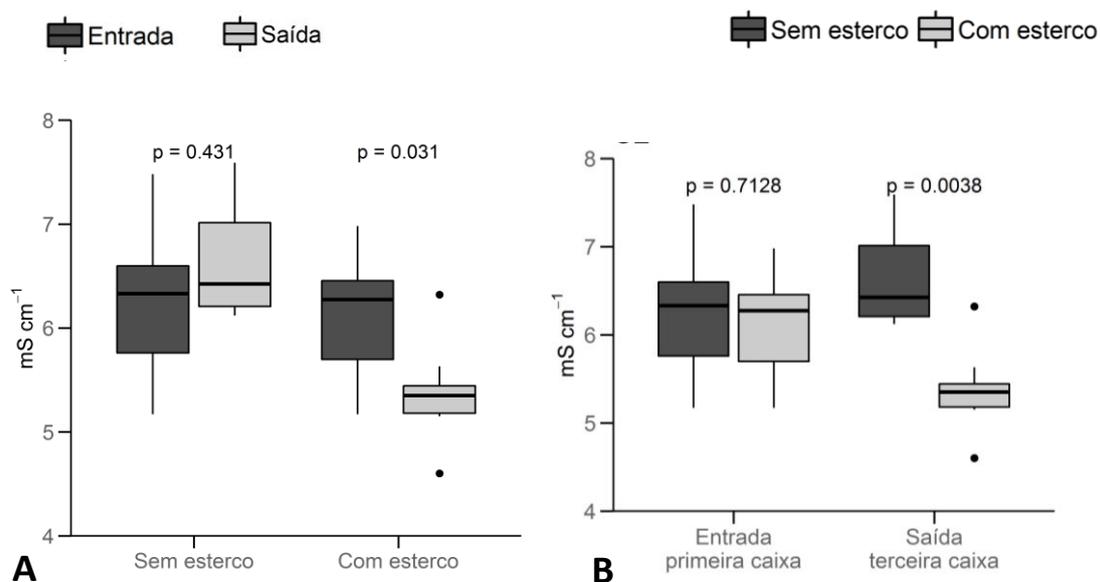


Figura 6.7. Resultados para CE. **A)** Comparação de amostras com e sem esterco. **B)** Comparação de amostras da entrada e saída do sistema.

Pesquisa realizada com esterco bovino no estado da Paraíba indica que esta substância é composta majoritariamente de cinzas (56%) e de substâncias que compõem a estrutura da parede vegetal tais como a celulose, hemi-celulose e lignina (33,1%) (Galvão, Salcedo e Oliveira, 2008). Estas últimas substâncias são fibras orgânicas de cadeia longa que poderiam contribuir para adsorver os sais presentes no efluente, diminuindo o valor da CE. Esta hipótese, entretanto, precisa ser investigada com mais detalhe.

A redução da CE, mesmo que pequena, é benéfica, visto que altos valores de CE refletem a concentração de íons dissolvidos no meio e a aplicação de efluentes com essa característica pode causar acúmulo de sais na solução do solo na zona radicular, comprometendo a absorção de água pelas plantas (Bastos e Bevilacqua, 2006), causando a salinização do solo e comprometendo o cultivo de algumas culturas sensíveis (Mota *et al.*, 2006).

Segundo a WHO (2006 a), efluentes com CE maior que $3,0 \text{ dSm}^{-1}$ ($3,0 \text{ mS cm}^{-1}$) devem ter restrição severa ao uso na irrigação. Mesmo com a adição de esterco bovino, os valores médios de CE encontrados nesta pesquisa estão acima dos valores

máximos recomendados pela literatura e são mais altos do que os observados em algumas pesquisas como Leonel, Martelli e Silva (2013) (CE entre 2 e 4 mScm⁻¹), Faustino (2007) (CE de 2,98 e 4,63 mScm⁻¹) e Soares *et al.* (2016 a) (CE média de 3,50 mS cm⁻¹), autores que realizaram apenas três amostragens.

Mesmo com a alta salinidade do efluente final, alguns autores acreditam que ele possa ser indicado para uso como biofertilizante, de modo controlado (Soares *et al.*, 2016 a; Silva, 2014). Não há, no entanto, recomendações claras sobre a sua aplicação nas publicações elaboradas pela EMBRAPA. Silva, Marmo e Leonel (2017) sugerem a aplicação do efluente de forma dosada e Galindo *et al.* (2010) indicam que a dose de efluente, bem como a época mais adequada para a sua aplicação, dependerá do tipo de cultura. Para garantir uma dosagem ideal de acordo com cada tipo de cultura e o regime climático, seria necessário o apoio técnico de um profissional da área, mas nem sempre essa consultoria está disponível para o produtor rural.

Algumas medidas como a adição de matéria orgânica ao solo podem atuar de maneira benéfica contra os efeitos da salinização (WHO, 2006 a), mas esse manejo deve ser feito com frequência e com supervisão de técnicos que também devem ser consultados para a determinação da dosagem ideal para cada tipo de cultura. O acesso a esses profissionais, no entanto, pode ser raro em alguns contextos rurais brasileiros. Além disso, a adubação é feita, frequentemente, com base em orientações empíricas nas pequenas propriedades brasileiras (Lorenço Junior, 2011), o que poderia levar ao uso excessivo ou equivocado do efluente.

Os valores médios de SST encontrados nos efluentes finais nesta pesquisa ($180 \pm 158 \text{ mg L}^{-1}$ com a aplicação de esterco) são similares aos encontrados em outras pesquisas realizadas com FSBs. Faustino (2007), por exemplo, observou valores de 130 e 134 mgL⁻¹ enquanto Soares *et al.* (2016 a) observaram um valor médio de 151,6 mgL⁻¹. Não foi observada diferença significativa entre os valores de SST nos efluentes finais gerados nos dois períodos amostrais avaliados ($p= 0,637$).

Para a turbidez também não houve diferença significativa ($p= 0,27$). O valor médio de turbidez no efluente final do tratamento *com esterco* ($126 \pm 24 \text{ uT}$) mostrou-se superior ao encontrado por outros pesquisadores. Para Leonel, Martelli e Silva (2013) que pesquisaram sistemas compostos de cinco caixas de 1.000 L, a turbidez do

efluente final foi de aproximadamente 20 uT e para Peres, Hussar e Beli (2010) os valores encontrados variaram entre 40 e 59 uT. Porém, embora os valores médios de turbidez no efluente final sejam superiores a valores encontrados em outros estudos, a remoção média para este parâmetro (83,2% no sistema *com esterco*) se mostrou alta, similar a encontrada por Leonel, Martelli e Silva (2013) e muito superior à encontrada por Peres, Hussar e Beli (2010).

Uma possível explicação para valores altos de SST e turbidez no efluente final nesta pesquisa é o fato de que a coleta do biofertilizante avaliado era feita à partir de uma mangueira conectada ao fundo da terceira caixa, local onde poderia ter ocorrido acúmulo de sólidos sedimentáveis, conferindo uma turbidez e SST maior ao efluente final do que se esse fosse coletado da parte superior da caixa.

A sugestão feita pela EMBRAPA é que o registro de coleta do biofertilizante seja instalado a 20 cm do nível do solo (Silva, Marmo e Leonel, 2017), e em Pedra Branca ele foi instalado há 12 cm devido à configuração da caixa d'água escolhida (**Figura 6.4 A**). Isso pode ter levado a um acúmulo maior de sólidos no fundo da terceira caixa, porém não se sabe até que ponto isso acarretaria mudança significativa nos resultados.

Além disso, das sete pesquisas listadas no **Quadro 6.1**, apenas três relatam com detalhes como foi feita a coleta do efluente da terceira caixa (Lofti 2016 e Soares *et al.*, 2016 a e b). Nestes três trabalhos, o efluente foi coletado da parte superior da terceira caixa, e não do registro localizado na sua base, o que não está de acordo com o contexto real de uso do efluente nas propriedades rurais. Dessa forma, a comparação entre os resultados obtidos deve ser feita com parcimônia, já que a forma como a amostragem foi realizada pode ter impactado (positivamente) os resultados das pesquisas realizadas por outros autores anteriormente, supervalorizando os resultados encontrados.

No entanto, valores altos de SST geralmente não são um problema na água de reúso (Bastos e Bevilacqua, 2006) já que a sua degradação pode aumentar o teor de matéria orgânica e nutrientes no solo (WHO, 2006 a). No entanto, se não houver o manejo adequado do solo, altos valores de SST e de DBO ($> 500 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) podem

culminar na obstrução do solo (WHO, 2006 a).

Em relação à matéria orgânica, os resultados para DBO (**Figura 6.8 A**) tampouco indicam que a adição de esterco bovino afeta significativamente a qualidade final do efluente da FSB já que os efluentes finais se mostraram sem diferença significativa ($p=0,89$). Os valores médios de DBO encontrados durante a pesquisa (*com esterco*: $213 \pm 140 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ e *sem esterco*: $225 \pm 65 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) são próximos aos encontrados por Faustino (2007) (DBO de 191 e $316 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$), porém são mais altos do que os encontrados por Lofti (2016) (24,9 a $106,3 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) e Soares *et al.* (2016a) (média de $59,2 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$). A eficiência na remoção de DBO encontrada durante a pesquisa foi de 66,7% para o sistema com a adição de esterco, valor menor do que a remoção média de 87,1% encontrada por Soares *et al.* (2016a) que trabalharam com um sistema com tempo de detenção hidráulica maior (quatro caixas de 1.000 L), mas similar às remoções de alguns dos sete sistemas observados por Lofti (2016) que também eram compostos de três caixas de 1.000 L. Novamente a coleta do efluente da terceira caixa pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Para a DQO (**Figura 6.8 B**), também não houve diferença significativa entre os efluentes finais gerados pelos dois tipos de tratamento ($p=0,14$). A DQO média de $780 \pm 139 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ encontrada para o efluente final *com esterco* foi ligeiramente mais alta do que os valores encontrados por Faustino (2007) (605 e $528 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$), Peres, Hussar e Beli (2010) (DQO média de $584 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) e Soares *et al.* (2016 a) (DQO média de $443 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$). No entanto, a remoção média do sistema operado com a adição de esterco (58,6%) foi bastante semelhante à remoção obtida por Peres, Hussar e Beli (2010) (55%).

A eficiência mediana da tecnologia na remoção de matéria orgânica (Tonetti *et al.*, 2018), observada também durante esta pesquisa, é fruto do altíssimo TDH do sistema e da simples disposição do efluente nas caixas, sem contato prolongado com biomassa aderida ou suspensa. Tanques sépticos possuem uma eficiência que varia entre 30 e 55% para remoção de DBO (Chernicharo, 2007), no entanto, seu TDH para sistemas unifamiliares é de até 24 horas (ABNT, 1993), um valor 30 vezes mais baixo do que o proposto pela FSB.

No entanto, apesar de desejável, a baixa remoção de matéria orgânica no sistema não é um problema já que a disposição do efluente tratado no solo permite incorporação de matéria orgânica nos seus horizontes superficiais (Faustino, 2007; Galindo e Silva, 2010; WHO, 2006 a; Bastos e Bevilacqua, 2006), o que é benéfico para a produção vegetal.

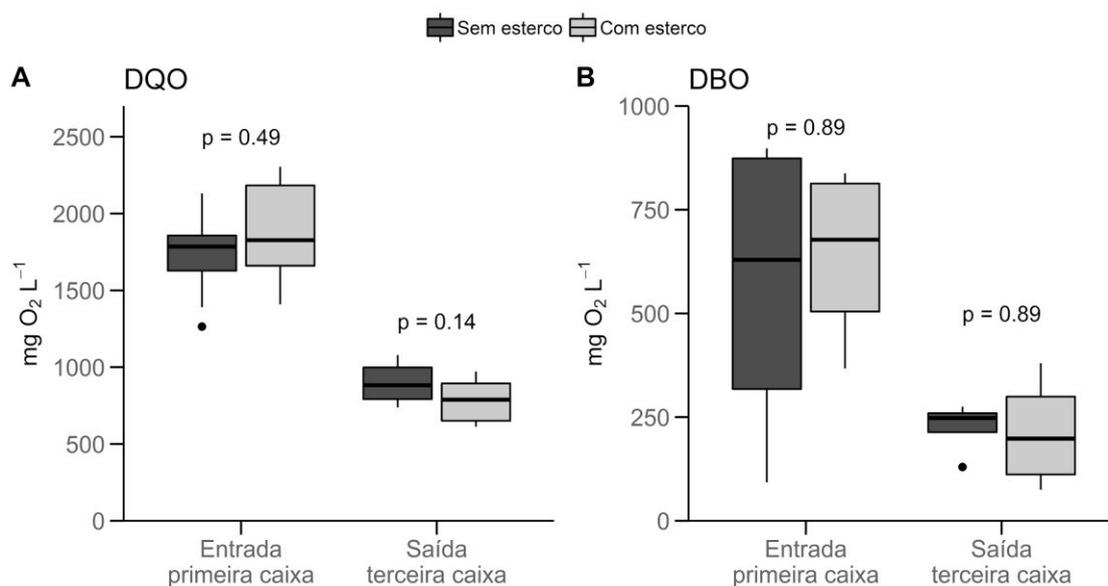


Figura 6.8. Efeito da adição do esterco sobre a matéria orgânica, em forma de (A) DQO, (B) DBO. O valor de p representa o nível de significância para a comparação de médias das etapas *sem esterco* e *com esterco*, sendo que valores acima de 0,05 ($p > 0,05$) indicam que não há diferenças significativas.

A concentração do P_{total} no efluente final dos dois tratamentos foi similar ($p = 0,15$) apesar de também ser observada uma tendência da adição de esterco diminuir a sua disponibilidade no efluente final (P_{total} de $20 \pm 12 \text{ mg PL}^{-1}$ *com esterco* e $31 \pm 2 \text{ mg PL}^{-1}$ *sem esterco*). Uma possível explicação para este fato seria a adsorção do fósforo nas moléculas de carga negativa presentes naturalmente na composição do esterco bovino. Este fato explicaria porque a remoção média de P_{total} foi de 39,3% no sistema com adição de esterco e de apenas 4,2% no sistema *sem esterco*. Lofti (2016) observa remoções semelhantes nos sete sistemas estudados (remoção entre 9,2 e 48,1%, com média de 37%) e valores de P_{total} entre 16,7 e 50,5 mg P L^{-1} .

A remoção de P_{total} esperada para sistemas anaeróbios como tanques sépticos ou sistemas tipo fossa-filtro é baixa, sendo menor que 35% (von Sperling, 2014) e normalmente não existente (Chernicharo, 2007). Além disso, a remoção de P_{total} não é interessante do ponto de vista do reúso agrícola já que esse é um macronutriente essencial para o desenvolvimento das culturas. Como o número de amostras foi pequeno para cada fase da pesquisa ($n=4$), é necessário monitorar esse parâmetro por mais tempo para conclusões mais embasadas.

Em relação ao parâmetro NTK, este apresentou muitos erros na sua análise, e por isso os resultados foram omitidos do trabalho. Análises mais cuidadosas precisarão ser realizadas no futuro.

No caso dos parâmetros microbiológicos, também não houve diferença significativa na concentração final de coliformes totais nos dois tratamentos testados ($p=0,11$) e especialmente na de *E. coli* ($p=0,60$), mas os dados mostram que a tendência é de que a concentração de bactérias seja maior no efluente final tratado *com esterco* (**Figura 6.9**). Os altos valores encontrados para o coeficiente de variação para o parâmetro *E. coli* e Coliformes Totais sugerem que existe uma alta dispersão dos dados, sendo necessário o avanço das pesquisas na área, envolvendo um número maior de amostras ($n=4$ para o período *sem esterco* e $n=3$ para o período *com esterco*).

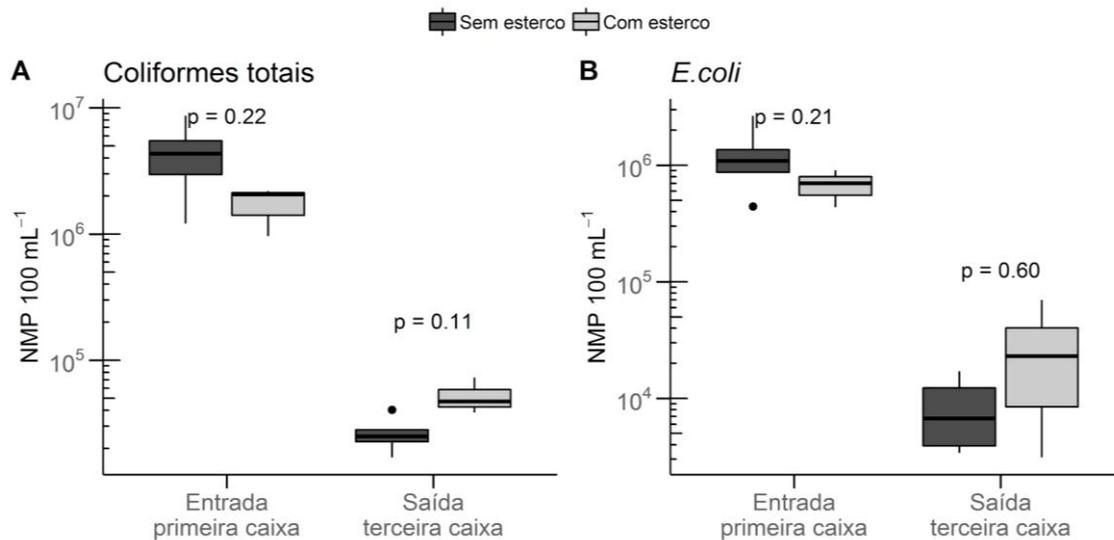


Figura 6.9. Total de (A) Coliformes totais e (B) *E. coli* no FSB. O valor de *p* representa o nível de significância para a comparação de médias das etapas *sem esterco* e *com esterco*. Valores de *p* >0,05 indicam que não existem diferenças significativas.

O valor médio de *E. coli* encontrado no efluente final *com esterco* durante esta pesquisa foi de $3,20 \cdot 10^4$ NMP 100 mL⁻¹ ou $4,5 \log_{10}$ NMP 100 mL⁻¹ (Tabela 6.2). Outras pesquisas realizadas indicam concentrações similares de *E. coli* no efluente final, como Lofti (2016) que encontrou valores na faixa de 10^2 - 10^5 NMP 100mL⁻¹ no efluente final de diferentes sistemas, Leonel, Martelli e Silva (2013) que encontraram $4,4 \times 10^3$ coliformes termotolerantes e Soares *et al.* (2016 b) que encontraram um valor médio de coliformes termotolerantes muito similar ao desse estudo ($4,59 \log_{10}$ NMP 100 mL⁻¹).

Tabela 6.2. Média, coeficiente de variação e remoção de coliformes totais e *E. coli* na fossa séptica biodigestora monitorada em Campinas/SP.

Regime	Coleta	Coliformes totais			<i>E. coli</i>		
		Média [NMP 100 mL ⁻¹]	Log ₁₀ [NMP 100ml ⁻¹]	Coeficient e de variação [%]	Média [NMP 100 mL ⁻¹]	Log ₁₀ [NMP 100ml ⁻¹]	Coeficient e de variação [%]
Sem esterco	Entrada (n = 4)	4,64 10 ⁶	6.67	66.24	1,32 10 ⁶	6.12	71.21
	Saída (n = 4)	2,66 10 ⁴	4.43	36.79	8,90 10 ³	3.95	72.46
	Remoção	99.4%	2.24		99.3%	2.17	
Com esterco	Entrada (n = 3)	1,74 10 ⁶	6.24	38.93	6,83 10 ⁵	5.83	34.89
	Saída (n = 3)	5,28 10 ⁴	4.72	33.90	3,20 10 ⁴	4.50	106.90
	Remoção	97.0%	1,52		95.3%	1.33	

n: Número de amostras

NMP: Número mais provável

No caso do efluente gerado *sem* a adição do inoculante, este mostrou uma tendência a apresentar uma concentração menor de *E. coli* (média de $8,9 \times 10^3$ NMP 100 mL⁻¹) e uma eficiência maior na sua remoção (3 logs), mas não foi observada diferença significativa entre os dois efluentes finais. A ausência de coliformes fecais observada por Novaes *et al.* (2002) não foi observada em nenhuma das amostras, *com* ou *sem* esterco. Apesar desta ser uma das primeiras e mais populares publicações sobre a eficiência da FSB na remoção de patógenos, não há menção sobre o número de amostras analisadas e nem detalhes das condições experimentais.

Segundo Novaes *et al.* (2002), a FSB é um sistema que evita a proliferação de doenças veiculadas por água contaminada e um dos benefícios da tecnologia seria a

eliminação de patógenos (Faustino, 2007). No entanto, Soares *et al.*, (2016 b) encontraram a bactéria *Salmonella sp* e o protozoário *Balantidium coli* em amostras de efluente tratado pela FSB (Soares *et al.*, 2016 b), o que corrobora com a ideia de que a presença de coliformes é um bom indicador de patogenicidade do efluente tratado (Silva, 2014).

Chernicharo (2007) aponta que têm sido registradas baixas eficiências na remoção de coliformes fecais em reatores anaeróbios, normalmente na ordem de 1 log. O autor também avalia que a remoção de ovos de helmintos nestes sistemas é insuficiente para produzir efluentes que possam ser utilizados na irrigação (Chernicharo, 2007). Concentrações razoáveis de *E. coli* no efluente final, um dos principais indicadores de contaminação fecal, e a baixa remoção pelo processo de tratamento (1 log no tratamento *com esterco*), sugerem que é necessário mais atenção à disposição final do efluente e muito cuidado com o seu manuseio. O possível arraste de lodo que ocorre entre as caixas também pode disseminar ovos de helmintos e cistos/oocistos de protozoários que normalmente se concentram no lodo e não no efluente. Mais pesquisas específicas sobre esse tema devem ser desenvolvidas para verificar a contaminação por helmintos e protozoários.

Há ainda muita controvérsia em relação ao padrão de qualidade dos efluentes para reúso, levando-se em conta os seus riscos de contaminação microbiológica e há também diversas metodologias para avaliar estes riscos potenciais (Bastos e Bevilacqua, 2006). No Brasil, as normas para o reúso agrícola ainda são incipientes e bastante vagas (ex: CNRH 2005 e 2010), e valores internacionais de referência estipulados pela WHO e pela USEPA são normalmente utilizados (Bastos e Bevilacqua, 2006). Na publicação da WHO (2006 b), o limite de *E. coli* em água de reúso é de 10^4 para práticas de agricultura de trabalho intensivo e não mecanizado. Bastos e Bevilacqua (2006) também mencionam que para a irrigação superficial de culturas como as frutíferas, o número máximo de coliformes termotolerantes ou de *E. coli* não deve ultrapassar 1×10^4 , o que ocorreu no tratamento *com esterco*.

O uso de efluentes tratados para a irrigação na agricultura pode trazer inúmeros benefícios, mas aspectos ambientais, socioculturais, econômicos e

especialmente de saúde devem ser considerados (WHO, 2006 a). Alguns comportamentos adotados pelos trabalhadores rurais e suas famílias podem ajudar a evitar problemas de saúde, entre eles o uso de equipamentos de segurança e o reduzido contato com os vetores (WHO, 2006 a). Infelizmente estas condições não foram observadas na prática em Pedra Branca. O uso de luvas não ocorria durante a aplicação do efluente tratado (**Figura 6.4 B**) e o manuseio frequente da mangueira de aplicação era comum. Além disso, a pressão de saída do efluente também gerava respingos (**Figura 6.10 A**) que atingiam o tronco das goiabeiras e os frutos mais baixos. Também foi possível observar a livre circulação de animais domésticos (**Figura 6.10 B**) e crianças circulavam na área de aplicação do efluente. Por fim, é importante ressaltar que a residência da família ficava muito próxima do sistema de tratamento de esgoto e portanto do local da aplicação do efluente e que não havia controle sobre a data da aplicação em relação à data da colheita dos frutos (não havia, portanto, período de carência).

Estas características não são incomuns em outras áreas rurais brasileiras e devem ser bem compreendidas e problematizadas dentro do contexto do uso do biofertilizante já que este nem sempre vai atender aos padrões considerados seguros para o seu uso agrícola. Por isso, algumas publicações recomendam que o uso de efluente tratado na produção agrícola seja bem avaliado por profissionais e que seja feito apenas indiretamente, por exemplo, por meio da infiltração em valas subsuperficiais (Tonetti *et al.*, 2018).

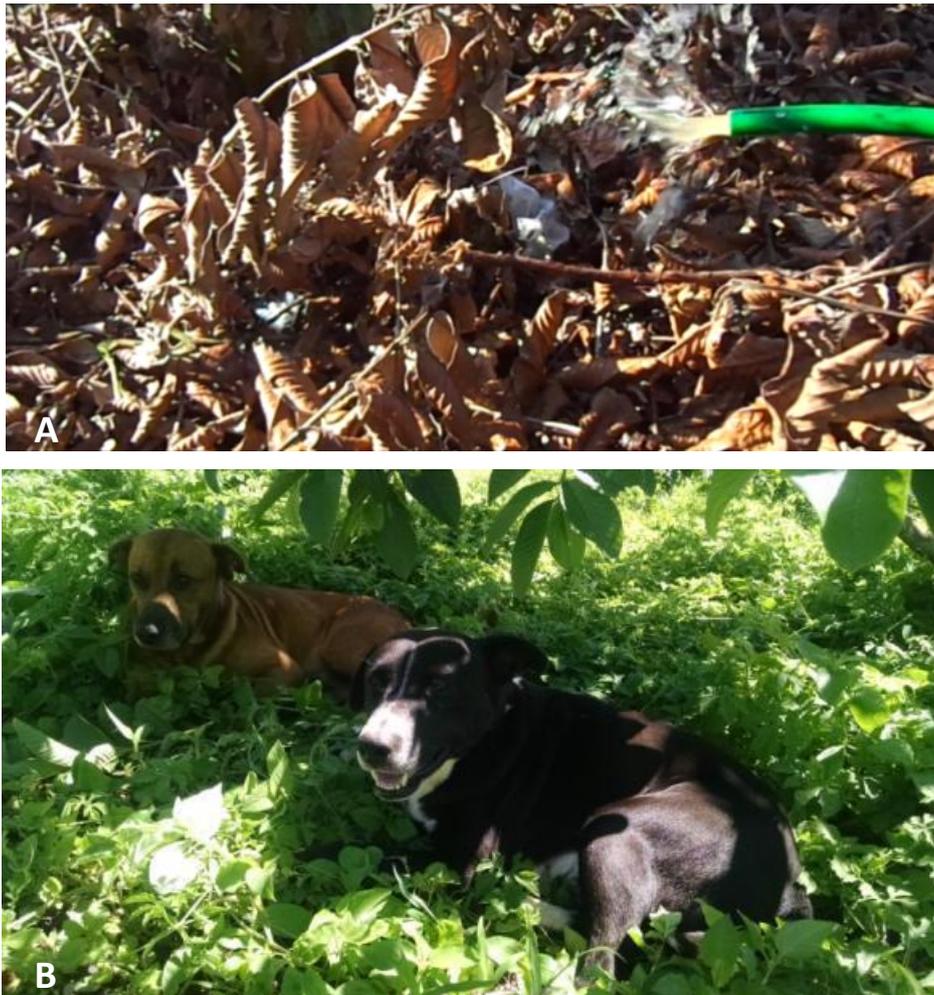


Figura 6.10. Situações reais registradas na propriedade com a FSB instalada. A) Respingos gerados pela aplicação do efluente no solo. B) Descanso de animais domésticos em área recém-irrigada com efluente da FSB.

Avaliação da aplicação do efluente no solo

Em relação aos resultados da aplicação do efluente da FSB no solo, estes encontram-se organizados na **Tabela 6.3**. Não foram encontradas diferenças significativas entre as médias dos parâmetros avaliados em área com e sem aplicação do efluente da fossa séptica biodigestora (Mann Whitney $\alpha = 0,05$). No entanto, recomenda-se que um estudo mais amplo seja desenvolvido para que mais amostras possam ser comparadas.

Tabela 6.3. Efeito da aplicação do efluente da FSB nos atributos químicos associados a fertilidade do solo. Valores compostos de média \pm desvio padrão.

Parâmetros avaliados		Plantação de Goiaba sem irrigação ¹	Plantação de Goiaba Irrigada com efluente ²	Classificação
pH	-	5,7 \pm 0,4	5,7 \pm 0,0	5,5-6,0 (bom) ⁽³⁾
CE	dS/m	0,7 \pm 0,1	1,2 \pm 0,6	-
Ca	mmolc/dm ³	153 \pm 46	214 \pm 70,7	>40 (muito alto) ⁽³⁾
Mg	mmolc/dm ³	17 \pm 2,1	17 \pm 4,2	>15 (muito alto) ⁽³⁾
K	mmolc/dm ³	4,3 \pm 1,7	5,4 \pm 0,3	
Na	mmolc/dm ³	0,4 \pm 0,5	2,2 \pm 2,2	-
P	mg/dm ³	808 \pm 399	1031 \pm 205	>60 (muito alto) ⁽³⁾
NTK	g/kg	4,6 \pm 1,4	5,9 \pm 1,0	-
PST	%	0,22 \pm 0,3	1,01 \pm 1,2	<7% (normal) ⁽⁴⁾
MO	g/dm ³	80 \pm 19,7	100,5 \pm 20,5	-

(1) Média de três coletas realizadas em 02/2017, 07/2017 e 01/2018.

(2) Média de duas coletas realizadas em 07/2017 e 01/2018.

(3) Classificação de Raij *et al.* (1997).

(4) Classificação de EMBRAPA (2013).

pH: acidez ativa do solo. CE: Condutividade elétrica. Ca: cálcio. Mg: magnésio. Na, K e P: sódio, potássio e fósforo. NT: Nitrogênio Total Kjeldahl. PST: Percentual de sódio trocável. MO: Matéria orgânica.

Quanto ao atributo pH, não ocorreu mudança no seu valor médio no solo com a irrigação com efluente da FSB (5,7 \pm 0,4). O pH encontrado denota acidez baixa e atende às exigências para culturas perenes, cujo ideal está entre 5,5 e 6,0 (Raij *et al.*, 1997).

Segundo Faustino (2007), o pH de águas residuárias usadas na irrigação de sistemas agrícolas não tem afetado significativamente o pH do solo, por causa do seu poder tampão. No entanto, Faustino, Silva e Nogueira (2007) e Faustino (2007),

observaram que solos que receberam a aplicação do efluente da FSB tiveram o pH ligeiramente mais básico que áreas adubadas que não receberam, especialmente na camada de 0-10cm (Novaes *et al.*, 2002).

Também foi possível observar que a aplicação do efluente tratado no solo levou a um pequeno aumento nos teores de matéria orgânica (MO), nitrogênio total (NTK), Ca e P, porém sem diferença estatística entre os valores obtidos para as áreas com e sem a aplicação (Mann Whitney $\alpha = 0,05$).

O aumento de matéria orgânica no solo adubado com o efluente da FSB também foi observado por Galindo e Silva (2010) que expressaram os resultados em percentagem. Faustino (2007) e Faustino, Silva e Nogueira (2007) também observaram essa tendência, mas com valores muito próximos entre os tratamentos com e sem a aplicação de efluente no solo. Novaes *et al.* (2002) observou um teor de MO de 15 g/dm³ no solo irrigado com MO, valor bem mais baixo do que o encontrado nesta pesquisa.

Os resultados obtidos no presente estudo, são similares aos encontrados por Barreto *et al.*, (2013), que observaram acréscimos de P e K no solo após aplicação de efluente tratado. Faustino (2007) e Faustino, Silva e Nogueira (2007) também verificaram o aumento da concentração de macro e micronutrientes no solo irrigado com efluente da FSB.

No entanto, os teores de nutrientes disponíveis no solo (Ca, Mg e P) já eram bastante elevados no solo antes da irrigação com o efluente tratado. O teor de P disponível no solo para culturas perenes foi classificado como “muito alto” (>60 mg/dm³) de acordo com Raij *et al.* (1997), e o K trocável, como “alto” (3,1 a 6,0 mmolc/dm³), indicando uso excessivo de fertilizantes. Esta situação parece ser comum em áreas de cultivo da região de Pedra Branca, e já foi observada em outras localidades onde, de acordo com Lorenço Junior (2011), a adubação é feita frequentemente com base em orientações empíricas, utilizando-se de fertilizantes sem levar em conta a disponibilidade de nutrientes estimada pela análise de solo, e as necessidades das plantas.

Com relação ao percentual de sódio trocável (PST), notou-se um ligeiro aumento nos valores na região irrigada com efluente da FSB (**Tabela 6.3**). A área que

não recebeu a aplicação do efluente mostrou um valor de PST de $0,22 \pm 0,3\%$, enquanto a área irrigada com aplicação do biofertilizante apresentou $1,01 \pm 1,2\%$. Esses valores estão dentro do recomendado por EMBRAPA (2013) que classifica como normal o solo com $PST < 7\%$. Para Queiroz *et al.* (2010), quando os níveis de PST do solo atingem 15%, o mesmo é considerado sódico, afetando os seus atributos estruturais e hidráulicos, limite este também adotado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

O sódio (Na) presente na água de irrigação favorece a elevação do PST no solo, afetando as propriedades físicas e químicas e dificultando a atividade da água a ser utilizada pela planta (Gheyi, 2000). O Na é refletido diretamente no valor da CE do solo que foi de $1,2 \pm 0,6 \text{ dS m}^{-1}$ nas áreas que receberam a aplicação de efluente e $0,7 \pm 0,1 \text{ dS m}^{-1}$ nas áreas que não receberam. Faustino (2007) observou valores de CE para a camada de solo de 10-20 cm irrigada com efluente da FSB de $0,14 + 0,1 \text{ dS m}^{-1}$, valor maior do que para a mesma camada de solo em uma área controle ($0,11 + 0,01 \text{ dS m}^{-1}$).

Com relação aos parâmetros microbiológicos avaliados no solo, a tabela (Tabela 6.4) traz os principais resultados.

Tabela 6.4. Efeito da aplicação do efluente da FSB nos atributos microbiológicos do solo.

Parâmetros avaliados	Plantação de Goiaba sem irrigação ¹	Plantação de Goiaba Irrigada com efluente ²	Recomendação
Coliformes totais			
(NMP g ⁻¹ de solo)	$11,8 \pm 4,9$	$\geq 1100 \pm 0$	≤ 5000 (normal) ⁽³⁾
<i>Escherichia coli</i>			
(NMP g ⁻¹ de solo)	$3,5 \pm 3,1$	$7,7 \pm 0,8$	< 3 (alto) ⁽³⁾

(1) Média das coletas de 02/2017, 07/2017 e 01/2018. (2) Média das coletas de 07/2017 e 01/2018. (3) Recomendação segundo MAPA (2003). NMP: Número mais provável.

A quantidade de coliformes totais é 100 vezes maior nas amostras de solo que receberam irrigação com o biofertilizante. Abreu, I. M. O. *et al.* (2010) compararam diferentes fontes de adubação orgânica com a adubação mineral e não verificaram contaminação por coliformes termotolerantes em amostras de solo, atribuindo tal fato à água de irrigação. O mesmo parece ter acontecido em Pedra Branca, já que a única diferença entre as duas áreas estudadas foi a utilização do efluente da FSB já que a adubação (mineral + orgânica) foi a mesma nas duas áreas durante toda a pesquisa.

As duas coletas realizadas com amostras de solo irrigado com efluente tiveram a contagem de coliformes totais mais alta do que o limite estipulado pela técnica utilizada (membranas filtrantes) para a diluição utilizada (≥ 1100 NMP g^{-1} de solo), e isso pode ter mascarado valores ainda mais altos. Dessa forma, os valores de coliformes totais obtidos na área irrigada com efluente podem ter sido superiores ou inferiores ao valor de 5.000 NMP 100 mL^{-1} , limite máximo exigido pelo MAPA (2003) para a irrigação de frutas frescas. Mais amostras serão necessárias para que essa dúvida seja sanada.

Com relação a *E. coli*, foi constatada a sua presença em ambos os tratamentos (sem irrigação e com irrigação do efluente da FSB), sendo que ambas as amostras apresentam valores maiores do que o recomendado pelo MAPA (2003) que estipula limite de $3,0$ NMP g^{-1} de solo. Inúmeros fatores interferem na sobrevivência dos patógenos, tais como tempo de contato solo-efluente (Rocha *et al.*, 2003); sistema de irrigação (Varallo *et al.*, 2011); luz solar, pH, temperatura, concentração de matéria orgânica e consumo dos substratos por outros microrganismos e umidade relativa do ar. Mesmo sendo o solo um local onde a inativação de patógenos é natural, existem grupos mais resistentes e condições mais propícias à contaminação ambiental (WHO, 2006 a).

No entanto, a concentração de *E. coli* maior do que a permitida presente no efluente final combinada com a proximidade da lavoura em relação às residências, o acesso de animais domésticos e crianças à área irrigada (**Figura 6.10**), a falta de controle em relação à data da aplicação do biofertilizante e tempo de carência necessário e especialmente o não uso de equipamentos de segurança (ex: luvas, **Figura**

6.4) faz com que a aplicação do efluente tratado possa apresentar riscos à saúde dos trabalhadores e das famílias que moram na região.

Avaliação da percepção dos usuários do sistema

Em relação à percepção dos moradores da residência onde foi implantada a FSB (Luzia e Antônio), a realização da observação participante durante um ano, conversas informais e a realização da entrevista semi-estruturada ao final da pesquisa permitiram o levantamento de muitos pontos interessantes.

A construção da FSB foi considerada simples pelos moradores, e com os esquemas/desenhos fornecidos pela EMBRAPA, foi fácil realizar a implantação. Para Antônio, qualquer pessoa pode construir esse sistema, basta que haja os materiais necessários. O mutirão também foi considerado um momento positivo já que *“todos estavam estudando e deu pra aprender”* (Luzia). A vinda de outras pessoas ao sítio, no mutirão e em momentos de coleta de amostras e vistas técnicas, foi lembrado como um ponto positivo do projeto.

Para Luzia e Antônio o sistema tem funcionado bem, não há produção de mau-cheiro e os únicos insetos observados foram algumas larvas dentro da primeira caixa, que eles acreditam que tenham vindo junto com o esterco fresco. Luzia considera que o sistema é fácil de manter e que *“a aplicação é tranquila”* e Antônio ressalta que a aplicação do efluente *“não faz mal pra goiaba”*. Campolim, Soares e Feiden (2010) também encontraram percepção semelhante ao entrevistar membros de 17 famílias que possuíam FSBs no Mato Grosso do Sul. Todos os agricultores relataram que os processos de manutenção são simples, exigindo apenas atenção e boa vontade. Também mencionaram que o esforço é pequeno e os resultados do uso da tecnologia, compensadores (Campolim, Soares e Feiden, 2010 e 2011).

Porém, apesar de saberem que a manutenção do sistema envolve a remoção e aplicação do biofertilizante de forma frequente, foi observado, em alguns momentos, o transbordo da caixa de armazenamento por falta de tempo para a aplicação ou pelo enchimento mais precoce do que o esperado, devido à visita de parentes. Também foi

constatado, através de conversas informais, que depois do fim da etapa de coleta de amostras de efluente pelos pesquisadores, o esterco fresco não foi mais colocado no sistema. Os pesquisadores eram os responsáveis pela coleta e transporte do esterco fresco durante a pesquisa, e depois da finalização das análises, esta prática deixou de acontecer, não tendo sido assumida pela família residente.

Essa deve ser uma prática comum em outras residências rurais que possuem FSBs, seja pela distância em relação aos locais de produção de esterco fresco, seja pela alta demanda de trabalho dos agricultores. Dessa forma, a não aplicação do material inoculante mensalmente, conforme testado durante esta pesquisa, pode ser uma boa opção para algumas famílias.

A FSB substituiu bem o antigo sistema de tratamento de esgoto da residência (**Figura 6.11**) que era *“uma fossa normal, na terra. Não era cimentada, penetrava na terra. Tinha muito rato, barata na fossa antiga. Cheiro ruim, mosquito. Aí enchia e tinha que jogar pra fora, pro chão. Era muito ruim, não era bom não”*. O novo sistema foi considerado melhor que o antigo já que *“evita bicho na porta de casa, cheiro, barata, rato. Nos cantos tinha buraco de rato. Agora acabou.”*

Durante a entrevista realizada no final da pesquisa, Luzia avalia que *“a fermentação limpa a água e ela sai da terceira caixa mais própria pra usar na plantação”*. Durante as visitas realizadas na propriedade por mais de um ano, era comum observar o entusiasmo da família com a possibilidade de reúso do efluente e pelo fato deste ser um “adubo natural”, pouco ou nenhum cuidado era tomado com a aplicação do efluente no que se refere ao uso de luvas e calçados. Este é um ponto importante e que merece atenção, pois devido à grande concentração de *E. coli* no efluente final, existe sim a possibilidade de contaminação dos agricultores durante o manejo do biofertilizante.

Mesmo sendo considerado um bom sistema de tratamento de esgoto, existe temor pelo preconceito dos consumidores em relação às frutas produzidas com o uso do biofertilizante: *“tem gente que não vai comprar a sua goiaba porque rega com cocô”* (Luzia). A mesma desconfiança inicial em relação à qualidade do efluente final foi observada por Abreu, N. F. *et al.* (2010), mas foi dissipada depois da participação

dos agricultores em uma atividade do tipo dia de campo.



Figura 6.11. Residência de Luzia e Antônio antes e depois da intervenção do Projeto Saneamento Rural. **A)** Fossa rudimentar com tampa precária localizada na porta da casa. **B)** Local limpo e com a fossa aterrada depois da construção da FSB.

Um ponto importante observado durante a pesquisa foi o cuidado com as novas regras de higienização do vaso sanitário. No início da implantação, essa foi uma questão bastante debatida, e que foi levantada principalmente por Luzia. Abreu, N. F.

et al. (2010) observaram o mesmo em assentamentos rurais de Corumbá/MS. Os pesquisadores constataram que as principais observações e dúvidas quanto aos cuidados com a limpeza do banheiro foram levantadas pelas mulheres, grupo chave na implantação exitosa do projeto (Abreu, N. F. *et al.*, 2010). A mudança na forma de higienizar o vaso sanitário é um ponto importante para o sucesso da tecnologia, como explicado por Silva, Marmo e Leonel (2017). Dessa forma, a adesão da família aos novos hábitos, mesmo quando Luzia expressa que *“gostava mais de passar desinfetante, mas agora passo só detergente”* é uma demonstração do seu compromisso.

A tecnologia FSB foi indicada a vizinhos pelo seu bom funcionamento e Luzia e Antônio acreditam que todas as chácaras da região deveriam ser envolvidas no projeto. Comportamento semelhante foi observado por Campolim, Soares e Feiden (2010 e 2011) em assentamentos de Mata Grosso do Sul. Os autores observaram que agricultores que haviam instalado a tecnologia manifestaram que esta deveria ser apropriada pelo maior número possível de famílias.

Alguns vizinhos em Pedra Branca (Campinas/SP) de fato implantaram FSBs ao longo do período da pesquisa, mas inicialmente os resultados não foram satisfatórios já que as fossas apresentaram mau cheiro e a procriação de larvas²⁷. Luzia e Antônio então solicitaram o meu apoio para uma visita técnica a estas propriedades. Durante esta visita eles fizeram perguntas para os vizinhos sobre o manejo do sistema, deram sua opinião em relação ao seu funcionamento e insistiram para que eu coletasse uma amostra. Estes são bons indicativos de que eles tiveram compreensão total da importância e de como funciona uma pesquisa, e que ela foi de fato construída de forma participativa, com envolvimento da comunidade.

Durante as visitas a campo, eu sempre explicava o que estava sendo realizado e sempre solicitava a ajuda dos moradores nas atividades de coleta e eventual manutenção dos sistemas. Também foram frequentes os momentos de devolutiva em

²⁷ As FSB foram instaladas com recursos da Prefeitura Municipal de Campinas, no âmbito do projeto Pagamento por Serviços Ambientais. O mau cheiro das unidades foi avaliado pela equipe da prefeitura e foi observado que alguns chuveiros haviam sido conectados ao sistema que estava operando com um TDH muito baixo e que o efluente final não estava sendo disposto de forma adequada, sendo apenas entornado da última caixa que permanência com a tampa sempre entreaberta.

relação aos resultados da pesquisa e aos seus próximos passos (**Figura 6.12**), de modo que todos estavam a par das descobertas e encaminhamentos necessários. Novamente a pesquisa participante se mostrou uma referência fundamental para a realização da pesquisa, mesmo em sua fase mais “técnica”.



Figura 6.12. Imagem da participação de Antônio e Luzia durante a pesquisa. **A)** Auxílio na coleta de amostras de efluente. **B)** Devolutiva sobre resultados preliminares da pesquisa.

6.6 Conclusões

A avaliação da importância da adição do esterco na qualidade do efluente final da fossa séptica biodigestora aponta para um cenário inesperado em que apenas o parâmetro CE foi afetado de modo significativo pela adição do inoculante, sugerindo que a adição mensal do inoculante não é fundamental para o bom funcionamento do sistema.

De maneira geral, pH, turbidez, SST e matéria orgânica (DQO e DBO) não foram impactadas de modo significativo com a adição de esterco. No caso de parâmetros microbiológicos, a tendência é de que eles sejam afetados negativamente pela adição do inoculante, gerando um efluente com maior concentração de bactérias, o que deve ser olhado com atenção pelos riscos à saúde ambiental e dos trabalhadores rurais locais. Para a CE, a adição de esterco bovino fresco contribuiu para a sua diminuição no efluente final, o que é benéfico para a saúde do solo e das plantas.

Dessa forma, apesar de diversos autores acreditarem que a formação do efluente final na FSB seja influenciada pela utilização do esterco fresco, de modo geral não foi possível observar diferenças significativas entre o efluente final *com ou sem* a sua adição durante a pesquisa. Com base nos resultados apresentados, podemos concluir que a adição da mistura inoculante não provocou um impacto positivo significativo no desempenho do tratamento de efluentes pela fossa séptica biodigestora implantada em Pedra Branca. Esse resultado pode contribuir para a ampliação do uso da tecnologia em locais onde não existe a criação de gado ou que não possa ser garantida a regularidade da manutenção da FSB. No entanto, outras pesquisas devem ser conduzidas para verificar se os mesmos dados são obtidos em outras condições reais e para avaliar a influência da adição do esterco no solo, por exemplo.

Os resultados observados para o efluente final são similares aos encontrados por outros pesquisadores, mas alguns resultados encontrados durante a pesquisa parecem demonstrar uma eficiência menor do sistema implantado em Pedra Branca. No entanto, a forma como foi feita a coleta do efluente durante esta pesquisa (da

parte de baixo da caixa, por mangueira conectada a um registro) difere da forma como as outras pesquisas na área realizaram a coleta das amostras, mas reflete a forma com que o efluente é utilizado nas situações de aplicação real e por isso deve ser levada em consideração. Grande atenção deve ser dada à concentração de *E. coli* no efluente final, maior do que a recomendada por organismos internacionais.

Em relação aos impactos do uso do efluente no solo, também não foram observadas diferenças significativas para os parâmetros avaliados. A tendência observada, no entanto, foi o aumento da concentração de matéria orgânica e nutrientes no solo depois das aplicações do biofertilizante. No entanto, aumentaram também os teores de Na, o PST, CE e a bactérias nas áreas tratadas com a aplicação do efluente quinzenalmente. Apesar do solo ainda não se demonstrar impactado ou em processo de salinização, a forma como é feita a aplicação do efluente, o pouco cuidado prestado com a segurança do trabalhador e a proximidade das residências são fatores importante e que podem impactar negativamente os moradores locais.

A percepção dos moradores locais sobre o sistema é positiva e a possibilidade da aplicação do efluente tratado na lavoura é vista com bons olhos, apesar do temor pela reação dos consumidores das frutas. A substituição da fossa rudimentar antiga pela FSB foi muito bem recebida e é considerada o ponto mais positivo da tecnologia. A instalação e manutenção da FSB foi considerada simples, mas a adição mensal de esterco não foi realizada de forma espontânea quando os pesquisadores pararam de acompanhar o sistema. A participação de Luzia e Antônio durante a pesquisa permitiu que eles compreendessem bem o que estava sendo avaliado e o funcionamento do sistema implantado na sua residência.

De forma geral, as críticas à FSB se baseiam, principalmente, no fato do efluente final ser disperso superficialmente no solo, o que pode levar à sua contaminação, à de fontes de água e da própria população local que é responsável pelo manuseio do efluente. Estes riscos poderiam ser agravados se a aplicação do biofertilizante for realizada de forma incorreta e sem a utilização de equipamentos de proteção individual (o que ocorre com frequência) e em condições ambientais específicas, como locais com o lençol freático superficial e solo poroso, por exemplo.

As vantagens da tecnologia (baixo custo, simplicidade técnica, pouca manutenção e eficiência próxima a de um tanque séptico convencional) corroboram para sua ampla distribuição e aceitação, e para que o efluente final tenha um destino mais adequado do ponto de vista sanitário, recomenda-se a sua infiltração subsuperficial.

O grande êxito obtido pela Embrapa, órgãos de assistência técnica, poder público e projetos socioambientais na replicação da tecnologia merecem grande louvor dentro do contexto do abandono do saneamento rural brasileiro. Porém, é fundamental o fomento à mais pesquisas na área, com maior rigor científico e duração, para que os resultados da aplicação das fossas sépticas biodigestoras possam ser mais conclusivos e para que os riscos potenciais da aplicação do efluente tratado possam ser melhor compreendidos e enfrentados.

6.7 Referências Bibliográficas

- ABNT. 1993. **Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos - NBR 7229**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- Abreu, I. M. O.; Junqueira, A.M.R.; Peixoto, J.R.; Oliveira, S.A. 2010. **Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica**. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, p.108-118, Suplemento 1.
- Abreu, N. F. et al. 2010. **Apropriação Participativa da Tecnologia Fossa Séptica Biodigestora: Olhares Múltiplos**. 5º Simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal. Corumbá/MS.
- APHA. 2012. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22ª ed. Washington: American Public Health Association.
- Barreto, A.N.; Nascimento, J.J.V.R.; Medeiros, E.P.; Nóbrega, J.A.; Bezerra, J.R.C. 2013. **Changes in chemical attributes of a fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.480-486.
- Bastos, R. K. X.; Bevilacqua, P. D. **Normas e critérios de qualidade para reúso da água**. In: Florêncio, L; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2006
- Brasil. 2017. Ministério das Cidades. **Portaria nº 268/2017 que regulamenta o Programa Nacional de Habitação Rural, integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida**.
- Campolin, A. I.; Soares, M. T. S.; Feiden, A. 2010. **Fossa séptica biodigestora: participação e apropriação de tecnologias na reforma agrária**. 3º Seminário de Agroecologia do Mato Grosso do Sul.
- Campolin, A. I.; Soares, M. T. S.; Feiden, A. 2011. **Seleção, implantação, validação e apropriação da tecnologia fossa séptica biodigestora em assentamentos de**

- reforma agrária.** Corumbá: Embrapa Pantanal. 5p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 88).
- CETESB. 2006. Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo. **Instrução técnica n.32. Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura.** São Paulo: CETESB. 11p.
- CETESB, 2011. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).
- Chernicharo, C. A. L. 2007. **Reatores Anaeróbios.** 380p. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Civiatta, C.; Vittori, L.A.; Sequi, P. 1989. **Determination of organic carbon in soils and fertilizers.** Institute of Agricultural Chemistry University of Bologna. Commun. In: Soil Sci. Plant Anal, 20, 759-773.
- Clescerl, L.S., Greenberg, A.E., Andrew, D.E. 1998. **Standard Methods for Examination of Water & Wastewater.** 20th ed. American Public Health Association, 9222, Washington, DC, pp. 1801–1824.
- CNRH. 2005. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005.** Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Brasília, DF: Dou, 9 mar. 2006.
- CNRH. 2010. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CNRH nº 121, de 28 dezembro de 2010.** Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 2010.
- Costa, C. C.; Guilhoto, J. J. M. 2014. **Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora.** Eng Sanit Ambient. Edição Especial. 2014: 51-60.

- EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA. 353p.
- EMBRAPA, 2017. **Governo adota Fossa Séptica Biodigestora desenvolvida na Embrapa como política pública**. Portal Saneamento Básico (24/05/2017). Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/governo-fossa-septica-biodigestora-desenvolvida-na-embrapa/#.WZHE-PnJgKY.facebook>
- Faustino, A. S. 2007. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. Dissertação (mestrado). São Carlos: UFSCar. 121 p.
- Faustino, A. S.; Silva, W. T. L.; Nogueira, A. R. A. 2007. **Avaliação da fertilidade do solo após adição de efluente produzido por fossa séptica biodigestora**. XXI Congresso Brasileiro de ciência do solo. Gramado/RS.
- FBB. 2010. **Tecnologia Social, Fossa Séptica Biodigestora. Saúde e Renda no Campo: saiba como montar um sistema inovador de esgoto sanitário**. Brasília: Fundação Banco do Brasil. 32pgs.
- Galindo, N.; Silva, W. T. L.; Novaes, A. P.; Godoy, L. A.; Soares, M. T. S.; Galvani, F. 2010. **Documentos 49: Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2010. 26 p.
- Galindo, Natalia; Silva, Wilson, Tadeu. 2010. **Determinação de matéria orgânica em solos submetidos à adição de efluente de fossa séptica biodigestora**. In: Caracterização, aproveitamento e geração de novos produtos de resíduos agrícolas, agroindustriais e urbanos. Milori *et al.* (coordenadores). Embrapa instrumentação, São Carlos-SP.
- Galvão, S. R. S.; Salcedo, I. H.; Oliveira, F. F. 2008. **Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.43, n.1, p.99-105, jan. 2008.

- Gheyi, H.R. 2000. **Problemas de salinidade na agricultura irrigada**. In: Oliveira, T. S. de; Assis Jr, R. N.; Romero, R. E.; Silva, J. R. C. (org). Agricultura, sustentabilidade e o semiárido. Viçosa: Folha de Viçosa/SBCS. v.1. p.329-346.
- Gil, A. C. 2008. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas.
- Leonel, L. F; Martelli, L. F. de A.; Silva, W. T. L. 2013. **Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante**. III SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT.
- Lofti, Pedro Carlos Sztajn. 2016. **Avaliação preliminar da eficiência de fossas biodigestoras no tratamento de esgoto unidomiciliar- Assentamento Nova São Carlos e Santa Helena, São Carlos (SP)**. Monografia. USP São Carlos.
- Lourenço Junior, B.A. 2011. **Desenvolvimento de laranjeira Pêra *Citrus sinensis* (L.) Osbeck enxertada em limoeiro cravo (*Citrus limonia*) e cultivada com pó de basalto**. Dissertação (Mestrado em Fisiologia do Desenvolvimento Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 87p.
- MAPA. 2003. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 62, de 26 de agosto de 2003**. Disponível em: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-62-de-26-08-2003,665.html>.
- Mota, S.; Fonseca, A. F.; Stefanutti, R.; Volschan Jr, I.; Naval. L. **Capítulo 6: Irrigação com esgotos sanitários e efeitos nas plantas**. In: Florêncio, L; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2006
- Novaes, A. P.; Simões, M. L.; Marantin-Neto, L.; Cruvinel, P. E.; Santana, A.; Novotny, E. H.; S Santiago, G.; Nogueira, A. R. A. 2002. **Comunicado Técnico 46: Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária. 5 p.

- Otenio, M. H. Souza, F. F. C.; Ligório, P. P. L.; Fazza, E.; Soares, G.; Bernardo, W. F.; Magalhães, V. A. 2014. ***Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor***. Brasília, DF: Embrapa. 44 p.
- Peres, L. J. S.; Hussar, G. J.; Beli, E. 2010. ***Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora***. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 1, p. 020-036, jan./mar. 2010.
- Queiroz, J.E.; Gonçalves, A.C.A.; Souto, J.S.; Folegatti, M.V. 2010. ***Avaliação e monitoramento da salinidade do solo***. In: Gheyi, H.R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C.F. de (ed.) Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal. p.63-81
- Raij, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. 2001. ***Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais***. Instituto Agrônomo de Campinas (SP).
- Rocha, R.E.M.; Pimentel, M.S.; Zago, V.C.P.; Rumjanek, N.G.; De-Polli, H. 2003. ***Avaliação de biossólido de águas servidas domiciliares como adubo em couve***. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.38, p.1435-1441, 2003.
- Serafim, M. P.; Dias, R. B. 2013. ***Tecnologia social e tratamento de esgoto na área rural***. In: COSTA, A. B. (Org.). Tecnologia Social e Políticas Públicas. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, Gapi/Unicamp. São Paulo. 284 p.
- Silva, W. T. L. 2014 a. ***Saneamento básico rural / ABC da Agricultura Familiar***. Brasília, DF: Embrapa. 68 p.
- Silva, W. T. L. 2014 b. ***Sistemas biológicos simplificados aplicados ao Saneamento Básico Rural***. In: Conceitos e aplicações da instrumentação para o avanço da agricultura. João de Mendonça Naime, Luiz Henrique Capparelli Mattoso, Wilson Tadeu Lopes da Silva, Paulo Estevão Cruvinel, Ladislau Martin-Neto, Sívio Crestana (editores).Brasília, DF: Embrapa, 2014.

- Silva, W. T. L. da; Faustino, A. S.; Novaes, A. P. de. 2007. **Documentos 34: Eficiência do processo de biodigestão em fossa séptica biodigestora inoculada com esterco de ovino**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 20 p. Embrapa Instrumentação Agropecuária.
- Silva, W. T. L.; Marmo, C. R.; Leonel, L. F. 2017. **Memorial Descritivo: Montagem e Operação da Fossa Séptica Biodigestora**. Documentos 65. EMBRAPA Instrumentação São Carlos. 27 p.
- Soares, M. T. S. et al. 2016 a. **Parâmetros Físico-Químicos e Eficiência de Fossa Séptica Biodigestora na Redução da Carga orgânica de Esgoto Originado de Água Doce ou Salobra, na Borda Oeste do Pantanal**. Cadernos de Agroecologia. Vol. 11, N. 2.
- Soares, M. T. S. et al. 2016 b. **Eficiência de Fossa Séptica Biodigestora na Redução de Parâmetros Biológicos em Esgoto Originado de Água Doce ou Salobra, na Borda Oeste do Pantanal**. Cadernos de Agroecologia. Vol. 11, N. 2.
- Tonetti, A. L. et al. 2018. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.
- Varallo, A.C.T.; Souza, J.M.; Rezende, S.S.R.; Souza, C.F. 2011. **Avaliação da qualidade sanitária da alface (*Lactuca sativa*, L.) irrigada com água de reuso comparada com amostras comercializadas**. Revista Ambiente & Água, v.6, p.295-304.
- Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4ª Edição. Editora UFMG, Belo Horizonte. 470 p.
- WHO. 2006 a. World Health Organization. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater/ v. 2. Wastewater use in agriculture**. 196p.
- WHO. 2006 b. World Health Organization. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater/ v. 1. Policy and regulatory aspects**. 100p.

Seção VII. **Bacia de evapotranspiração**

7.1 Introdução

Durante as reuniões realizadas com os participantes da pesquisa na comunidade de Pedra Branca (relatadas na **Seção V**), foram escolhidas três tecnologias alternativas para tratamento de esgoto doméstico no meio rural, e dentre elas a bacia de evapotranspiração (BET).

O presente capítulo faz uma revisão sobre esta tecnologia e traz os resultados da sua aplicação na comunidade rural de Pedra Branca, Campinas/SP, por meio da análise do efluente final produzido pela unidade implantada. Além disso, também é discutida a aceitação da tecnologia pela família beneficiada.

7.2 Revisão Bibliográfica

A Bacia de evapotranspiração (BET) consiste em um tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de material filtrante e plantado com espécies vegetais (Galbiati, 2009). Dentro do reator ocorrem processos naturais de degradação da matéria orgânica, mineralização e absorção de nutrientes e evapotranspiração da água pelas plantas e solo (Galbiati, 2009), o que tornam esta alternativa ecológica e de baixo custo (FUNASA, 2015). Alguns autores consideram a BET uma forma de *wetland*

(Alcocer *et al.*, 2015; Paulo *et al.*, 2013), outros consideram esse como um sistema mais complexo que envolve um decanto-digestor, um filtro anaeróbio e uma zona de raízes (FUNASA, 2018). Uma das vantagens do sistema é que, além de tratar o esgoto, ele também propicia a reciclagem de água e o aproveitamento dos nutrientes através da produção de biomassa e alimentos (Pamplona e Venturi, 2004). Outros nomes para a mesma tecnologia são: Ecofossa, Fossa Verde, Fossa Bioséptica, Fossa Evapotranspiradora, Fossa de Bananeira, Canteiro Bio-séptico, Tanque de Evapotranspiração (Tevap).

O sistema passou a ser conhecido no Brasil através do trabalho do permacultor americano Scott Pitman que divulgou a tecnologia em cursos realizados no ano 2000 (Pamplona e Venturi, 2004). Alguns anos mais tarde, o permacultor brasileiro Jorge Timmerman dá importantes passos na divulgação da tecnologia (Galbiati, 2009), mas é o artigo de Pamplona e Venturi (2004) que a consolida dentre os círculos de permacultura (Campos, 2018). O seu design foi inicialmente desenvolvido por outro americano, John Watson (Vieira, 2010) que elaborou um sistema de evapotranspiração para águas de vaso sanitário e/ou cinzas que eliminava a necessidade de um tanque séptico e uma vala de infiltração, comuns nos Estados Unidos (Jenkins, 2005). O sistema é conhecido internacionalmente como Watson Wick (Jenkins, 2005), mas essa proposta inicial sofreu alterações no Brasil, especialmente em projetos desenvolvidos na região sul e centro-oeste do país (Vieira, 2010; EMATER/FBB, 2016).

A BET é formada por uma caixa de alvenaria impermeabilizada, com uma estrutura interna em forma de câmara cujo exterior é preenchido por materiais filtrantes diversos (FUNASA, 2015) (**Figura 7.1**). O efluente entra no sistema pela câmara localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, as camadas de material filtrante, onde ocorre a digestão anaeróbia. Com o aumento do volume de esgoto, o efluente em processo de tratamento passa a preencher também as camadas superiores até atingir a camada de areia e solo através da qual se move por ascensão capilar até a superfície onde espécies vegetais selecionadas são plantadas. Através da evapotranspiração a água é eliminada do sistema, enquanto os nutrientes são incorporados à biomassa dos vegetais (Galbiati, 2009).

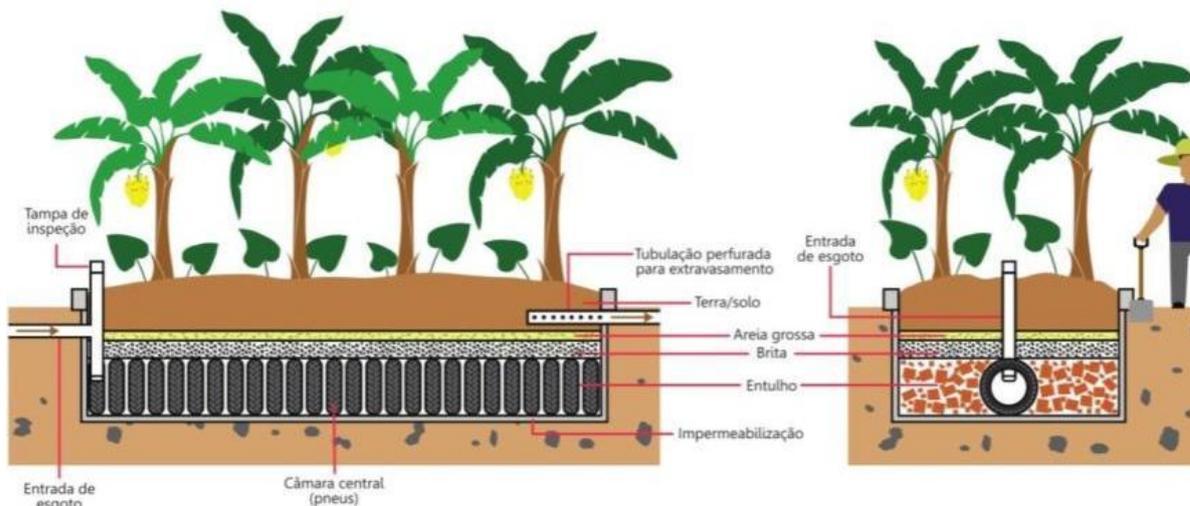


Figura 7.1. Desenho esquemático de uma bacia de evapotranspiração (Fonte: Tonetti *et al.*, 2018)

Como a BET é um sistema fechado e normalmente não há geração de efluente final, esse sistema tem grande potencial de aplicabilidade, especialmente em situações onde a disposição do efluente tratado no solo é impossibilitada por razões ambientais ou legais. A disseminação desta tecnologia causa pouca preocupação já que os usuários do sistema têm pouco ou nenhum contato com o efluente gerado, e mesmo assim é possível fazer o aproveitamento dos nutrientes e água presente no esgoto por meio da produção de biomassa e alimentos.

Em relação aos aspectos construtivos, o fundo e as paredes laterais da BET devem ser impermeabilizados com alvenaria convencional ou ferro-cimento. A câmara de recepção, também chamada de fermentador ou câmara séptica (Pamplona e Venturi, 2004) pode ser construída de vários materiais, mas no Brasil se popularizou o uso de pneus ou tijolos cerâmicos vazados. Os espaços vazios ao lado da câmara devem ser preenchidos com material filtrante poroso. Pamplona e Venturi (2004) e Vieira (2010) sugerem quatro camadas. A primeira, de baixo para cima, deverá conter material poroso e grande (ex: entulho). Acima dela brita, depois areia e terra (Figura 5.3). Cada camada pode ter entre 15 cm (Pamplona e Venturi, 2004) e 35 cm (Pires, 2012) e a altura total do leito deve ficar entre 1,00 m (Pamplona e Venturi, 2004; Paulo *et al.*, 2013;) e 1,50 m (Pires, 2012). Como o fluxo dentro da BET é ascendente, é

importante que as camadas sejam organizadas de forma que a granulometria dos materiais filtrantes seja decrescente (Pires, 2012).

Alguns autores e construtores vêm sugerindo algumas mudanças na configuração original das BETs. É o caso de câmaras duplas de pneus, da instalação de sistemas tipo fossa-filtro antes da BET (Fiocruz, 2013), da utilização de matéria orgânica nas camadas filtrantes tais como coco verde (Soares e Legan, 2009) e caule de bananeira + bagaço de cana (Fiocruz, 2013), da substituição das camadas de brita e areia por uma camada única de solo (FUNASA, 2018) e da construção de uma camada contínua de terra que conecta a BET e a área externa à ela, evitando assim o transbordo do sistema (FUNASA, 2018)

A instalação de um tubo ladrão na camada de solo não é consenso, mas é recomendada para drenar a água da chuva em excesso e eventualmente algum efluente produzido por sobrecarga do sistema. Nesse caso é necessário um pós-tratamento para o efluente final da BET como, por exemplo, um círculo de bananeiras (Pamplona e Venturi, 2004; FUNASA, 2018) ou vala de infiltração (FUNASA, 2018). Sistemas sem a tubulação de drenagem e que tiveram condições de uso inadequadas (sem plantio de bananeiras ou com excesso de mudas, por exemplo), tiveram transbordo observado no Ceará (Coelho, 2013).

Em relação à produção de lodo pelo sistema, também não há consenso já que a aplicação da tecnologia no Brasil é recente e existem poucas informações sobre monitoramentos nesse sentido. Há relatos de sistemas que não necessitaram de remoção de lodo em mais de 10 anos de uso, enquanto outros têm que passar por limpezas frequentes. As publicações de orientação tampouco elucidam essa questão. Enquanto algumas apontam que o lodo acumulado no fundo do tanque deve ser removido do sistema periodicamente (FUNASA, 2014), outras indicam que esse descarte não é necessário (FUNASA, 2018). Pesquisa recente realizada com quatro fossas verdes para tratamento do esgoto misto de residências rurais no Ceará calculou que um período médio de cinco anos e três meses é o ideal para o intervalo de limpeza do lodo desse tipo de sistema, nesta condição operacional (Coelho, Reinhardt e de Araújo, 2018).

As plantas são parte fundamental do sistema e deve ser dada preferência a espécies de crescimento rápido e alta demanda por água (Galbiati, 2009; Alcocer *et al.*, 2015). Dentre as espécies alimentares mais recomendadas por Pamplona e Venturi (2004) estão: banana (*Musa sp*), mamão (*Carica papaya*) e taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). Além destas, outras espécies ornamentais também podem ser utilizadas. A EMATER/FBB (2016) sugere apenas o plantio de espécies ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia farinosa*), junco (*Zizanopsis bonariensis*) e beri (*Canna sp*).

Várias pesquisas realizadas comprovam que os frutos e folhas produzidas na BET são isentos de contaminação por patógenos (bactérias do grupo coliformes e *Salmonella*) e adequados para o consumo humano (Benjamin, 2013; Paulo *et al.*, 2013; Coelho, 2013; Coelho, Reinhardt e de Araújo, 2018). A qualidade sanitária dos vegetais cultivados neste tipo de sistema parece depender mais dos cuidados com a sua manipulação e das práticas higiênicas das famílias do que da concentração de patógenos dentro da BET (Coelho, Reinhardt e de Araújo, 2018). Também não parece haver absorção de metais pelo fruto da bananeira. Fortes (2011), por exemplo, avaliou a acumulação de metais pesados em bananas que haviam sido adubadas com lodo de esgoto proveniente de ETES e concluiu que o teor de metais foi maior na casca do que na polpa do fruto e em níveis que não conferem risco de toxidez. Infelizmente ainda não foram realizadas pesquisas sobre a acumulação de contaminantes emergentes nos frutos e folhas produzidos no interior das BETs.

Para o dimensionamento, no Brasil são normalmente adotados valores entre 1,0 e 2,0 m² por usuário do sistema. O dimensionamento proposto por Viera (2010) e Pamplona e Venturi (2004) é de 2,0 m² por contribuinte, mas os autores sugerem que adaptações devam ser realizadas de acordo com as condições ambientais. O dimensionamento realizado por Pires (2012) em Minas Gerais foi de 1,25 m² por contribuinte, mas nesse caso a profundidade do sistema era maior. O Manual de Saneamento da FUNASA (2015) não sugere dimensionamento, mas o Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento (FUNASA, 2018) indica uma profundidade entre

1,0 e 1,2 m e uma área de 2,0m² por residente. Para Coelho, Reinhardt e de Araújo (2018), os módulos de fossa verde podem ser dimensionados em função de seu balanço hídrico. Para os autores, a equação que melhor expressa essa relação é a seguinte:

Equação 1

$$A = \frac{q \cdot N \cdot C_r}{(ET_c + U_c)}$$

Em que:

A= área superficial do tanque (m²)

q= consumo de água *per capita* (m³.hab⁻¹.dia⁻¹)

N= número de contribuintes do domicílio (hab)

C_r= coeficiente de retorno

ET_c= evapotranspiração da cultura (m. dia⁻¹)

U_c= uso consuntivo da cultura (m. dia⁻¹)

Galbiati (2009) também realizou um estudo aprofundado sobre o sistema e sugere o seguinte dimensionamento:

Equação 2

$$A = \frac{n \cdot Q_d}{ET_0 \cdot k_{tevap} - P \cdot k_i}$$

Em que:

A= área superficial do tanque (m²)

n= número médio de usuários do sistema

Q_d= vazão diária/usuário (l.d⁻¹)

K_{tevap} = coeficiente do tanque

ET₀= evapotranspiração média do local (mm.d⁻¹)

P= pluviosidade média do local (mm.d⁻¹)

K_i= coeficiente de infiltração (varia entre 0 e 1)

Apesar de alguns autores sugerirem que o sistema possa receber pequenas quantidades de águas cinzas (FUNASA, 2018), efluente sanitário misto (Coelho, 2013; Coelho, Reinhardt e de Araújo, 2018), ou pelo menos as águas cinzas da cozinha (Soares e Legan, 2009), a maioria das experiências aponta para apenas o tratamento de águas de vaso sanitário (Pamplona e Venturi, 2004).

Desde 2015 as BETs vêm sendo sugeridas como solução adequada para o esgotamento de comunidades isoladas pela FUNASA (2014 e 2015) e por outros órgãos como o INCRA no estado do Ceará e EMATER no estado de Minas Gerais. Recentemente os tanques ou bacias de evapotranspiração também passaram a elencar a lista de tecnologias sugeridas no âmbito do PNSR (PNSR, 2018). Além disso, a Fundação Banco do Brasil (FBB) certificou a tecnologia que passou a integrar o seu banco de tecnologias sociais (EMATER/FBB, 2016), a Fiocruz a considerou uma tecnologia social em saúde ambiental (Fiocruz, 2013) e a FUNASA a elencou como uma solução sustentável de saneamento (FUNASA, 2018). Apesar de não ser descrita pelas normas técnicas da ABNT (ABNT, 1993 e 1997), alguns autores consideram que as BET podem se enquadrar como um tanque séptico, e serem dimensionadas levando em conta as especificações das normas (de Oliveira Netto *et al.*, 2015).

Porém, apesar de estar sendo implantado há quase 20 anos no Brasil e de estar ganhando cada vez mais visibilidade e notoriedade (Campos, 2018), existem poucos trabalhos científicos sobre a BET. O **Quadro 7.1** reúne as principais pesquisas brasileiras sobre este sistema.

Quadro 7.1. Resultados das principais pesquisas sobre sistemas do tipo Bacia de Evapotranspiração, em ordem cronológica.

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Galbiati, 2009 e Paulo <i>et. al.</i> , 2013	Uma BET em residência urbana em Campos Grande, MS Dois pontos de coleta, 10 amostras de efluentes em 8 meses.	Efluente: pH, CE, sólidos, Turbidez, cloreto, alcalinidade, OD, DBO, DQO, N _{total} , N-NH ₄ , P _{total} , <i>E. coli</i> e Coliformes Totais. Folhas de Taioba: Coliformes Totais e Termotolerantes.	Remoção de 40% de DQO (overflow com 406 ± 257 mg. L ⁻¹) e 80% DBO (overflow com 73 ± 25 mg. L ⁻¹). Eficiente remoção de SST e turbidez (90 e 81%), mas pouco efeito no pH, CE, cloreto e <i>E. Coli</i> . Ovos de helmintos e coliformes termotolerantes foram encontrados no efluente de overflow. Folhas de Taioba de dentro da BET foram encontradas com coliformes totais (1.1 × 10 ⁴) mas sem coliformes termotolerantes.
Pires, 2012	Duas BETS localizadas em residências de assentamento da reforma agrária em Visconde do Rio Branco, MG 02 e 03 pontos de coleta por sistema, monitorados por 4 meses.	Efluente: temperatura, pH, CE, série de sólidos, turbidez, OD, DBO, DQO, <i>E. coli</i> e Coliformes Totais. Folhas de taioba: <i>E. coli</i> , Coliformes Totais e Termotolerantes.	Alta remoção de turbidez (79 e 86%) e SST (97 e 99%) e DQO (95 a 97%). CE aumenta ao longo do perfil vertical. Baixas concentrações de OD. Remoção de <i>E.coli</i> de até 10 ⁴ . Folhas de taioba com 3,0 NMP/g de Coliformes totais e termotolerantes e <10 ² UFC/g de <i>E. coli</i> .
Benjamin, 2013	Uma BET em propriedade rural localizada em Carrancas, MG Duas amostras compostas de solo, uma amostra composta das folhas e frutos de banana e uma amostra de efluente do fim da BET.	Solo: pH, CE, macro e micronutrientes, MO, microorganismos. Folhas e fruto: coliformes totais, termotolerantes, <i>Salmonella spp.</i> Efluente: pH, DQO, DBO, N _{total} , P _{total} , CE, OD, ST, SST, coliformes totais.	A presença de nutrientes como fósforo e nitrogênio no efluente indica seu potencial como biofertilizante. O solo de dentro da BET teve pH aumentado, aumento da saturação de bases e consequente aumento da disponibilidade de alguns nutrientes. Houve aumento da CE também. Não foram detectados microorganismos nas amostras de folhas e frutos das bananeiras do interior da BET e nem no solo.

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Coelho, 2013	Assentamento rural em Madalena, CE 05 BETs diferentes foram analisadas. Foi coletada uma amostra do substrato de cada sistema, em triplicata	Substrato: Carbono da biomassa microbiana do substrato (C-BMS), respiração basal do substrato (RBS), quociente metabólico (qCO_2). pH, N, P assimilável, MO e CE. Folhas e frutos: Coliformes fecais e <i>Salmonella</i>	Sistemas com maiores índices de qCO_2 tem melhor desenvolvimento vegetal. Substrato com CE e P altos não favoreceram desenvolvimento da vegetação. pH do solo entre 7 e 8. Todas as amostras de folhas e frutos tiveram < 10 UFC de coliformes fecais e ausência de <i>Salmonella</i> .
Bernardes, 2014	01 abrigo urbano em Campo Grande, MS (02 contribuintes). Dois pontos de coleta (início e fim da BET), por um mês (total 12 amostras)	Efluente: pH, turbidez e DQO Lodo: atividade metanogênica específica	pH de $7,75 \pm 0,2$ Remoção média de DQO de 76% (segunda fase- vazões atípicas) e Turbidez de 86% (primeira fase). Houve extravasamento em algumas ocasiões, mas o sistema estava super-dimensionado. Resultados variam muito conforme as condições ambientais e de uso do sistema.
De Oliveira Netto, 2015	Fossa verde em residência rural de Mata Grande/AL Dois pontos de coleta (entrada da fossa, na câmara de alimentação e camada de brita). Uma amostra.	DQO	DQO da amostra coletada na câmara de alimentação foi de 889,3 mg O ₂ /L. DQO na camada de cascalho foi de 550,7 mg O ₂ /L (remoção de 38%).
Coelho, Reinhardt e de Araújo, 2018	Propriedades rurais no Ceará 04 BETs foram usadas para avaliar o lodo. 20 amostras de frutos e folhas foram analisadas de diferentes sistemas	Lodo: % de umidade, % Sólidos fixos Folhas e frutos: Coliformes fecais e <i>Salmonella</i>	Todas as amostras de folhas (malvarisco) e frutos (banana, tomate e pimenta) tiveram < 10 UFC de coliformes fecais e ausência de <i>Salmonella</i> . A avaliação do lodo permitiu a sugestão da frequência da manutenção dos sistemas (5 anos e 3 meses).

DBO: Demanda Bioquímica de oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. NTK: Nitrogenio Total Kjeldahl. P_{total} : Fósforo total. SST: Sólidos suspensos totais. CE: condutividade elétrica. pH: potencial hidrogeniônico. NMP: Número mais provável. N_{total} : Nitrogênio Total. UFC: Unidade formadora de colônia. OD: Oxigênio Dissolvido.

7.3 Objetivos

O objetivo geral desta seção é avaliar o desempenho da bacia de evapotranspiração (BET), sistema de tratamento de águas de vaso sanitário implantado em Pedra Branca.

São objetivos específicos:

- ✓ Avaliar a variação do nível do esgoto dentro da BET;
- ✓ Avaliar a qualidade do efluente final produzido pela bacia de evapotranspiração por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- ✓ Avaliar a visão da família beneficiada em relação à facilidade construtiva, de manutenção/operação e a aceitabilidade do sistema de tratamento de esgoto.

7.4 Metodologia

7.4.1. Dimensionamento e construção dos sistemas

A bacia de evapotranspiração foi instalada na propriedade do Sr. Nestor Teatin e família (Pedra Branca, Campinas/SP) e recebe o esgoto de vaso sanitário (*águas negras*) de duas casas, vizinhas. O sistema foi construído durante outubro/2016. A BET foi dimensionada para o uso de cinco moradores, sendo utilizada a área de 1,5 m²/morador para o dimensionamento do sistema.

As dimensões do sistema construído foram: 1,5 m de largura, 5,0 m de comprimento e 1,30 m de profundidade útil. A BET foi escavada no solo manualmente e teve as paredes construídas com blocos cerâmicos revestidos com argamassa feita com aditivo impermeabilizante (traço 1:3). O fundo da BET foi feito com concreto armado (traço 1:4:2). O sistema foi preenchido com as seguintes camadas organizadas do fundo para a superfície: entulho grosseiro/caco de telha (0,55 m), brita 01 (0,20 m),

areia grossa (0,15 m) e terra (0,40 m). Foi deixado um espaço vazio de 0,20 m no topo da bacia. A **Figura 7.2** reúne imagens da construção da BET.



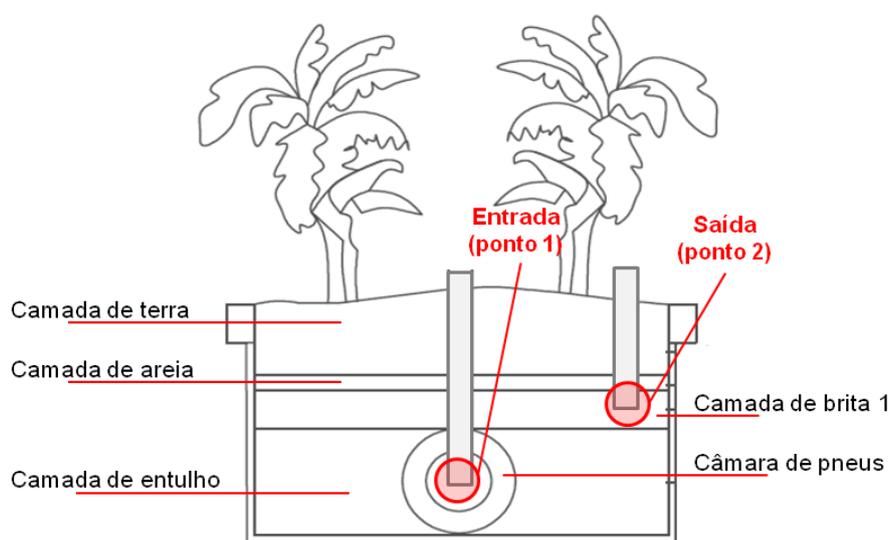
Figura 6.6. Etapas da construção da Bacia de evapotranspiração implantada em Pedra Branca, Campinas/SP. **A)** Solo escavado manualmente. **B)** Construção da caixa em alvenaria. **C)** Formação da câmara de pneus. **D)** Preenchimento da 3ª camada (areia grossa). **E)** Instalação do dreno na camada de terra. **F)** Sistema em operação, com taiobas e bananeiras produzindo e solo coberto com palhada seca.

O efluente entra no sistema através de uma câmara feita com pneus usados que ocupa todo comprimento da BET e fica inserida dentro da primeira camada de entulho. Não foi projetada uma saída para o efluente, já que a ideia é que a BET seja um sistema fechado. No entanto, foi instalada uma tubulação para drenagem na camada de terra caso chovesse demais ou o sistema ficasse sobrecarregado com o uso. O dreno deságua em um círculo de bananeiras.

Assim que a construção foi finalizada, foram plantadas quatro mudas de banana nanica (*Musa sp*) e 30 mudas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). A camada superior de terra foi mantida coberta com palha de bananeira durante todo o período amostral para evitar o encharcamento do solo.

7.4.2. Pontos de coleta de amostras do efluente

O efluente da Bacia de Evapotranspiração foi avaliado em dois pontos do sistema. O ponto 1 (Entrada) era localizado dentro do tubo de 100 mm que alimentava a BET, dentro da câmara de pneus, e ele representava o ponto mais próximo da entrada no sistema. O ponto 2 (Saída) se localizava no lado oposto da bacia, dentro da camada de entulho e representava o ponto mais próximo da saída do efluente pela tubulação de drenagem (**Figura 7.3**).



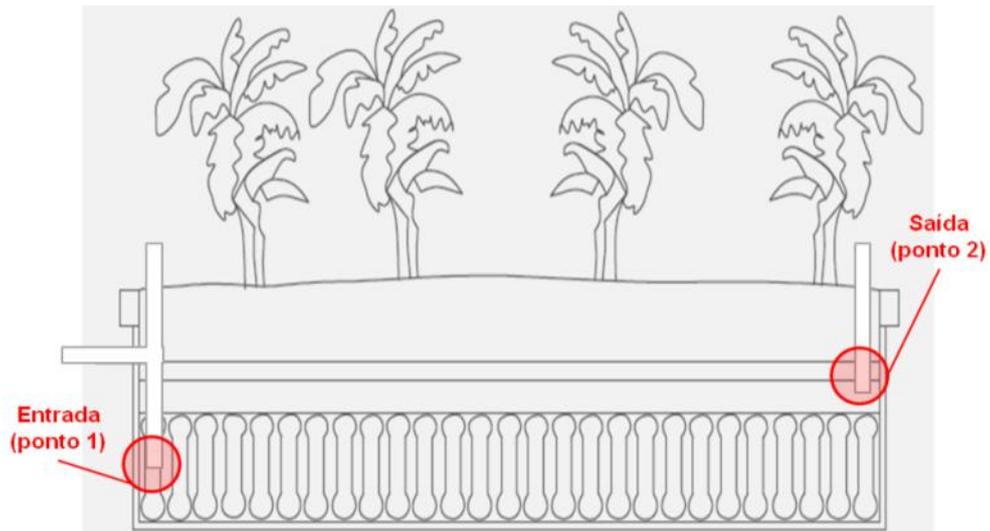


Figura 7.3. Pontos de coleta do efluente no sistema BET.

7.4.3. Avaliação do efluente

O monitoramento da BET implantada em Pedra Branca, Campinas/SP foi realizado quinzenalmente. O período amostral foi de oito meses (abril a novembro de 2017), totalizando 16 amostragens.

Para a coleta das amostras foi utilizada uma garrafa de plástico de 200 ml presa a um pedaço de bambu (**Figura 7.3 e 7.12 B**). Esse vasilhame de coleta era inserido dentro das tubulações de visita feitas de PVC de 100 mm que foram deixadas dentro do sistema para a coleta das amostras (**Figura 7.4**). Depois de coletada a amostra, o conteúdo da garrafa de 200 ml era vertido dentro de outro recipiente específico.



Figura 7.3. Coleta de efluente de dentro da BET (tubo de visita de PVC 100 mm), com auxílio de uma garrafa plástica cortada e amarrada a um pedaço de bambu.

A coleta das amostras e seu condicionamento seguiu as recomendações propostas por CETESB (2011). As amostras de efluente foram coletadas em frascos de polietileno de 1,0 L higienizados com detergente Extran 10%, sendo a última rinsagem feita com água destilada. Os frascos para coleta de amostras para a análise microbiológica (frascos reagente de vidro 250 ml) seguiram os mesmos procedimentos, com o acréscimo da autoclavagem da vidraria por 15 minutos a 120°C e 1 atm. Todas as amostras coletadas em campo foram mantidas resfriadas até a chegada no Laboratório de Saneamento (LABSAN), onde as análises foram realizadas.

Foram calculadas as médias e desvios padrão para todos os parâmetros avaliados. A eficiência de remoção (em porcentagem) foi calculada a partir da diferença dos valores médios da entrada e saída do sistema. Os resultados foram comparados através do teste não paramétrico de Mann-Whitney U com um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

Os seguintes parâmetros foram analisados durante o período amostral (**Quadro 7.2**):

Quadro 7.2. Parâmetros e métodos para a análise das amostras de efluente da BET.

Parâmetro	Frequência	Unidade	Método*
Turbidez	quinzenal	uT	2130 B ¹
pH	quinzenal	-	4500 H ⁺ B ¹
Condutividade elétrica (CE)	quinzenal	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	2510 – A
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	quinzenal	$\text{mgO}_2.\text{L}^{-1}$	5220 – D
Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)	mensal	$\text{mgO}_2.\text{L}^{-1}$	5210 -B
Nitrogênio Total Kjeldahl- NTK	quinzenal	mgN.L^{-1}	4500 – Nitrogen (Organic) B
Fósforo Total- P _{total}	mensal	mgP.L^{-1}	4500-P E
<i>E-coli/ Coliformes Totais)</i>	mensal	NMP/100mL	9223-B Colillert® e Quanti-Tray/2000®
Sólidos Suspensos Totais- SST	quinzenal	mg.L^{-1}	2540

*Métodos descritos em APHA (2012)

7.4.4 Avaliação do nível de esgoto na BET

A avaliação do nível do esgoto dentro da BET foi feita com a tomada da altura da coluna d'água em três pontos distintos do sistema: 1(entrada), 2 (meio), 3 (saída). Todos os pontos de amostragem eram localizados dentro da câmara de pneus, que dá acesso até o fundo da bacia (**Figura 7.4**).



Figura 7.4. BET em fase de construção, durante etapa da elaboração da camada de entulho. É possível ver os tubos de inspeção na entrada (1), no meio (2) e na saída (3) da BET.

A medida da altura do nível da água era realizada inserindo-se um bambu de 2,0 m de altura dentro dos tubos de inspeção de 100 mm, que foram posicionados durante a construção da BET. Assim que a vara de bambu chegava no chão, ela era recolhida e a marca d'água indicava o nível interno da BET que era aferido com uma trena. As marcações eram feitas em uma planilha. Estas medidas foram realizadas uma vez por semana, entre os dias 24/10/2016 e 27/10/2017. O início deste registro foi feito 15 dias após a BET entrar em operação. O responsável pelo registro foi o Sr. Nestor Teatin, morador da chácara.

Os valores da altura da coluna d'água foram comparados com a precipitação pluviométrica acumulada no mesmo período dos registros. Os dados referentes à chuva foram fornecidos pelo Centro integrado de informações Agrometeorológicas através da página <http://www.ciiagro.sp.gov.br>.

7.4.5. Avaliação da opinião sobre a tecnologia

A avaliação da percepção sobre a tecnologia foi realizada através de técnicas de pesquisa qualitativa, por meio de momentos de observação participante (Gil, 2008) e conversas informais que aconteciam durante o monitoramento dos sistemas implantados.

Também foi realizada uma entrevista semi- estruturada (Gil, 2008) no final da pesquisa, com as famílias residentes na propriedade que recebeu o sistema. O roteiro da entrevista encontra-se no **Apêndice 4**.

7.5 Resultados e Discussão

A BET entrou em operação no dia 08/10/2016, logo após a oficina prática (**Capítulo 5**) e nos dois anos e quatro meses que decorreram desde então não foi observado nenhum problema em relação ao seu funcionamento, como, por exemplo, entupimento, mau cheiro e proliferação de vetores. Tampouco foram observados extravasamentos (efluente saindo da BET e entrando no Círculo de Bananeiras), o que indica que a BET foi bem dimensionada para a realidade local ($1,5\text{m}^2/\text{pessoa}$, com altura útil de 1,30m).

O monitoramento do nível do esgoto dentro da BET foi realizado por Nestor, proprietário da chácara e responsável pela construção da alvenaria do sistema. Apesar de não terem sido realizadas sempre no mesmo dia da semana, o monitoramento aconteceu de forma frequente e muito eficiente (**Figura 7.5**). No total, 57 monitoramentos aconteceram durante o período de um ano (outubro/2016 a outubro/2017) e seus resultados encontram-se na **Figura 7.6**.



Figura 7.5. A) Nestor fazendo a aferição do nível do esgoto dentro da BET, no primeiro ponto de monitoramento. **B)** Anotações de campo com a altura da coluna d'água.

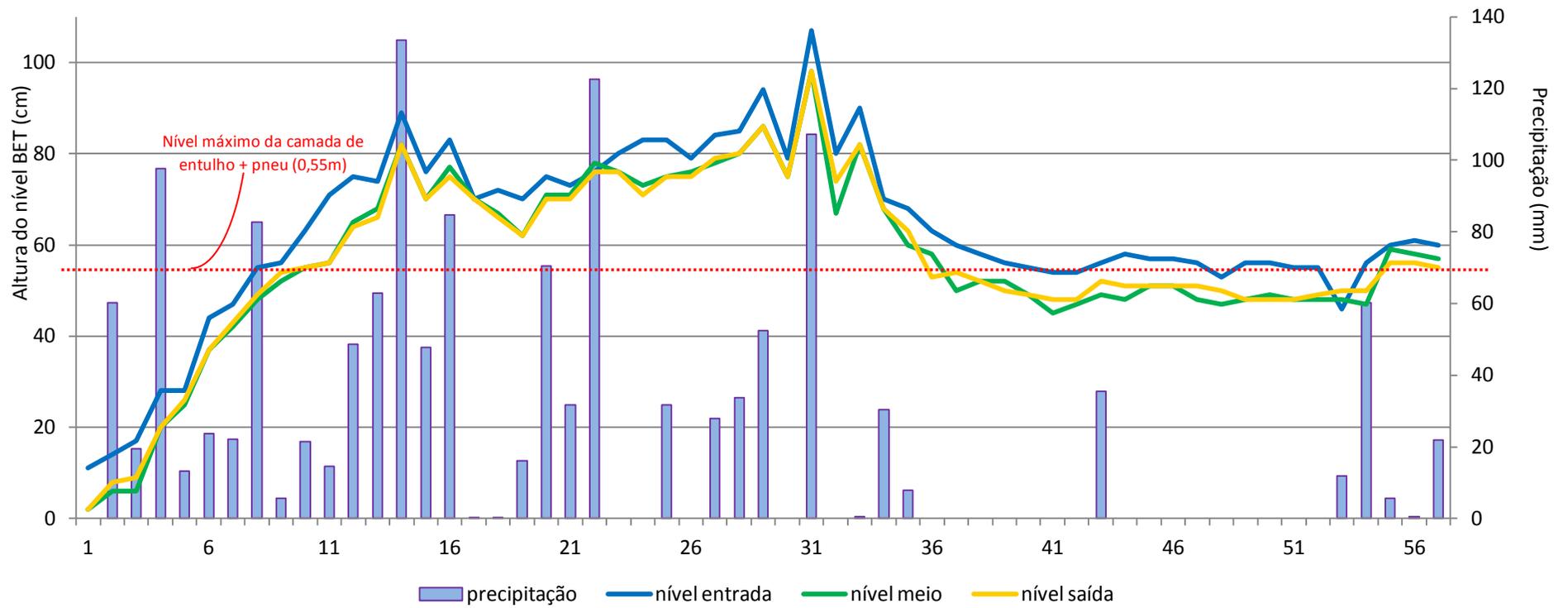


Figura 7.5. Resultados do monitoramento do nível do esgoto dentro da BET e da precipitação pluviométrica observada para a cidade de Campinas no mesmo período.

Durante o ano de monitoramento da BET, a precipitação total no município de Campinas foi de 1408 mm e o nível máximo observado no interior do sistema foi de 1,07 m (maio/2017). A observação do nível do sistema indica que não houve extravasamento já que a tubulação de drenagem havia sido instalada a 1,20 m do fundo da BET (na camada de terra) e o nível interno do sistema não chegou a essa altura. Mesmo assim, a instalação do dreno é importante para o bom funcionamento do sistema em ocasiões de muita entrada de água, seja pela precipitação ou pelo uso do vaso sanitário. Se não houver um local para o escape de água nestas ocasiões, é comum que a tubulação de esgoto fique cheia, prejudicando ou impedindo as descargas, ou que o sistema colmate e transborde. Além disso, o ambiente alagado ou com excesso de umidade por períodos prolongados pode prejudicar o desenvolvimento das bananeiras já que, nestas condições, o seu sistema radicular senesce (Donato *et al.*, 2012).

Por meio da análise do nível dentro da BET também foi possível observar que não houve vazamentos decorrentes de problemas construtivos, o que seria o caso se o nível dentro do sistema tivesse baixado rapidamente ou se a bacia nunca tivesse enchido. O vazamento em BETs é um problema comum, sendo a construção correta do tanque de alvenaria e a sua impermeabilização os passos mais cruciais na execução do sistema. Pires (2012), por exemplo, observou que um dos sistemas monitorados por ele em assentamento rural de MG apresentou rachaduras no reboco, o que levou à falta de estanqueidade do sistema.

O nível de esgoto dentro da BET foi crescente no início do período observado, coincidindo com o início do uso do sistema e o período de chuvas. Depois, por volta de julho/agosto de 2017 (depois de nove meses de operação), o nível parece ter se equilibrado, sofrendo poucas alterações que coincidiram com a entrada “extra” de água no sistema, na forma de precipitação (**Figura 7.6**). Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) avaliaram o preenchimento de uma BET experimental de 2,0 x 1,5 x 1,0 m no Ceará e observaram que o nível desta se estabilizou depois de 15 dias. Os autores sugerem que o módulo experimental precisou de um tempo até ter seu nível estabilizado, possivelmente em decorrência do umedecimento inicial das paredes do

tanque e o lento preenchimento dos poros do material que compõem as camadas filtrantes (Coelho, Reinhardt e Araújo, 2018).

O equilíbrio do nível dentro da BET também pode ter sido afetado pelo crescimento das plantas (e dos seus sistemas radiculares), e o consequente aumento do consumo de água pelo sistema. Sant'Ana *et al.* (2012) avaliaram a distribuição e a densidade de raízes de bananeira em diferentes regimes de irrigação e os resultados da sua pesquisa apontam para o fato de que, apesar de 80% das raízes das bananeiras irrigadas se concentrarem na camada superficial do solo (Até 0,61 m), raízes também são observadas em camadas mais profundas, podendo chegar até 1,0 m. Além disso, as condições do solo também podem influenciar na distribuição do sistema radicular da bananeira (Donato *et al.*, 2012). É provável, portanto, que no período de pouca precipitação, as bananeiras e taiobas tenham buscado água nas camadas que se mantiveram sempre cheias (Pneu + entulho).

Alguns trabalhos apontam para o fato de que as plantas da BET só conseguem se beneficiar da água do sistema se essa chega à camada de solo, onde ela passa então a se movimentar por capilaridade (Galbiati, 2009; Paulo *et al.*, 2013). O movimento da água no solo ocorre principalmente por fluxo de massa, sendo que a água flui de uma região com maior potencial hídrico para uma região com menor potencial hídrico. Quando as raízes absorvem a água, o potencial hídrico próximo à sua superfície diminui e a movimentação de água se dá no sentido dos locais mais úmidos para a superfície das raízes (Donato *et al.*, 2012). No entanto, o fato das bananeiras e taiobas sempre terem se desenvolvido bem no sistema, mesmo quando o nível de água não passava da camada de brita, aponta para o fato de que estas também buscaram água em camadas mais profundas da BET.

A quantidade de água de que a bananeira necessita diariamente depende da integração de diferentes fatores tais como sua fase fenológica, as variáveis físicas da cultura e as condições do ambiente (Coelho *et al.*, 2012), mas o consumo de água em plantas adultas é considerado elevado e constante (Basso *et al.*, 2001). Basso *et al.* (2001) avaliaram o consumo de água em bananeiras em diferentes ciclos de produção

(1^o, 2^o e 3^o) em Petrolina/PE e encontraram valores de consumo médio diário de 35,1, 36,0 e 27 l/planta respectivamente, com um valor máximo observado de 65,7 l/planta.

Pires (2012) analisou a quantidade de água gasta para descargas em uma residência rural com seis pessoas. O autor concluiu que a média de descargas foi de 1,27 descargas/habitante. dia, valor menor que o sugerido em outras pesquisas (2,0 descargas/habitante. dia). O mesmo autor também aferiu o volume de água gasto em cada descarga, cujo modelo era o mesmo das residências conectadas à BET em Pedra Branca, e encontrou o valor de 8 litros/descarga (Pires, 2012). Se considerarmos o uso de cinco pessoas, a entrada de esgoto no sistema seria aproximadamente 50,8 l/dia (5 contribuintes x 1,27 descargas x 8 litros/descarga) e a presença de 4 bananeiras (além das 30 taiobas), é possível que a toda a água que tenha entrado no sistema diariamente tenha sido consumida pelas próprias plantas e solo.

Como já mencionado, as bananeiras e taiobas plantadas na BET se desenvolveram bem aparentemente (**Figura 7.7**), sugerindo que as suas condições nutricionais e hídricas foram satisfeitas. Três bananeiras frutificaram durante o período de acompanhamento do projeto e as folhas da taioba também foram colhidas e consumidas. No entanto, como observado pelo Sr. Nestor, os cachos de banana demoraram mais para amadurecer. Tal observação também foi feita por Melo e Ligo (2006 e 2008) que trabalharam com a produtividade de bananeiras cultivadas com lodo de estação de tratamento de esgoto. Os autores concluíram que as bananeiras pesquisadas não tiveram seu crescimento afetado pelo lodo de esgoto, mas este causou retardamento do florescimento e do ponto de colheita dos frutos (Melo e Ligo, 2006 e 2008).



Figura 7.7. Imagens de Bacias de evapotranspiração implantada em Pedra Branca (Campinas/SP) e do desenvolvimento das mudas de bananeira e taioba plantadas. **A)** BET em início da operação. **B)** BET com 13 meses de operação.

Apesar de ter sido usado o valor empírico de $1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{pessoa}^{-1}$ para o dimensionamento da BET para tratamento de águas de vaso sanitário em Pedra Branca, este se mostrou adequado ou mesmo superestimado para a realidade estudada já que não houve extravasamentos de esgoto para o círculo de bananeiras. Durante o período experimental, a BET dimensionada para cinco moradores teve o uso de quatro moradores fixos (duas casas com dois moradores cada) e dois usuários durante o dia (familiares que trabalham na propriedade). Além disso, houve relatos de reuniões de família e eventos com um número maior de usuários.

O dimensionamento desses sistemas ainda é um desafio, já que a produção de esgoto pelos usuários depende de muitos fatores (número de moradores fixos e temporários, tipo de descarga, presença de vazamentos na alimentação da descarga, hábito cultural) e as condições ambientais que influenciam o sistema também são

muito variáveis (temperatura do ar, umidade relativa, evapotranspiração da cultura e de referência, pluviosidade, incidência de ventos, insolação, entre outros).

Em relação aos resultados da análise dos parâmetros físico-químicos do efluente final da BET, estes encontram-se organizados na **Tabela 7.1** que também apresenta valores da eficiência média de remoção para cada parâmetro avaliado. Apesar da BET não ser um tipo de sistema no qual o conceito de eficiência possa ser aplicado (Galbiati, 2009) devido à perda de água pelo sistema e a consequente concentração de alguns compostos no efluente, a análise da eficiência é interessante para motivar a discussão dos processos envolvidos.

Tabela 7.1. Resultados da análise de parâmetros físicos e químicos no efluente de entrada e de saída na BET implantada em Pedra Branca (Campinas/SP).

Bacia de Evapotranspiração					
Parâmetro	<i>n</i>	Entrada	<i>n</i>	Saída	Eficiência média [%]
DBO [mg O ₂ L ⁻¹]	8	1009 ± 813	8	64 ± 48	93,6
DQO [mg O ₂ L ⁻¹]	17	2375 ± 1652	17	220 ± 116	90,7
NTK [mg N L ⁻¹]	16	186,6 ± 119,9	14	249,9 ± 42,6	-33,9
P _{total} [mg P L ⁻¹]	7	23,1 ± 13,7	7	9,7 ± 4,8	58,0
SST [mg L ⁻¹]	16	2817 ± 2710	16	42,9 ± 21,6	98,5
Turbidez [UT]	17	1511 ± 1268	17	26 ± 20	98,3
CE [mS cm ⁻¹]	17	3,40 ± 0,65	17	3,28 ± 0,36	-
pH	17	7,60 ± 0,13	17	7,76 ± 0,5	-

DBO: Demanda Bioquímica de oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl. P_{total}: Fósforo total. SST: Sólidos suspensos totais. CE: condutividade elétrica. pH: potencial hidrogeniônico. *n*: número de amostras.

Foi possível observar que o pH do efluente na entrada ($7,60 \pm 0,13$) é estatisticamente diferente do pH do efluente na saída da BET ($7,76 \pm 0,15$), mas ambos são ligeiramente básicos. Estes valores estão dentro da faixa ideal para os processos de digestão anaeróbia (6,0 a 8,3 segundo Chernicharo, 2007), processo predominante dentro da BET conforme mostram os valores nulos de OD encontrados no efluente final do sistema (Galbiati, 2009).

Galbiati (2009), Pires (2012) e Bernardes (2014), encontraram valores semelhantes para o pH na entrada e na saída dos sistemas estudados. Os valores encontrados nesta pesquisa estão dentro da faixa típica de pH para esgotos sanitários que é de 6,7 a 8,0 (Von Sperling, 2014), mas estes são compostos da mistura de águas cinzas e de vaso sanitário, o que torna sua composição um pouco diferente. O pH de águas de vaso sanitário (*águas negras*) tem características mais básicas devido à degradação de proteínas e ureia em meio anaeróbio, o que gera uma quantidade substancial de amônia ou íon amônio, que, em meio aquoso, passa para forma de hidróxido de amônio (Silva, Faustino e Novaes, 2007; Silva, 2014), daí o seu valor um pouco mais alto.

A CE foi outra variável que se manteve constante ao longo do período amostral, com valor médio de $3,40 \pm 0,65 \text{ mS cm}^{-1}$ no efluente de entrada e $3,28 \pm 0,36 \text{ mS cm}^{-1}$ no efluente de saída, valores considerados semelhantes estatisticamente. Um dos sistemas estudados por Pires (2012) apresentou valor médio próximo para a entrada ($3,50 \text{ mS cm}^{-1}$), mas o efluente de saída teve aumento na concentração de CE que passou para $4,7 \text{ mS cm}^{-1}$. O mesmo fenômeno foi observado por Galbiati (2009), que encontrou valores médios mais baixos ($2,22 \text{ mS cm}^{-1}$ na entrada e $2,45 \text{ mS cm}^{-1}$ na saída), mas que também apresentaram aumento no efluente final.

A salinidade da água (ou do extrato solúvel do solo) é medida pela CE (Bastos e Bevilacqua, 2006). Efluentes com valores de CE mais altos do que $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (ou $3,0 \text{ mS cm}^{-1}$) devem ter restrição severa ao uso na irrigação WHO (2006) devido ao risco de salinização do solo e comprometimento de culturas mais sensíveis (Mota *et al.*, 2006). A irrigação com água salina exige a manutenção da salinidade do extrato solúvel do solo dentro dos níveis de tolerância das plantas (Bastos e Bevilacqua, 2006). Santana

Júnior (2015) pesquisou a sensibilidade de diferentes cultivares de bananeira a níveis distintos de salinidade na água de irrigação. O autor concluiu que o efeito da salinidade sobre o diâmetro do pseudocaule, altura e área foliar das plantas produziu um comportamento linear decrescente, sendo que nível de salinidade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ se mostrou como crítico ao adequado crescimento bananeiras avaliadas.

No entanto, como a bananeira não é uma planta perene (sua touceira ou “família” sim) (Donato et al., 2012), e a produção de banana não é o objetivo final da BET, os efeitos do consumo de efluente rico em CE podem ser tolerados. Além disso, foi feita uma análise no solo do interior da BET no período final da amostragem²⁸ e esta mostrou que o valor de PST do solo (0,74%) foi considerado não- sódico (EMBRAPA, 2013).

Os SST encontrados no efluente de entrada da BET foram extremamente altos se comparados com a faixa típica encontrada em efluentes domésticos que varia entre 200 e 450 mg L^{-1} (Von Sperling, 2014). A média encontrada para o efluente de entrada foi de $2.817 \pm 2.710 \text{ mg L}^{-1}$ e com o valor máximo de 11.000 mg L^{-1} . Como a amostra do efluente de entrada era coletada na mesma tubulação que alimentava a BET, era comum encontrar pedaços de fezes frescas durante as coletas, e isso certamente contribuiu para os altos valores de SST observados. Além disso, a entrada da BET é o ponto de maior acúmulo de lodo no sistema, e este fator também deve influenciar os valores de SST encontrados. Pires (2012) encontrou valores médios ainda mais altos de SST na entrada dos dois sistemas estudados por ele: 4.096 e 5283 mg L^{-1} . Já Galbiati (2009) encontrou apenas $386 \pm 200 \text{ mg L}^{-1}$. Esta diferença se deve, provavelmente, à escolha do local de coleta das amostras, mais ou menos próxima à entrada do esgoto bruto no sistema.

No entanto, os valores encontrados no efluente de saída da BET foram muito reduzidos ($42,9 \pm 21,6 \text{ mg L}^{-1}$) e estatisticamente diferentes dos valores de entrada ($p=3,3 \cdot 10^{-9}$) e a eficiência de remoção deste parâmetro atingiu 98,5%. Esta alta remoção de sólidos se deve à eficiência do processo de filtração física dentro da BET já que os baixos valores de SST logo no início da operação do sistema indicam que o crescimento

²⁸ As análises químicas solo foram realizadas seguindo os procedimentos descritos por Raji *et al.* (2001).

da biomassa não teve papel fundamental neste processo (**Figura 7.8**). Outros estudos encontram remoções semelhantes, de 97,3 e 98,5% para Pires (2012) e de 90,2% para Galbiati (2009).

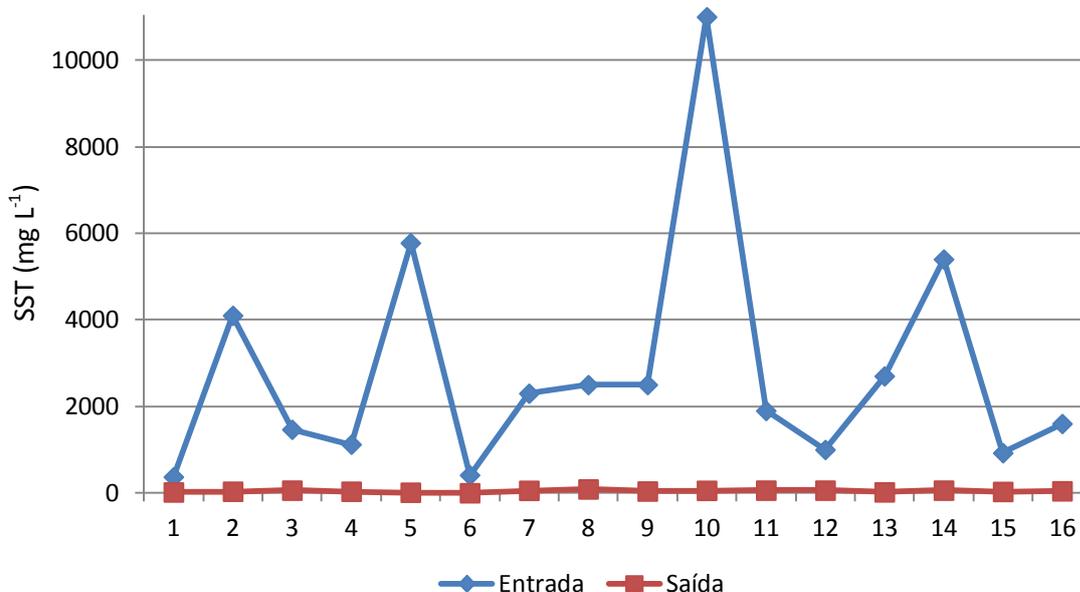


Figura 7.8. Valores de SST no efluente de entrada (azul) e saída (vermelho) da BET instalada em Pedra Branca (Campinas, SP).

Os altos valores de SST se refletem também nos valores de turbidez, que também foi elevada no efluente de entrada (1511 ± 1268 UT). No entanto, a remoção de turbidez também foi muito alta (98,3 %), produzindo efluentes finais muito clarificados, com turbidez de 26 ± 20 UT (**Figura 7.9**).

Pires (2012) encontrou valores um pouco mais baixos durante sua pesquisa (1120 ± 408 e 1173 ± 373 UT na entrada dos sistemas estudados) e Galbiati (2009) observou um efluente de entrada com um terço do valor da turbidez observada em Pedra Branca. Já Bernardes (2014) observou um efluente de entrada com uma turbidez baixa ($115,2 \pm 45,6$ UT) que ele atribuiu ao alto TDH do sistema e ao crescimento do

biofilme. Em relação aos valores da turbidez observados no efluente de saída dos sistemas, apesar de Pires (2012) e Galbiati (2009) terem encontrado valores mais baixos na entrada, seus efluentes de saída apresentaram uma turbidez maior que a encontrada neste estudo.

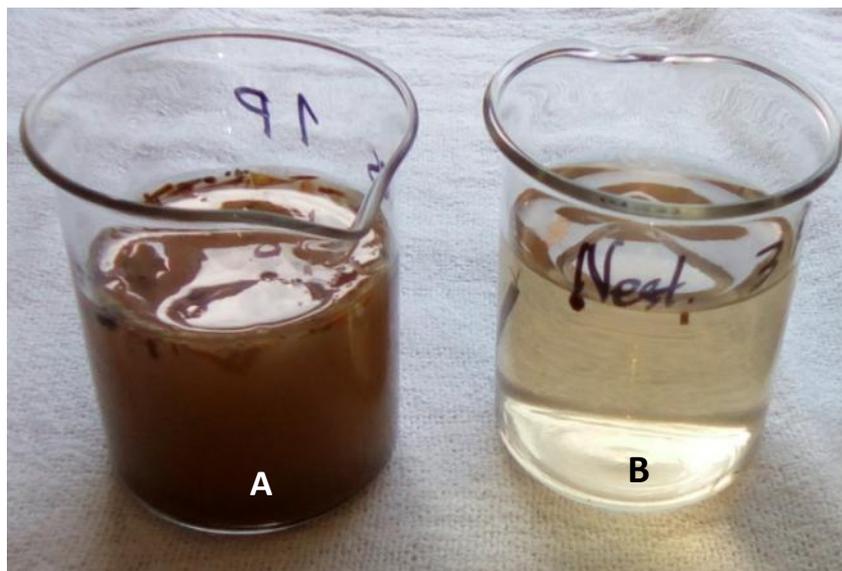


Figura 7.9. Aspecto geral dos efluentes da BET monitorada em Pedra Branca (Campinas, SP). **A)** Efluente de entrada na BET, no qual é possível observar sólidos grosseiros e elevada turbidez. **B)** Efluente coletado próximo à saída da BET.

Em relação à DQO, a média do efluente de entrada foi de $2.375 \pm 1.652 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, valor alto em comparação ao valor típico para esgoto sanitário bruto, que é de $600 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ (Von Sperling, 2014). Pires (2012) observou valores ainda mais altos para os sistemas instalados em assentamento rural mineiro: 6.155 e $9.054 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$. Uma possível explicação para esse fato é a baixa média de descargas por pessoa ao dia encontrada pelo autor (1,27), o que pode ser um indicativo de acúmulo de usos do vaso antes do seu esvaziamento. Já Galbiati encontrou valores mais baixos, de $326 \pm 173 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, resultado atribuído por Pires (2012) como decorrente da coleta da amostra em local dentro da câmara de pneus, mas afastado da entrada do esgoto bruto.

O efluente de saída do sistema teve DQO de $220 \pm 116 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ e remoção de

90,7%, eficiência similar à encontrada por Pires (2012) de 96,7 e 95% e superior à encontrada por Galbiati (2009) de 43% e Bernardes (2014) de 77%. Os efluentes de entrada e de saída se mostraram significativamente diferentes em relação à DBO ($p = 3,10 \cdot 10^{-4}$).

A remoção de DBO seguiu a mesma tendência observada para DQO, ficando em 93,6%. A eficiência alcançada pela BET seria superior à mínima de 60% exigida pela Resolução CONAMA No. 430 (CONAMA, 2011) que rege o padrão de lançamento de efluente tratado em corpos d'água. A mesma resolução indica que o valor máximo de DBO permitido para este tipo de disposição final é de $120 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$. O efluente de saída da BET avaliada em Pedra Branca atingiu valores médios de $64 \pm 48 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, sendo semelhante ao encontrado por Pires (2012) e Galbiati (2009). Os efluentes de entrada e de saída também se mostraram significativamente diferentes em relação à DQO ($p = 8,57 \cdot 10^{-10}$). Se a BET tivesse produzido um efluente final, ele teria condições de ser lançado em corpos d'água.

Para o parâmetro P_{total} (**Figura 7.10**), a eficiência média de remoção foi de 58%, sendo superior à de 20% encontrada por Galbiati (2009). O P_{total} do efluente de entrada foi de $23,1 \pm 13,7 \text{ mg P L}^{-1}$, valor superior à faixa típica para esgoto sanitário, que fica entre 4 e 15 mg P L^{-1} (Von Sperling, 2014). Houve diferença significativa entre o efluente de entrada e de saída em relação à concentração de P_{total} ($p = 0,034$). A maior parte do P do esgoto é encontrado nas fezes humanas o que torna as águas de vaso sanitário uma fonte de nutrientes importantes. A remoção de P pelo sistema pode ter sido feita pela absorção das plantas que estavam em fase de crescimento e também pela adsorção no material filtrante, especialmente areia.

O comportamento do NTK dentro do sistema (**Figura 7.11**) foi bastante diferente, sendo observada a tendência da sua concentração dentro da BET, apesar de não ter sido observada diferença significativa entre os valores de entrada e de saída ($p = 0,09$). Este resultado é diferente do encontrado por Galbiati (2009) que verificou uma remoção de 32% de NTK. Os valores encontrados no efluente final, no entanto, são similares nesta ($249,9 \pm 42 \text{ mg N L}^{-1}$) e naquela pesquisa ($227 \pm 145 \text{ mg N L}^{-1}$, Galbiati

(2009)). As águas de vaso sanitário são muito ricas em compostos nitrogenados já que a origem deste é fisiológica (Von Sperling, 2014).

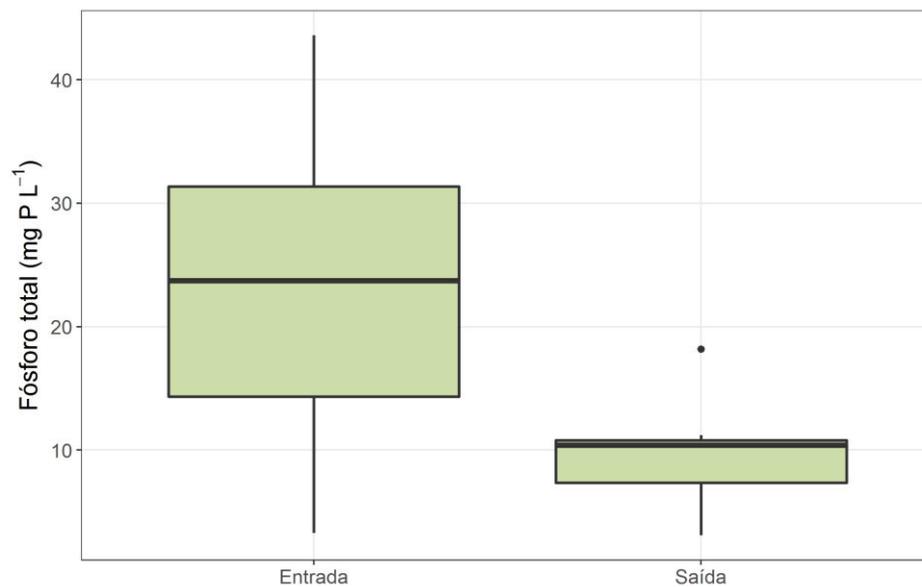


Figura 7.10. Variação da concentração de P_{total} nas amostras de entrada e saída na BET implantada em Pedra Branca (Campinas, SP).

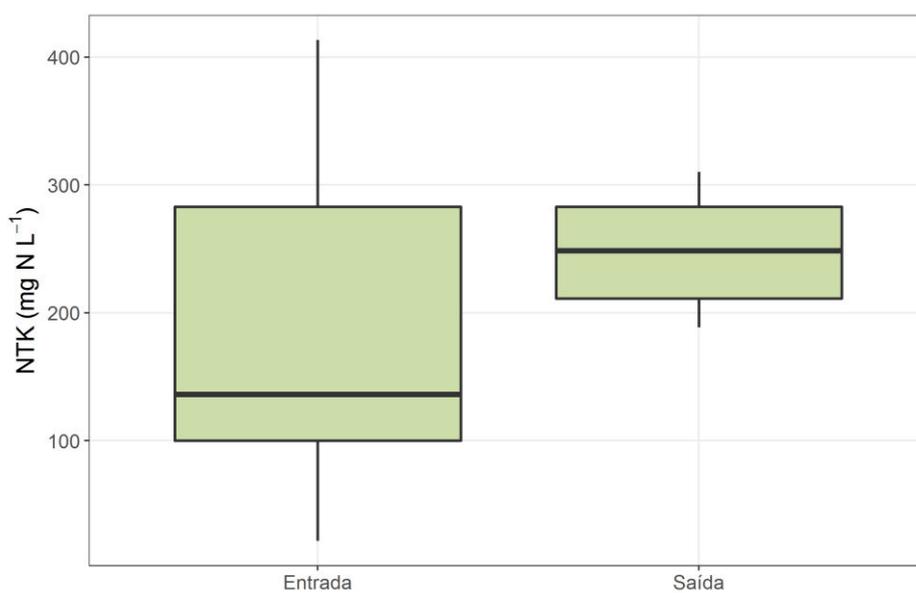


Figura 7.11. Variação da concentração de NTK nas amostras de entrada e saída na BET implantada em Pedra Branca (Campinas, SP).

O último aspecto avaliado no efluente foi a sua concentração de microrganismos. A **Tabela 7.2** traz os resultados das análises realizadas com os efluentes em Pedra Branca, e traz também os valores encontrados nas pesquisas de Galbiati (2009) e Pires (2012).

Tabela 7.2. Resultados das análises microbiológicas realizadas com o efluente de entrada e de saída da BET implantada em Pedra Branca (Campinas, SP) e os resultados encontrados por Galbiati (2009) e Pires (2012). Valores em NMP/ 100 ml.

		Parâmetros microbiológicos (NMP/ 100 ml)			
		Esta pesquisa	Galbiati (2009)	Pires (2012) ¹	Pires (2012) ¹
Entrada	Coliformes Totais	2,5 x 10 ⁸	1,7 x 10 ⁷	2,4 x 10 ⁷	1,6 x 10 ⁷
	<i>E. coli</i>	4,0 x 10 ⁷	5,2 x 10 ⁶	1,6 x 10 ⁶	2,4 x 10 ⁶
Saída	Coliformes Totais	6,6 x 10 ⁶	3,2 x 10 ⁷	1,3 x 10 ³	2,4 x 10 ⁴
	<i>E. coli</i>	7,6 x 10 ⁵	3,7 x 10 ⁶	9,2 x 10 ²	1,6 x 10 ³

1. Pires (2012) avaliou dois sistemas diferentes, por isso existem os resultados expressos estão em duas colunas.

Não houve remoção importante de bactérias do grupo coliformes totais (2 log) e nem de *E. coli* dentro da BET (2 log) (**Figura 7.12**). Esta remoção é menor do que a encontrada por Pires nos seus dois sistemas (4 e 3 log, respectivamente), porém mais altas que as encontradas por Galbiati (2009) que não observou redução na concentração de bactérias no sistema estudado em MS.

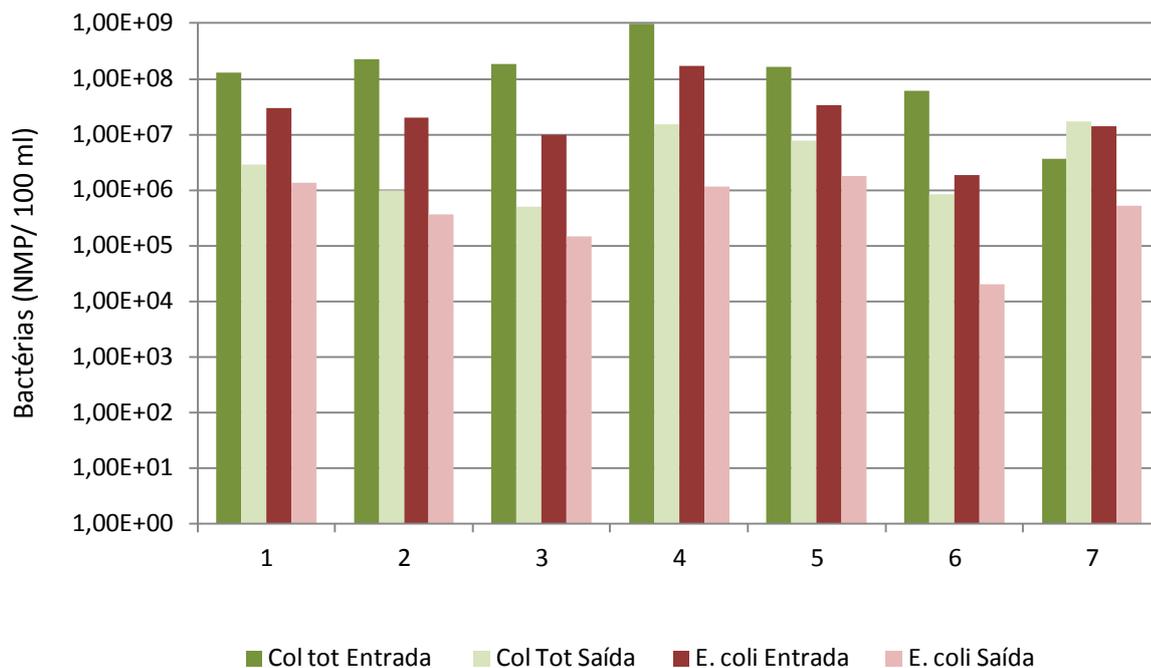


Figura 7.12. Variação da concentração de coliformes totais e *E. coli* no efluente de entrada e de saída da BET instalada em Pedra Branca.

A remoção de bactérias em sistemas anaeróbios fica entre 70 e 90% tipicamente, valores que não são considerados elevados em virtude das altas concentrações nos esgotos brutos (Von Sperling, 2014). Apesar da remoção dentro da BET ter resultados melhores do que os estimados por Von Sperling (2014), a concentração de micro-organismos no efluente de saída ainda é elevada. No entanto, como o efluente ficou retido dentro do sistema, não há chance de contato com os moradores locais e nem de contaminação ambiental, o que é importante neste contexto específico já que o lençol freático é bastante raso (cerca de 2,0 m do nível do solo).

Em relação à percepção dos moradores da residência onde foi implantada a BET (Nena e Nestor), a realização da observação participante durante um ano, conversas informais e a realização da entrevista semi-estruturada ao final da pesquisa permitiram o levantamento de muitos pontos interessantes.

A primeira observação se refere à dificuldade de memorizar o nome da tecnologia utilizada. O nome BET, embora preciso, foi de difícil compreensão e memorização, sendo frequentemente confundido com outros como *“fossa sintética”*. O termo mais utilizado durante a pesquisa foi *“fossa de bananeira”* ou *“fossa verde”* e esse se mostrou mais adequado neste contexto. Essa nomenclatura foi utilizada, inclusive, na cartilha produzida sobre a tecnologia (Figueiredo, Silva e Tonetti, 2018) e também nos vídeos gerados no contexto do Projeto Saneamento Rural (ver **Seção V**).

Embora a nomenclatura correta seja um desafio, a compreensão sobre o funcionamento da BET não. A participação dos moradores no mutirão de construção da tecnologia e a constante presença durante as atividades de campo propiciou a compreensão exata dos mecanismos de funcionamento do sistema. Para Nestor *“o esgoto entra por um lado e sai pelo outro. Tem umas camadas de pneu, desse entulho, de brita, areia grossa e terra. São um tipo filtro. Também vai de baixo pra cima. Bananeira e taioba puxam sujeira e água. Sujeira não puxa mesmo, só água”*.

A participação ativa na pesquisa (**Figura 7.13**) também ajudou a desenvolver o interesse e responsabilidade pelo sistema, além de conhecimento sobre sua manutenção e possíveis problemas. O interesse pelo novo sistema de tratamento de esgoto também foi observado por Faria *et al.* (2015) que trabalharam com a mesma tecnologia em área rural de Viçosa/MG.

O sistema foi considerado fácil de ser construído, mas com algumas ressalvas. Para Nena, *“o sistema é fácil de construir. Mas tendo vontade. Sem vontade, não faz. E os materiais não são tão difíceis”*. E para Nestor, *“mesmo a alvenaria é tranquilo para quem tem o costume de fazer. Abrir o buraco é mais difícil”*.

A etapa da impermeabilização demandou conhecimento específico, especialmente a fase do reboco com aditivo impermeabilizante, mas Nestor já trabalhou como pedreiro e domina a arte de construir. Porém, como esta etapa da construção da BET é crítica para seu bom funcionamento, algumas publicações têm recomendado o uso de lonas e matas impermeáveis que garantam a estanqueidade do sistema (FUNASA, 2018) já que estas seriam mais fáceis e rápidas de serem instaladas. Em relação à escavação, esta também pode ser feita com auxílio de máquinas (quando

existir recurso para tal), mas a escavação manual tem vantagens em relação ao controle do tamanho e formato do buraco, o que facilita a compactação do solo necessária para receber a estrutura do tanque.



Figura 7.13. Imagens da participação dos moradores durante a pesquisa. **A)** Nestor e Gigio observando os resultados da análise de Coliformes/*E. coli*. **B)** Nestor construindo um instrumento para coletar o esgoto dentro da BET. **C)** Nestor coletando amostras de água cinza²⁹ para análise.

²⁹ As águas cinzas na propriedade de Nestor foram tratadas por um Círculo de Bananeiras que foi monitorado durante a execução do Projeto Saneamento Rural, mas que não será abordado nesta tese.

Para os moradores, a BET implantada há mais de dois anos tem funcionado bem, sem a produção de odores desagradáveis e proliferação de insetos. A manutenção do sistema se resume a *“colocar capim e palha em cima. E deixar os brotos de banana virem”* (Nestor). Apesar de simples, a manutenção é importante para garantir o bom funcionamento do sistema. Coelho (2013) observou BETs sem cuidado no Ceará, especialmente em áreas com a instalação de equipamentos públicos como escolas, e percebeu que nestas condições havia o extravasamento do efluente e mau cheiro. BETs com poucas mudas ou com mudas demais podem gerar o mau funcionamento do sistema ou a sua colmatação (Coelho, 2013).

O sistema já foi, inclusive, indicado para vizinhos e parentes. Para Nestor, o fator econômico é importante: *“é um jeito fácil e não gasta muito”*. Para Nena, a questão em foco é a eficiência do sistema: *“É bom fazer, porque fossa tem que fazer, porque se não passa o esgoto”*. Quando o sistema implantado funciona bem, ele passa a ser *“falado”*, sugerido e mesmo reproduzido espontaneamente para a melhoria da qualidade ambiental local, conforme também foi observado por Paes, Crispim e Furtado (2014) que trabalharam com a implantação de uma BET em região peri-urbana da Paraíba.

O sistema de tratamento antigo e que atendia a duas casas era *“fossa normal, um buraco com os canos dentro”*. Para Nestor o sistema não funcionava, pois *“a cada três anos precisava abrir outra fossa”*. A rápida colmatação da sua fossa deve ter relação direta com o alto nível do lençol freático localmente. O novo sistema foi considerado por ele como uma opção melhor já que *“demora mais tempo pra mexer, não vai sujeira na terra. Aí não contamina o solo”*.

Durante a pesquisa não foi mencionada pelos moradores locais nenhuma preocupação com o consumo dos alimentos produzidos no interior da BET, diferentemente do que foi apontado por Coelho, Reinhardt e de Araújo (2018) que acreditam que a contaminação de alimentos por organismos patogênicos é uma preocupação central quando se trata de reúso de efluente. No entanto, diversos estudos demonstraram a segurança sanitária dos alimentos produzidos no interior desses sistemas (Pires, 2012; Benjamin, 2013; Galbiati, 2009; Paulo *et al.*, 2013;

Coelho, 2013 e Coelho, Reinhardt e de Araújo, 2018). Esse fato foi amplamente discutido com os moradores e também foi abordado na oficina teórica sobre a BET, e o acesso à informação pode ter trazido segurança em relação a esse ponto delicado. A banana e taioba produzida dentro do sistema foi consumida pela família e por amigos durante a pesquisa. Além disso, a relação com o esgoto parece ser diferente, de menos “nojo e receio”, o que foi demonstrado inúmeras vezes quando houve resistência ao uso de luvas para a coleta de amostras de esgoto, por exemplo.

7.6 Conclusões

A BET se mostrou um sistema muito interessante para o tratamento de esgoto em áreas rurais. Além de ser um sistema que faz o reaproveitamento de materiais que seriam descartados como resíduos sólidos (pneus usados, entulho de construção civil), a BET é um sistema que pode ser construído com certa facilidade e rapidez, especialmente se forem utilizadas lonas ou mantas para impermeabilização da bacia. Além disso, a BET faz a ciclagem de água e nutrientes, ao mesmo tempo em que produz alimentos e biomassa, fechando o ciclo do saneamento ecológico e gerando abundância local. Porém, o principal ponto positivo da BET é que por ser um sistema fechado e que não gera efluente final, ela é uma alternativa excelente para locais onde não existem condições favoráveis para realizar a disposição final do efluente no solo, como foi o caso em Pedra Branca.

À partir do trabalho de pesquisa realizado, conclui-se que o dimensionamento adotado para uma família de 5 pessoas (ou 4 residentes e 2 usuários ao longo do dia) de 5,0 x 1,5 x 1,30m foi adequado ou mesmo superdimensionado e não gerou efluente de saída. Durante o período de mais de dois anos de acompanhamento do sistema, não foi observado nenhum episódio de extravasamento da BET pela tubulação de drenagem instalada na camada de terra. No entanto, o correto dimensionamento da BET deve sempre levar em consideração variáveis envolvidas na produção de esgoto da residência e também as características ambientais locais.

O acompanhamento do nível interno da BET e o bom desenvolvimento das bananeiras e taiobas deram indícios de que o sistema está funcionando adequadamente e sem vazamentos, e que a entrada de esgoto + precipitação está conseguindo prover as condições necessárias para a vegetação. No entanto, seria interessante calcular a taxa de evapotranspiração local e analisar o balanço hídrico do sistema em detalhes para compreender, com maior clareza, os processos de entrada e saída de água na BET.

O efluente de saída da BET tem pH estável e levemente alcalino. A CE do efluente é bastante elevada e pode, em tese, levar à salinização do solo local e

também a um desenvolvimento sub-ótimo das plantas do interior da BET. Porém, mesmo com esta condição, as bananeiras parecem estar se desenvolvendo e frutificando, mesmo que de modo mais lento, e o solo ainda não encontra-se impactado pelo teor de sais (PST).

Mesmo com o processo de perda de água na BET pelos processos de evaporação no solo e transpiração das plantas, o efluente de saída apresentou redução de todos os parâmetros investigados.

Foi observada uma excelente remoção de SST e turbidez pela BET, provavelmente devido à filtração física que ocorre naturalmente quando existe a passagem do efluente da câmara de pneus para a camada de brita e areia. Não foi investigada a presença de lodo no interior do sistema, mas outras pesquisas realizadas recentemente indicam que a decantação de sólidos no interior do sistema é frequente e que também deve contribuir para o tratamento do efluente. O grande TDH das BETs certamente contribuiu para este processo.

A remoção de matéria orgânica na forma de DBO e DQO também foi muito alta, indicando que além dos processos físicos de filtração e decantação, os processos biológicos de digestão anaeróbia também estão auxiliando no bom desempenho do sistema. A remoção observada na BET instalada em Pedra Branca excedeu os valores médios propostos para sistemas anaeróbios tipo fossa-filtro.

Houve redução significativa dos parâmetros microbiológicos, e esta superou o esperado para sistemas anaeróbios. De qualquer forma, como não houve extravasamento, não houve contaminação do solo e do lençol freático, como acontecia anteriormente com o uso de uma fossa rudimentar implantada em local inadequado. Mesmo que o extravasamento aconteça, esse efluente terá um volume muito menor do que se fosse disposto diretamente no solo, e passará ainda por mais uma etapa de tratamento, o Círculo de Bananeiras.

A percepção dos moradores locais sobre o sistema foi bastante positiva, e a participação ativa durante as atividades relacionadas à implantação do sistema a pesquisa são bons indícios do seu comprometimento. Não foram relatados problemas

com a tecnologia e nem desconfortos com o consumo dos alimentos produzidos na BET. Além disso foi relatada satisfação na substituição da antiga fossa e entusiasmo com a disseminação da tecnologia entre os vizinhos.

7.7 Referências Bibliográficas

- ABNT. 1993. ***Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos - NBR 7229***. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. 1997. ***Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação - NBR 13969***. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro.
- Alcocer, J. C. A.; Costa, J. M. F.; Ramos, K. M.; Duarte Junio, A.; Moreira, K. da S.; Coaquira, C. A. C.; Guimarães, A. P.; Duarte, J. B. F. 2015. ***Tratamento de esgoto doméstico de regiões rurais com tanques de evapotranspiração***. Revista SODEBRAS – Volume 10. N° 112 – ABRIL/ 2015.
- APHA. 2012. ***Standard methods for the examination of water and wastewater***. 22^a ed. Washington: American Public Health Association.
- Bassoi, L. H.; Teixeira, A. H. C.; Moura e Silva, E. E.; Ramos, C. M. C.; Targino, E. L.; Maia, J. L. T.; Ferreira, M. N. L. ***Comunicado Técnico 108: Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão***. EMBRAPA Semiárido. 4p. 2001
- Bastos, R. K. X.; Bevilacqua, P. D. ***Normas e critérios de qualidade para reúso da água***. In: Florêncio, L; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2006
- Benjamin, A. M. 2013. ***Bacia de evapotranspiração: tratamento de efluentes domésticos e produção de alimentos***. Dissertação (mestrado). UFLA: Lavras. 50 p.
- Bernardes, F. S. 2014. ***Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (TEvap)***. Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7^a Edição nº 007 Vol.01/ Julho/2014.
- Campos, P. E. R. 2018. ***O sistema de saneamento ecológico evapotranspirante- um legado permacultural ao saneamento básico***. 14 p. Disponível em: <https://permaforum.wordpress.com/2018/05/07/o-sistema-de-saneamento-ecologico-evapotranspirante-um-legado-permacultural-ao-saneamento-basico/>

- CETESB, 2011. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).
- Chernicharo, C. A. L. 2007. **Reatores Anaeróbios**. 380p. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Coelho, E. F.; Donato, S. L. R.; Oliveira, P. M.; Cruz, A. J. S. **Capítulo 2. Relações hídricas II: evapotranspiração e coeficientes de cultura**. In: Irrigação da Bananeira. Coelho, E. F. (editor). Brasília: DF. EMBRAPA. 280 p. 2012
- Coelho, C. F.; Reinhardt, H.; Araújo, J. C. 2018. **Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil**. Eng Sanit Ambient | v.23 n.4 | jul/ago 2018 | 801-810.
- CONAMA, 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente/ Ministério do Meio Ambiente. **Resolução No. 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
- Donato, S. L. R.; Coelho, E. F.; Arantes, A. M.; Cotrim, C. E.; Marques, P. R. R. **Capítulo 1. Relações hídricas I: considerações fisiológicas e ecológicas**. In: Irrigação da Bananeira. Coelho, E. F. (editor). Brasília: DF. EMBRAPA. 280 p. 2012
- Emater/FBB. 2016. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Fundação Banco do Brasil. **Tecnologia social: Fossa Ecológica/Tevap**. 14 p.
- EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA. 353p.
- Faria, D. M. et al. **Construção participativa de sistemas individuais de esgotamento sanitário em comunidades rurais**. V Congresso Latinoamericano de Agroecologia.
- Figueiredo, I. C. S.; Santos, B. S. C.; Tonetti, A. L. 2018. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Campinas: Biblioteca Unicamp. 28 p.

- Fiocruz. 2013. Fundação Oswaldo Cruz. **Tratamento de esgoto doméstico com uso de fossa verde**. Passo-a-passo. Tecnologia social em saúde ambiental. Ministério da Saúde/ Fiocruz.
- Fortes, F. C. A. **Manejo do solo com lodo de esgoto na produção e qualidade de frutos em bananeira irrigada**. Tese de Doutorado. UNESP/ Botucatu. 113p. 2011.
- FUNASA. 2014. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares** – Funasa. 44 pgs.
- FUNASA. 2015. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4ª edição. Brasília: Funasa.
- FUNASA. 2018. Ministério de Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos**. Brasília: Funasa. 50 p. Eds: Paulo, P.L.; Galbiati, A.F.; Magalhães, F.J.C.
- Galbiati, A. F. 2009. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação (mestrado). Campo Grande, MS.
- Gil, A. C. 2008. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas.
- Jenkins, Joseph. 2005. **The Humanure Handbook: a guide to composting human manure**. 3ª edition. Chelsea Green Publishing. Grove City, PA.
- Melo, L. A. S.; Ligo, M. A. V. **Uso de lodo de esgoto em bananicultura: efeitos de doses no primeiro ano de aplicação**. Rev. Cient. Rural, v. 11, n. 2, p. 33-38. 2006.
- Melo, L. A. S.; Ligo, M. A. V. **Efeitos do Lodo de Esgoto Aplicado na Cultura de Bananeiras “Grande Naine”**. Comunicado técnico 45. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna/SP. 2008.
- Mota, S.; Fonseca, A. F.; Stefanutti, R.; Volschan Jr, I.; Naval. L. **Capítulo 6: Irrigação com esgotos sanitários e efeitos nas plantas**. In: Florêncio, L; Bastos, R. K. X.; Aisse, M.

- M. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2006
- Oliveira Netto, A. P.; Guerra, L. R. M.; Silva, M. R. P.; Silva, R. F. 2015. ***Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano.*** Revista Produção e Desenvolvimento, v.1, n.3, p.103-113, set./dez., 2015.
- Pamplona, S.; Venturi, M. 2004. ***Esgoto à flor da terra: sistema de evapotranspiração é solução simples, acessível e sustentável.*** Permacultura Brasil: soluções ecológicas. Ano VI, Número 16.
- Paulo, P. L; Azevedo, C.; Begosso, L.; Galbiati, A. F.; Boncz, M. A. 2013. ***Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping.*** Ecological Engineering 50 (2013) 95– 10.
- Pires, Felipe Jacob. 2012. ***Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário-MG.*** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa- Viçosa, MG. 118p.
- PNSR. 2018 c. ***Capítulo 5: Eixos estratégicos.*** Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>
- Raij, B. van; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J. A. 2001. ***Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.*** Instituto Agrônomo de Campinas (SP).
- Sant'ana, J. A. V.; Coelho, E. F.; Faria, M. A.; Silva, E. L.; Donato, L. R. ***Distribuição de raízes de bananeira "prata-anã" no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação.*** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 34, n. 1, p. 124-133. 2012.
- Santana Junior, E. B. 2015. ***Sensibilidade de cultivares de bananeira a níveis de salinidade na água de irrigação.*** Tese de Mestrado. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 124 p.
- Silva, W. T. L. 2014 b. ***Sistemas biológicos simplificados aplicados ao Saneamento Básico Rural.*** In: Conceitos e aplicações da instrumentação para o avanço da agricultura.

João de Mendonça Naime, Luiz Henrique Capparelli Mattoso, Wilson Tadeu Lopes da Silva, Paulo Estevão Cruvinel, Ladislau Martin-Neto, Sílvio Crestana (editores). Brasília, DF: Embrapa, 2014.

Silva, W. T. L. da; Faustino, A. S.; Novaes, A. P. de. 2007. **Documentos 34: Eficiência do processo de biodigestão em fossa séptica biodigestora inoculada com esterco de ovino**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 20 p. Embrapa Instrumentação Agropecuária.

Soares, A.; Legan, L. 2009. **De olho na água: Guia de referência. Construindo o canteiro bio-séptico e captando água da chuva**. Projeto de Olho na água. Editora Mais Calango. 28 p.

Tonetti, A. L. *et al.* 2018. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.

Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4ª Edição. Editora UFMG, Belo Horizonte. 470 p.

Vieira, Itamar. 2010. **BET – Bacia de Evapotranspiração**. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-de-evapotranspiracao-bet/>. Último acesso em 29/06/2017.

WHO. 2006 a. World Health Organization. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater/ v. 2. Wastewater use in agriculture**. 196p.

Seção VIII. **Tanque séptico e Filtro Anaeróbio com recheio de coco**

8.1 Introdução

Durante as reuniões realizadas com os participantes da pesquisa na comunidade de Pedra Branca (relatadas na **Seção V**), foram escolhidas três tecnologias alternativas para tratamento de esgoto doméstico no meio rural, e dentre elas o tanque séptico associado a um filtro anaeróbio com recheio de coco verde, para tratamento de esgoto doméstico misto.

O presente capítulo faz uma revisão sobre esta tecnologia e traz os resultados da sua aplicação na comunidade rural de Pedra Branca, Campinas/SP, por meio da análise do efluente final produzido pela unidade implantada. Além disso, também é discutida a aceitação da tecnologia pela família beneficiada.

8.2 Revisão Bibliográfica

O tanque séptico ($T_{\text{sép}}$), também conhecido como fossa séptica (IBGE, 2014), é o sistema de tratamento de esgoto descentralizado mais comum no Brasil, depois das fossas rudimentares, (IBGE, 2010) e no mundo (Andrade Neto *et al.*, 2000; Massoud *et al.*, 2009). Ele pode ser definido como “*unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão*” (ABNT, 1993).

Os tanques sépticos (**Figura 8.1**), ou decanto- digestores, são reatores muito antigos e os primeiros protótipos foram desenvolvidos em 1872, na França, por Jean Louis Mouras, e aperfeiçoados por Donald Cameron, em 1895, quando foram batizados de tanques sépticos (Andrade Neto *et al.*, 2000). Desde então, esse tipo de reator vem sofrendo modificações, se tornando cada vez mais popular e difundido. Seu sucesso é devido à facilidade de construção e operação, eficiência no tratamento de diferentes tipos de efluentes e capacidade de absorção de choques tóxicos e sobrecarga (Andrade Neto *et al.*, 2000).

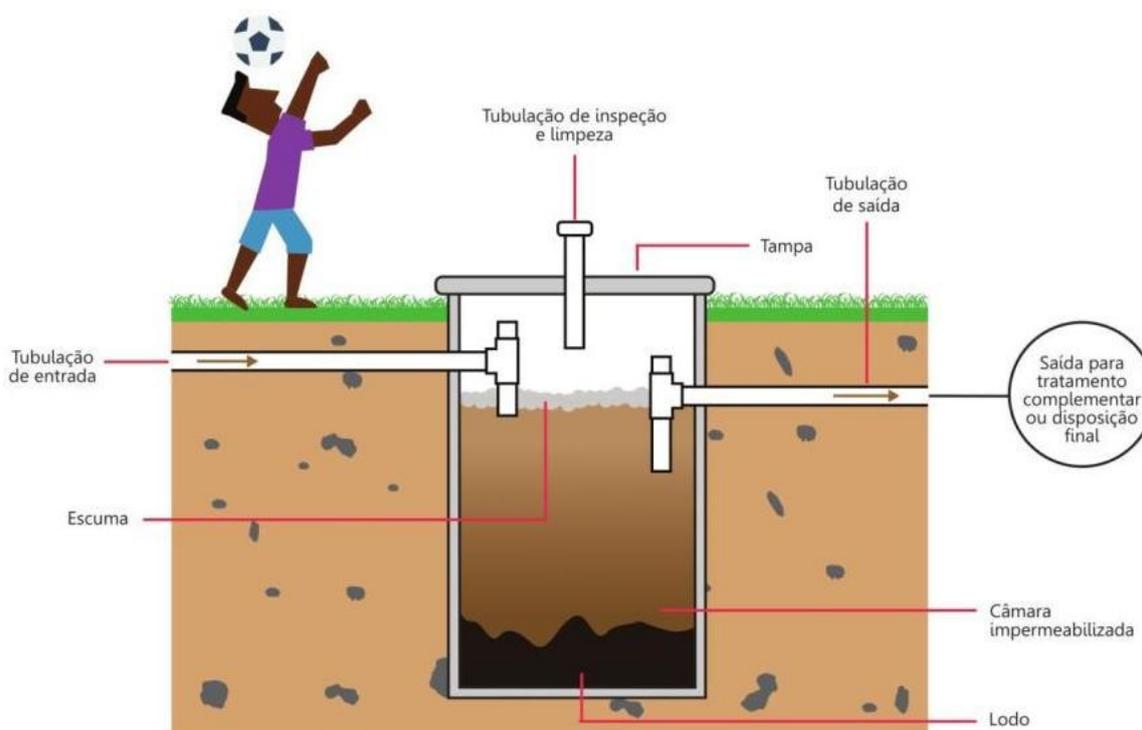


Figura 8.1. Desenho esquemático de um tanque séptico de câmara única (Fonte: Tonetti *et al.*, 2018).

O objetivo do TS é decantar os sólidos presentes no esgoto bruto, formando uma parcela sedimentável (lodo) e outra flutuante (escuma), além de iniciar a degradação anaeróbia da fase líquida (Andrade Neto *et al.*, 2000). A eficiência média de remoção nestas unidades varia entre 25 e 35% para DQO e 55 e 65% para SS (Von Sperling, 2014).

No Brasil, o dimensionamento da unidade normalmente segue a normativa NBR 7229 (ABNT, 1993). A equação para o dimensionamento encontra-se a seguir:

Equação 4

$$V = 1000 + N (CT + k.Lf)$$

Onde:

V = volume útil, em litros

N = número de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia

T = período de detenção, em dias

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia

O tanque séptico é considerado como a solução mais adequada para o tratamento de esgoto em locais sem acesso a rede coletora (ABNT, 1993) e em áreas de baixa densidade populacional (USEPA, 2002) pois possui baixo custo de implantação, oferece uma operação simplificada e boa eficiência (Massoud *et al.*, 2009 e Beal, Gardner e Menzies, 2005). A FUNASA também indica a tecnologia nas publicações voltadas para as regiões sem atendimento por rede coletora (2014 e 2015) e o PNSR menciona a tecnologia nas suas matrizes coletivas e individuais para o esgotamento sanitário (PNSR, 2018).

Porém, se mal projetado, construído ou mantido, o T_{sép} também pode oferecer elevados riscos de contaminação para o solo e águas subterrâneas. Outro problema associado a essa tecnologia é a grande variabilidade da sua eficiência e qualidade do efluente final (Beal, Gardner e Menzies, 2005). Além disso, a eficiência na remoção de nutrientes, matéria orgânica dissolvida e patógenos é baixa, há a geração de odores advindos da decomposição anaeróbia e há produção de lodo que precisa ser removido com certa frequência (Massoud *et al.*, 2009). Há, no entanto, maneiras de tornar o tanque séptico mais eficiente (USEPA, 2002) ou de combiná-lo com alternativas de pós-tratamento

que atuam diretamente na remoção de matéria orgânica dissolvida (Andrade Neto *et al.*, 2000), o que pode gerar um efluente final com mais qualidade.

É esse o caso do filtro anaeróbio (**Figura 8.2**). De acordo com Von Sperling (2014) o filtro anaeróbio (FA) caracteriza-se pela presença de um material suporte no qual a biomassa adere-se ou fica retida nos interstícios, formando um biofilme responsável pela degradação do esgoto. A NBR 13.969 (ABNT, 1997) caracteriza o filtro anaeróbio como um filtro anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente, descrevendo-o como um “*reator biológico de fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submerso, onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica*”.

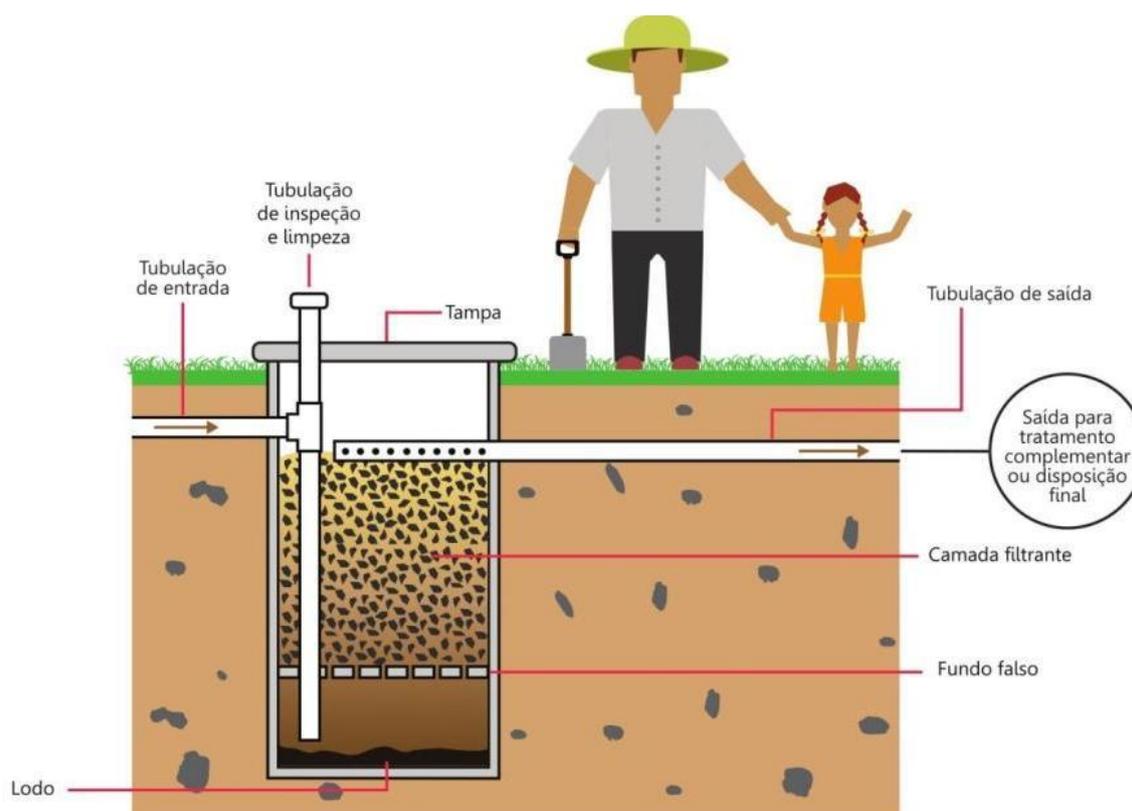


Figura 8.2. Desenho esquemático de um filtro anaeróbio (Fonte: Tonetti *et al.*, 2018).

Os filtros anaeróbios vêm sendo estudados desde a década de 1950 (Andrade Neto *et al.*, 2000) e, desde então, eles vêm sendo aprimorados, modificados e testados em diferentes condições (Nour *et al.*, 2000). No Brasil a sua popularização ocorreu à partir da incorporação da tecnologia na primeira versão da NBR 7229, em 1982 (Andrade Neto *et al.*, 2000). Inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas com os filtros anaeróbios desde então, e no cenário brasileiro têm destaque aquelas realizadas no âmbito do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico- PROSAB.

Os filtros anaeróbios possuem baixo custo de instalação, manutenção e operação e apresentam outras vantagens como a produção de lodo em pequena quantidade (Chernicharo, 2007). Embora possam ser a unidade principal no tratamento de esgoto, os FAs são mais bem sucedidos quando precedidos de um reator que retenha sólidos sedimentáveis, como o tanque séptico (Andrade Neto *et al.*, 2000). A combinação do tanque séptico com o filtro anaeróbio é sugerida por várias publicações de referência no Brasil, incluindo FUNASA (2014, 2015 e 2018) e PNSR (2018).

Os filtros anaeróbios brasileiros normalmente são dimensionados conformes a normas NBR 13969 (ABNT 1997), conforme a equação a seguir:

Equação 5

$$V = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T$$

Onde:

V = volume útil, em litros

N = número de pessoas ou unidades de contribuição

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia

T = período de detenção, em dias

No entanto, vários estudos apontam para o fato de que a norma pode estar superdimensionado os filtros que poderiam trabalhar com um TDH menor e que alguns parâmetros de projeto, tal como a altura do leito filtrante, precisariam ser revistos, conforme aponta a publicação de Andrade Neto *et al.* (2000).

Uma diferença importante entre o FA e os diferentes tipos de tanques sépticos está na presença de material de enchimento. Como existe a fixação e o desenvolvimento de micro-organismos na forma de biofilme, além dos grânulos e flocos presentes nos interstícios desse material, o esgoto que é tratado no FA tem um contato prolongado com o lodo ativo retido, o que propicia maior eficiência na remoção de matéria orgânica dissolvida (Andrade Neto *et al.*, 2000).

Os materiais de recheio mais tradicionalmente usados nos filtros anaeróbios são a pedra britada e anéis de plástico, materiais resistentes ao meio agressivo (ABNT, 1997). Apesar destes serem adequados do ponto de vista técnico, a sua adoção como material suporte normalmente tem um custo alto, muitas vezes da mesma ordem da própria construção do reator (Van Hendel e Lettinga, 2008; Andrade Neto *et al.*, 2000). Por isso, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas sobre materiais alternativos para o enchimento dos FAs. Na busca por alternativas mais ecológicas, de fácil aplicação e viáveis economicamente, anéis de bambu já foram testados com sucesso (Nour *et al.*, 2000; Camargo, 2000; Camargo e Nour, 2001; Tonetti *et al.*, 2005, Tonetti, 2008; Tonetti *et al.*, 2010; Dominato, 2011; Tonetti *et al.*, 2011) e mais recentemente a casca de coco verde (*Cocos nucifera*) tem sido alvo de pesquisas na UNICAMP (Cruz, 2009; Cruz *et al.*, 2010; Dominato, 2011; Cruz *et al.*, 2013; Gomes, 2015; Bueno, 2017).

A justificativa para o uso do coco verde como material suporte em filtros anaeróbios se baseia na sua grande disponibilidade, baixo valor econômico e grande resistência das suas fibras (Cruz, 2009). O uso deste material pode transformar um resíduo problemático em alternativa para o tratamento de efluentes (Cruz *et al.*, 2019).

Cruz *et al.* (2013) avaliaram as cascas de coco verde antes e depois destas serem utilizadas dentro de filtros anaeróbios por dois anos. Os autores concluem que a força e tensão suportadas pelas fibras de coco não muda com o seu uso dentro dos filtros e que o material tem alta resistência à degradação biológica. Além disso, o uso das cascas dentro dos filtros aumenta o volume de vazios e a área superficial do material, características positivas para o crescimento de biofilme (Cruz *et al.*, 2013).

Filtros anaeróbios recheados com coco verde vêm sendo pesquisados na Unicamp nos últimos 10 anos e os principais trabalhos que avaliaram a qualidade do efluente produzido por estes reatores encontra-se no **Quadro 8.1**.

Quadro 8.1. Resultados das principais pesquisas sobre o uso de filtros anaeróbios recheados com coco, em ordem cronológica.

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Cruz, 2009	UNICAMP (duas unidades piloto) Amostras de esgoto bruto, efluente do filtro anaeróbio e do filtro de areia. 60 e 24 coletas	temperatura, pH, alcalinidade, CE, OD, turbidez, DBO, DQO, COT, série do nitrogênio, fósforo, série de sólidos, coliformes totais e <i>E.Coli</i> , AG	pH ideal para os processos anaeróbios. Turbidez de $52 \pm 22,9$ UT e $65 \pm 18,4$ UT (remoção de 52% e de 65%). CE de $1,0 \pm 0,1$ e $0,9 \pm 0,1$ dSm ⁻¹ . SST: $56 \pm 28,2$ mgL ⁻¹ e $69 \pm 21,2$ mgL ⁻¹ , com remoção média de 69,3% e 62,2%. DQO de 350 ± 215 mgO ₂ L ⁻¹ e 507 ± 219 mg O ₂ L ⁻¹ (remoção média 58,6%). DBO de 84 ± 65 mg O ₂ L ⁻¹ e 207 ± 155 mg O ₂ L ⁻¹ . P de $2 \pm 0,7$ mgPL ⁻¹ . NTK de $58 \pm 12,9$ e $52 \pm 8,9$ mg NL ⁻¹ . Coliformes totais de $2,8 \times 10^7 \pm 2 \times 10^7$ e <i>E. coli</i> de $2,5 \times 10^6 \pm 1,7 \times 10^6$.
Cruz et al., 2010	UNICAMP (uma unidade piloto) Amostras de esgoto bruto e efluente do filtro anaeróbio. 30 coletas	Temperatura, DBO, DQO, pH, alcalinidade	Para o efluente após o filtro de coco com TDH de 9 horas: pH de $7,4 \pm 0,2$. DQO de 329 ± 185 mgO ₂ L ⁻¹ (remoção de $70 \pm 16\%$). DBO 77 ± 50 mgO ₂ L ⁻¹ (remoção de $81 \pm 38\%$ em relação ao bruto).
Cruz et al., 2013	UNICAMP (quatro unidades piloto) Amostras de esgoto bruto, efluente do filtro anaeróbio. 2 anos de coletas semanais	Temperatura, pH, alcalinidade total, DQO, DBO, NTK, fósforo total.	pH de 7.2 ± 0.5 . Alcalinidade total de 301 ± 100 mgCaCO ₃ L ⁻¹ . DQO de 281 ± 118 mgO ₂ L ⁻¹ (remoção de 65 a 80%). DBO de 79 ± 54 mgO ₂ L ⁻¹ (remoção de $79 \pm 16\%$).

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Parâmetros avaliados	Principais resultados
Gomes, 2015	<p>Propriedade comercial/residencial na zona rural</p> <p>Amostras do efluente após Tanque séptico, filtro de coco e filtro de areia.</p> <p>43 coletas</p>	<p>pH, alcalinidade, ácidos orgânicos voláteis (AOV), CE, OD, turbidez, série de sólidos, DBO, DQO (bruta, solúvel e coloidal), compostos nitrogenados e fósforo. <i>E. coli</i> e ovos de helmintos.</p>	<p>CE de $1338 \pm 171 \mu\text{Scm}^{-1}$. Turbidez de $122 \pm 71 \text{ uT}$. SST de $55 \pm 41 \text{ mgL}^{-1}$. Remoção de 51% da DQO ($213 \text{ mg O}_2\text{L}^{-1}$). DBo de $41 \pm 16 \text{ mg O}_2\text{L}^{-1}$. NTK de $114 \pm 23 \text{ mg NL}^{-1}$. Coliformes totais de $2,0 \times 10^5 \pm 3,1 \times 10^5$. <i>E. coli</i> de $1,8 \times 10^5 \pm 2,2 \times 10^5$. Não foram detectados ovos de helmintos no lodo do filtro de coco.</p>

AG: ácidos graxos. CE: condutividade elétrica. DBO: Demanda Bioquímica de oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. COT: carbono orgânico total. NTK: Nitrogenio Total Kjeldahl. NMP: Número mais provável. N_{total}: Nitrogênio Total. OD: Oxigênio Dissolvido. P_{total}: Fósforo total. pH: potencial hidrogeniônico. SST: Sólidos suspensos totais. UFC: Unidade formadora de colônia.

8.3 Objetivos

O objetivo geral desta seção é avaliar o desempenho do tanque séptico seguido de filtro anaeróbio recheado com coco, sistema de tratamento de esgoto doméstico implantado em Pedra Branca.

São objetivos específicos:

- ✓ Avaliar a qualidade do efluente final produzido pelo tanque séptico associado a um filtro anaeróbio com recheio de coco verde, por meio da análise de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- ✓ Avaliar a visão da família beneficiada em relação à facilidade construtiva, de manutenção/operação e a aceitabilidade do sistema de tratamento de esgotos.

8.4 Metodologia

8.4.1. Dimensionamento e construção dos sistemas

O sistema composto de tanque séptico + filtro anaeróbio foi construído na propriedade do Sr. José Otávio Bigatto (Pedra Branca, Campinas/SP) e recebe todo o esgoto doméstico (águas cinzas + vaso sanitário) de três residências. O sistema foi construído em março/2017.

O sistema foi dimensionado para o uso de cinco pessoas e seguiu os parâmetros de projeto presentes nas normas técnicas NBR 7229 (ABNT 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997). A **Tabela 8.1** traz os parâmetros utilizados para o dimensionamento e o tamanho real dos reatores (tamanho possível com o uso de anéis de concreto armado pré-fabricados).

Tabela 8.1 Parâmetros de projeto utilizados para dimensionamento do tanque séptico e do filtro anaeróbio.

Parâmetro	Tanque séptico	Filtro Anaeróbio
Número de contribuintes (N)	5	5
Contribuição de despejos (C)	100 l/pessoa.dia	100 l/pessoa.dia
Período de detenção (T)	1 dia	1 dia
Intervalo entre limpezas de lodo	2 anos	-
Taxa de acumulação de lodo digerido (k)	105 dias	-
Contribuição de lodo fresco (Lf)	1 l/pessoa.dia	-
Volume total necessário (V)	2175 litros	800 litros
Altura total do reator	2,0 m	1,5 m
Diâmetro do reator (diâmetro do anel)	1,2 m	1,0 m
Volume real do reator construído	2090 litros	940 litros

O sistema foi construído com anéis de concreto pré-fabricados (zimbras) assentados com argamassa de rejunte (**Figura 8.3 A**). A parede interna dos anéis e o fundo recebeu três demãos cruzadas de impermeabilizante semi-flexível bi-componente. Um teste de estanqueidade de 24 horas foi realizado para verificar vazamentos no T_{sep} , como recomendado pela ABNT (1993) (**Figura 8.3 B**).

Cada reator também recebeu uma tampa de concreto e uma tubulação de inspeção (tubo PVC 100 mm, com *cap*) (**Figura 8.3 C**). A tubulação de conexão entre os reatores foi feita com tubos PVC 100 mm.

O filtro anaeróbio foi preenchido com cocos verdes cortados ao meio (**Figura 8.3 F**) e uma pequena camada de entulho grosso para evitar que os cocos boiassem. A camada filtrante ficava sobre um fundo falso furado apoiado em blocos de concreto (**Figura 8.3 D e E**). Abaixo do fundo se inseriu a tubulação de alimentação do filtro, vinda do T_{sep} . O efluente final gerado pelo sistema foi disposto no solo, em uma vala de infiltração e evapotranspiração construída com bambu. Ao lado da foram plantadas bananeiras (**Figura 8.3 G**) para auxiliar no consumo da água.



Figura 8.3. Imagens da construção do sistema tanque séptico + filtro anaeróbio em Pedra Branca, Campinas-SP. **A)** Instalação do anel de fundo do T_{sep} e sua impermeabilização. **B)** Teste de estanqueidade com o T_{sep} . **C)** Tampa de concreto e tubulação de inspeção (PVC 100 mm) no T_{sep} . **D)** Blocos de apoio pra o fundo falso no FA. **E)** Fundo falso e tubulação de alimentação no filtro já posicionados adequadamente. **F)** recheio do FA feito com coco verde em pedaços. **G)** Vista geral do sistema em uso.

8.4.2. Pontos de coleta de amostras do efluente

As amostras do sistema Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio foram obtidas na saída de cada um dos reatores (**Figura 8.4**). Para facilitar a coleta de efluente do filtro anaeróbio, foi instalada uma caixa sifonada de plástico.

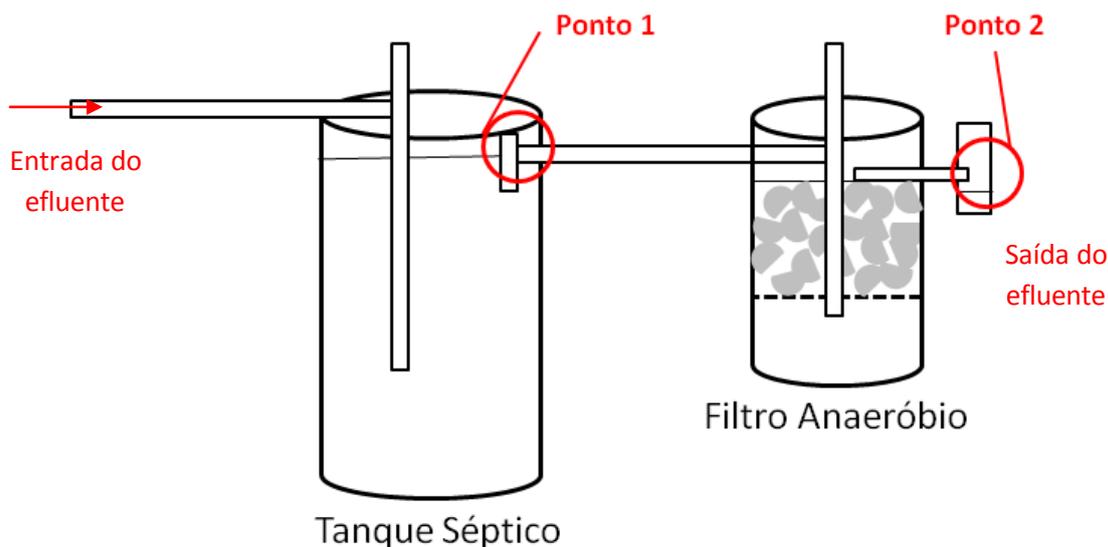


Figura 8.4. Pontos de coleta do efluente do sistema Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio.

8.4.3. Avaliação do efluente

O monitoramento dos sistemas implantados em Pedra Branca, Campinas/SP foi realizado quinzenalmente, à partir da data de implantação do último sistema. O período amostral foi de oito meses (abril a novembro de 2017), totalizando 16 amostras obtidas de cada sistema de tratamento de efluentes.

A coleta das amostras e seu condicionamento seguiu as recomendações propostas por CETESB (2011). As amostras de efluente foram coletadas em frascos de polietileno de 1,0 L higienizados com detergente Extran 10%, sendo a última rinsagem feita com água destilada. Os frascos para coleta de amostras para a análise microbiológica (frascos reagente de vidro 250 ml) seguiram os mesmos procedimentos, com o acréscimo da autoclavagem da vidraria por 15 minutos a 120°C e 1 atm. Todas as

amostras coletadas em campo foram mantidas resfriadas até a chegada no Laboratório de Saneamento (LABSAN), onde as análises foram realizadas. Os seguintes parâmetros foram analisados durante o período amostral (**Quadro 8.2**):

Quadro 8.2. Parâmetros e métodos para a análise das amostras de efluente do Tanque séptico associado ao filtro anaeróbio com recheio de coco verde.

Parâmetro	Frequência	Unidade	Método*
Turbidez	quinzenal	uT	2130 B ¹
pH	quinzenal	-	4500 H ⁺ B ¹
Condutividade elétrica (CE)	quinzenal	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	2510 – A
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	quinzenal	$\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$	5220 – D
Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)	mensal	$\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$	5210 -B
Nitrogênio Total Kjeldahl- NTK	quinzenal	$\text{mgN}\cdot\text{L}^{-1}$	4500 – Nitrogen (Organic) B
Fósforo Total- P _{total}	mensal	$\text{mgP}\cdot\text{L}^{-1}$	4500-P E
<i>E-coli/ Coliformes Totais</i>)	mensal	NMP/100mL	9223-B Colillert® e Quanti-Tray/2000®
Sólidos Suspensos Totais- SST	quinzenal	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	2540

*Métodos descritos em APHA (2012)

Foram calculadas as médias e desvios padrão para todos os parâmetros avaliados. A eficiência de remoção (em porcentagem) foi calculada a partir da diferença dos valores médios da entrada e saída do sistema. As médias dos dois reatores foram comparadas através do teste não paramétrico de Mann-Whitney *U* com um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

8.4.4. Avaliação da opinião sobre a tecnologia

A avaliação da percepção sobre a tecnologia foi realizada através de técnicas de pesquisa qualitativa, por meio de momentos de observação participante (Gil, 2008) e

conversas informais que aconteciam durante o monitoramento dos sistemas implantados.

Também foi realizada uma entrevista semi- estruturada (Gil, 2008) no final da pesquisa, com as famílias residentes na propriedade que recebeu o sistema. O roteiro da entrevista encontra-se no **Apêndice 4**.

8.5 Resultados e Discussão

O sistema de tratamento de esgoto doméstico misto (águas cinzas + águas de vaso sanitário) composto pelo tanque séptico seguido de filtro anaeróbio com recheio de coco entrou em operação no dia 20/03/2017 e as primeiras análises do efluente foram feitas em 02/05/2017 (após seis semanas da data de partida). Durante o tempo de monitoramento, o sistema não apresentou problemas referentes à sua construção, mau cheiro ou proliferação de vetores. No entanto, a tubulação de entrada da vala de infiltração (forma de disposição final escolhida para infiltrar o efluente no solo) cedeu com o peso da terra que foi colocada sobre ela por um trator, o que levou a um dano na tubulação de saída da caixa sifonada que recebia o efluente do filtro anaeróbio (Figura 8.5).



Figura 8.5. A) Vazamento do efluente na entrada da vala de bambu. B) Tubulação de saída da caixa sifonada danificada. C) Mesma tubulação reparada.

A constrição na tubulação de saída da caixa sifonada (**Figura 8.5 B**) gerou, por sua vez, um pequeno vazamento local (**Figura 8.5 A**) e um refluxo do esgoto tratado de volta para o interior do filtro, e, provavelmente, um retorno para o tanque séptico também. Esse problema foi corrigido no dia 29/09/2017, seis meses após o início da operação do sistema (semana 29). Não se sabe exatamente quando esse problema se iniciou, mas ele pode ter influenciado os resultados da qualidade do efluente final produzido. Além disso, durante o período da pesquisa, uma das casas que alimentava o sistema ficou vazia, perdendo dois moradores fixos. Com a diminuição do número de contribuintes, é possível que o sistema tenha ficado superdimensionado. A variação no número de contribuintes em um sistema descentralizado unifamiliar é um fator significativo para o bom funcionamento do sistema.

Em relação aos resultados da análise dos parâmetros físico-químicos do efluente de saída do tanque séptico (ponto 1) e saída do filtro anaeróbio (ponto 2), estes encontram-se organizados na **Tabela 8.2** que também apresenta valores da eficiência média de remoção para cada parâmetro avaliado.

Tabela 8.2. Resultados da análise de parâmetros físicos e químicos no efluente de saída do tanque séptico (ponto 1) e saída do filtro anaeróbio (ponto 2).

Parâmetro	<i>n</i>	Saída T _{sép} (Ponto 1)	<i>n</i>	Saída FA (Ponto 2)	Eficiência média [%]
DBO [mg O ₂ L ⁻¹]	7	144 ± 177	7	87 ± 81	39,6
DQO [mg O ₂ L ⁻¹]	16	317 ± 317	16	87 ± 152	72,6
NTK [mg N L ⁻¹]	14	37,5 ± 55,1	14	17,0 ± 8,6	54,7
P _{total} [mg P L ⁻¹]	5	1,3 ± 1,9	5	5,5 ± 9,6	-323,8
SST [mg L ⁻¹]	15	186 ± 204	15	40 ± 20	78,5
Turbidez [UT]	16	66 ± 32	16	94 ± 55	-42,4
CE [mS cm ⁻¹]	16	0,65 ± 0,11	16	0,65 ± 0,11	-

pH 16 $7,45 \pm 0,34$ 16 $7,33 \pm 0,22$ -

DBO: Demanda Bioquímica de oxigênio. DQO: Demanda Química de Oxigênio. NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl. P_{total}: Fósforo total. SST: Sólidos suspensos totais. CE: condutividade elétrica. pH: potencial hidrogeniônico. n: n°amostras.

O pH do efluente de saída do T_{sep} e do FA foram similares ($p=0,37$) e variaram pouco durante o monitoramento ($7,45 \pm 0,34$ e $7,33 \pm 0,22$, respectivamente) (**Figura 8.6**). Os valores encontrados nesta pesquisa são similares aos encontrados por Gomes (2015) que também avaliou a conjugação de um tanque séptico e de um filtro anaeróbio recheado de coco verde em situação real. Cruz (2009) e Cruz *et al.* (2010) também acharam valores semelhantes para o pH no efluente de saída do filtro de coco. O pH do efluente nos dois pontos amostrados também se encontra dentro da faixa que van Haandel e Lettinga (1994) consideram como ótima para o desenvolvimento de processos anaeróbios.

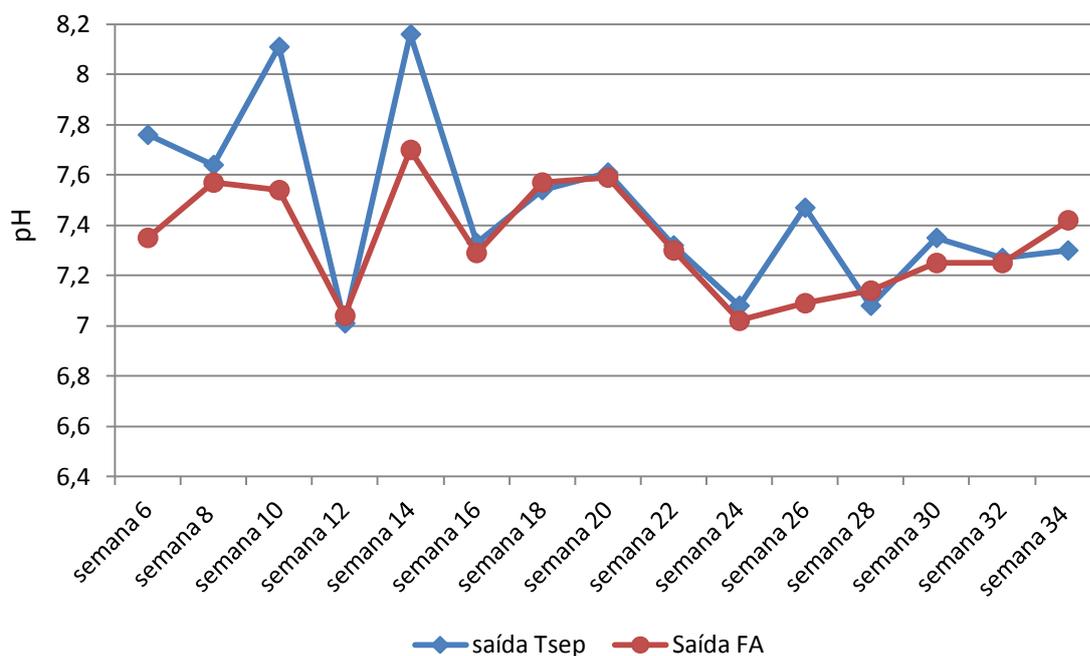


Figura 8.6. Variação do pH no efluente da saída do T_{sep} e saída FA, ao longo do tempo de monitoramento.

Pode-se perceber pela análise da **Figura 8.6**, que o pH do T_{sep} e do FA se mostrou mais similar ($p=0,69$) por um período de 5 análises (pontos 6 ao 11- cerca de dois meses), e depois de feita a troca da tubulação de saída (entre a coleta 11 e 12), os resultados para o pH das duas amostras voltaram a ser menos semelhantes ($p=0,37$). Isso sugere que o dano na tubulação de saída da caixa sifonada proporcionou o retorno do efluente do FA e a consequente mistura dos efluentes dos dois reatores.

Em relação à CE, ela também se manteve estável durante o monitoramento e com valores semelhantes para os dois reatores ($0,65 \pm 0,11 \text{ mS cm}^{-1}$) ($p=0,99$). Gomes (2015) também não achou diferenças significativas para a CE entre os efluentes do T_{sep} e FA monitorados, no entanto os valores médios encontrados pela autora foram mais altos (média de $1,31 \text{ mS cm}^{-1}$ para T_{sep} e $1,34 \text{ mS cm}^{-1}$ para FA). A explicação da autora para esse achado está relacionada à configuração do tanque séptico estudado, que tinha um TDH de dois dias, o que pode ter favorecido o processo de mineralização da matéria orgânica e o consequente aumento de sais e íons em solução (Gomes, 2015). Além disso, o esgoto que alimentava o seu sistema era proveniente de um estabelecimento comercial, onde predomina a produção de águas de vaso sanitário. Cruz (2009) também achou valores um pouco mais altos para CE no efluente dos filtros de coco monitorados ($1,0 \pm 0,1$ e $0,9 \pm 0,1 \text{ dSm}^{-1}$). Valores de CE mais baixos também podem indicar a entrada de um esgoto com baixa carga orgânica no sistema implantado em Pedra Branca.

A remoção total de SST observada no sistema implantado em Pedra Branca foi de 78,5%, valor próximo ao sugerido por von Sperling (2014) para sistemas compostos de T_{sep} + FA (80 a 90%). O efluente de saída do tanque séptico teve valores de SST significativamente diferentes dos da saída do filtro de coco ($p=1,19 \times 10^{-5}$) (**Figura 8.7**). As médias obtidas para tanque séptico ($186 \pm 204 \text{ mg L}^{-1}$) e para o filtro de coco ($40 \pm 20 \text{ mg L}^{-1}$) são bastante semelhantes às encontradas por Gomes (2015). Já Cruz (2009) encontrou valores de SST um pouco mais elevados (56 ± 28 e $69 \pm 21 \text{ mg L}^{-1}$) nos dois filtros de coco monitorados pela autora, e com eficiências de remoção menores (69,3 e 62,2%). O funcionamento do sistema de forma similar em condições reais bastante diferentes como as observadas por Gomes (2015) é um bom indicativo da sua robustez. Além disso, mesmo com uma variação ampla das concentrações de SST no

efluente do T_{sep} ($CV= 1,10$), o FA conseguiu produzir um efluente mais homogêneo em relação à esse parâmetro ($CV= 0,48$).

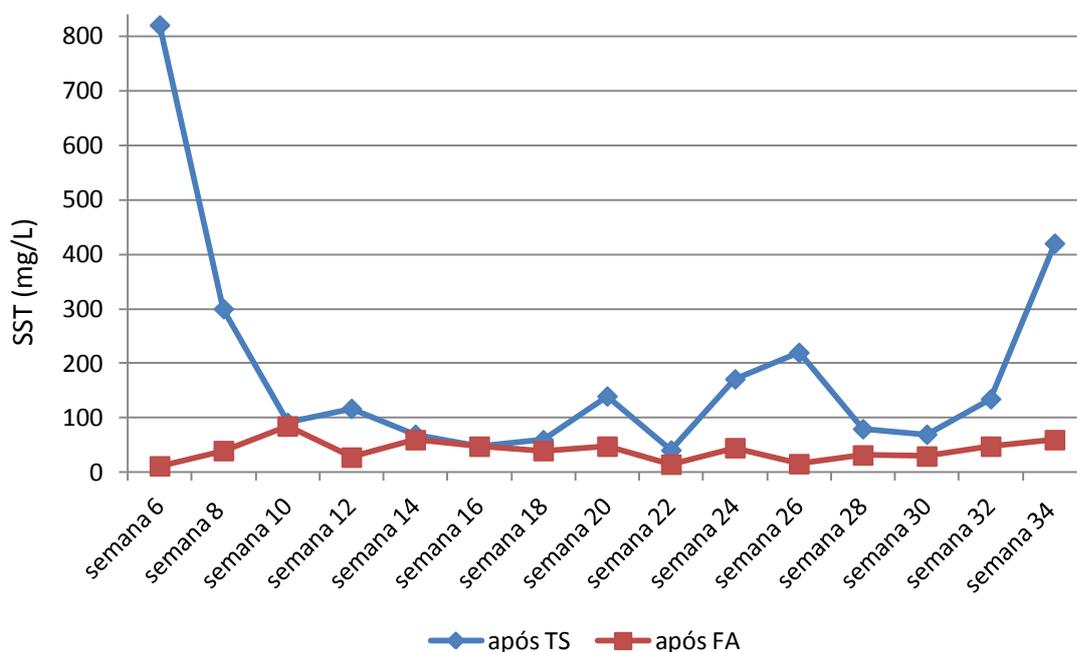


Figura 8.7. Variação dos valores de SST no efluente do tanque séptico e filtro anaeróbio, ao longo do tempo.

Os dados encontrados durante a pesquisa também indicam conformidade em relação à concentração média típica de SST presentes em esgoto doméstico após o tratamento por tanque séptico ($100 - 150 \text{ mgL}^{-1}$) e após complementação por filtro anaeróbio ($30 - 60 \text{ mgL}^{-1}$) apresentada por von Sperling (2014).

A turbidez (**Figura 8.8**) não seguiu o padrão observado para os SST. O valor médio encontrado para o efluente do T_{sep} ($66 \pm 32 \text{ UT}$) demonstrou uma tendência a ser mais baixo que o valor médio do efluente do FA ($94 \pm 55 \text{ UT}$), mas não houve diferença significativa ($p= 0,22$). O aumento da turbidez depois da passagem por filtros anaeróbios pode ser comum e a **Figura 8.9** mostra o aspecto geral do efluente do tanque séptico e do filtro de coco avaliado em Pedra Branca. Gomes (2015) encontrou valores 4,0 vezes mais altos para a turbidez no T_{sep} e 1,3 vezes mais altos para o FA.

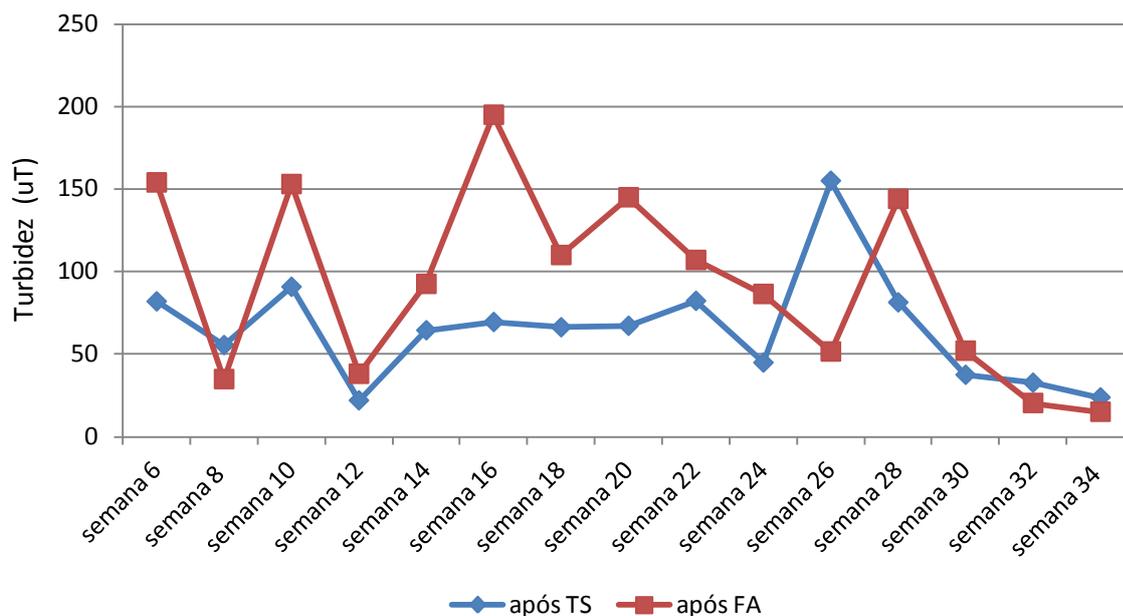


Figura 8.8. Variação dos valores de turbidez no efluente do tanque séptico e filtro anaeróbio, ao longo do tempo.

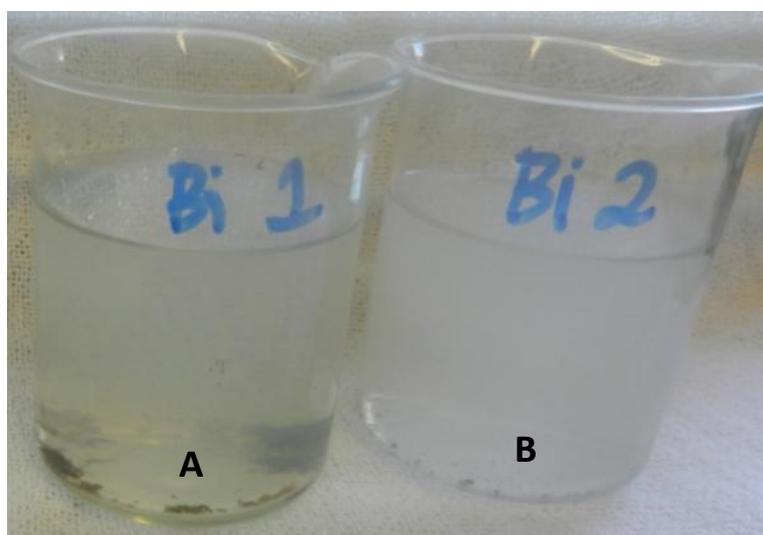


Figura 8.9. Aspecto geral das amostras coletadas no sistema monitorado em Pedra Branca, Campinas/SP. A) Amostra coletada após o tanque séptico. É possível ver sólidos sedimentados no fundo do Becker. B) Amostra coletada após o filtro anaeróbio recheado com coco. A turbidez do efluente é visivelmente maior.

Também foi possível perceber uma certa estabilidade dos dados referentes ao T_{sep} no período entre as coletas da semana 14 a 24, o que corrobora com a ideia da mistura dos efluentes durante esse período.

A remoção de DQO observada para o sistema foi de 72,6%, valor dentro da faixa de 70 a 80% sugerida por Von Sperling (2014) para sistemas compostos de tanque séptico e filtro anaeróbio. Em relação à concentração de matéria orgânica, o valor médio de DQO observado para o efluente do T_{sep} foi de $317 \pm 317 \text{ mg L}^{-1}$ e para o do FA foi de $87 \pm 152 \text{ mg L}^{-1}$, valores mais baixos do que os apontados por Von Sperling (2014). Os valores encontrados sugerem um efluente de entrada com baixa carga orgânica e/ou um sistema superdimensionado.

Gomes (2015) observou remoção de 51% de DQO para o conjunto tanque séptico + filtro de coco, e valores médios mais altos para os dois reatores (436 e 213 mg L^{-1} , respectivamente). Já Cruz *et al.* (2010) observaram uma remoção similar à obtida em Pedra Branca, mas concentrações de DQO maiores no efluente do FA (70% e $329 \pm 185 \text{ mg L}^{-1}$). Valores altos de DQO no efluente do FA de coco também foram encontrados por Cruz (2009). Nesses dois últimos trabalhos caso, os autores trabalharam com um efluente bruto mais carregado do que a média descrita por Von Sperling (2014).

A eficiência de remoção de DBO foi mais baixa que a de DQO (39,6%) ficando bastante aquém de valores na faixa de 80 a 85% observados por Von Sperling (2014), 81% observados por Cruz *et al.* (2010), 71% observada por Gomes (2015) e 79 e 67% observados por Cruz (2009).

O T_{sep} implantado em Pedra Branca apresentou uma DBO média de $144 \pm 177 \text{ mg L}^{-1}$ e o efluente do FA o valor médio de $87 \pm 81 \text{ mg L}^{-1}$. Os valores são próximos aos observados por Gomes (2015) e Von Sperling (2014) para o efluente do T_{Sep} , mas o efluente do FA é mais concentrado do que o dos autores supracitados. Além disso, a DBO do efluente dos dois reatores apresentou valores crescentes no período amostrado, não sendo observada a estabilização dos valores ao longo do período amostral. A **Figura 8.10** detalha a evolução dos dados referentes à DQO e DBO no sistema de Pedra Branca.

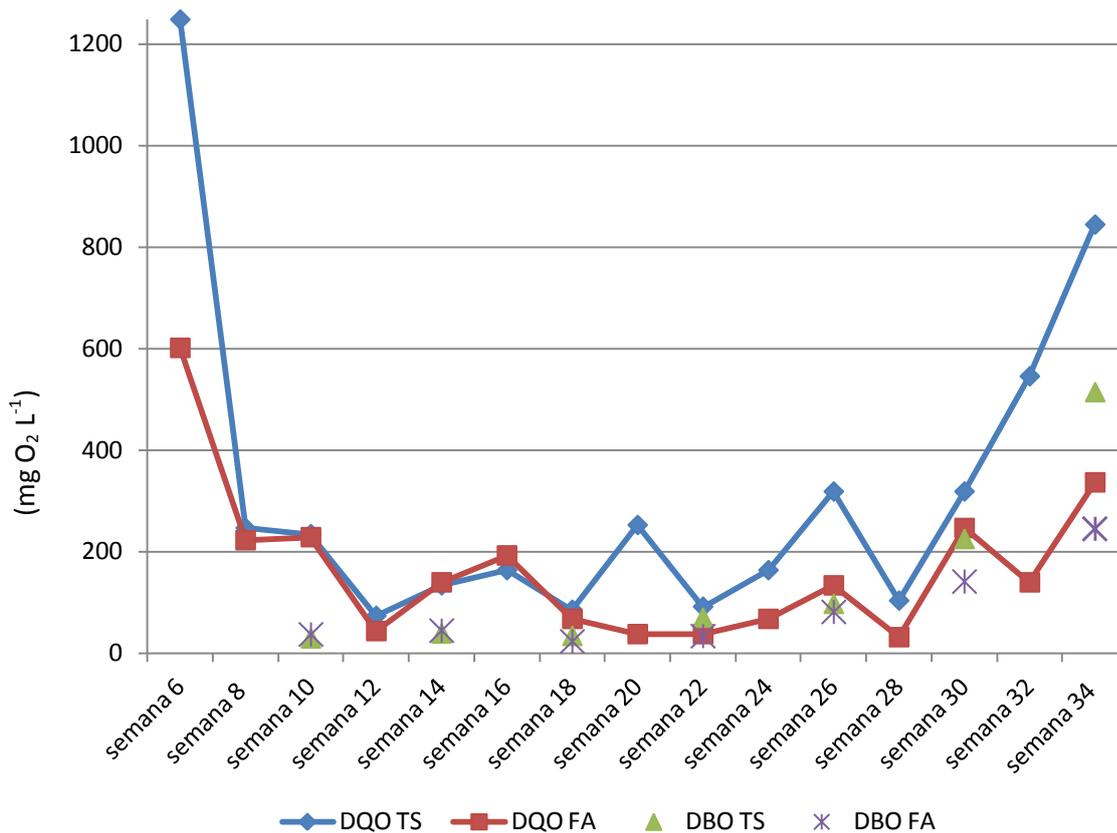


Figura 8.10. Variação dos valores de DQO e DBO no efluente do tanque séptico e filtro anaeróbio, ao longo do tempo.

Esse fato pode ter a ver com a pouca idade do filtro de coco que ainda estava em período de partida quando do início das análises e também pela mistura de efluente que aconteceu devido ao problema com a tubulação de alimentação da vala de bambu.

Apesar de Andrade Neto *et al.* (2000) mencionarem que o sistema tipo decanto-digestor + FA tem partida imediata, os mesmos autores também observam um período de adaptação dos reatores no início da sua operação. Já van Haandel e Lettinga (1994) observam que reatores anaeróbios que não usam inóculo, demoram entre três e quatro meses para dar partida, dependendo das condições operacionais. Tonetti *et al.* (2011) avaliaram a partida de um filtro anaeróbio com recheio de bambu para tratamento de esgoto doméstico na UNICAMP. Os autores também não usaram inóculo e observaram que o carbono orgânico dissolvido (COD) se estabilizou no

efluente final depois de um período de 19 semanas ou 4,4 meses. Dessa forma, a construção recente do sistema em Pedra Branca pode ter contribuído muito para a falta de eficiência do sistema, embora ele tenha produzido bons resultados para alguns parâmetros. Em outubro de 2017 foi feita uma inspeção no interior do filtro anaeróbio e foi constatada a presença de biofilme nos pedaços de coco e de entulho (**Figura 8.11**), indicando que ele estava amadurecendo.

Outro fator que pode ter contribuído com a tendência dos valores de DQO e especialmente de DBO serem crescentes ao longo do tempo é o fato do T_{sep} ter sido enchido com água durante a sua implantação, durante o teste para verificação da sua estanqueidade (**Figura 8.3 B**). A água pode ter diluindo o efluente no início da sua operação, “maquiando” os valores reais referentes à matéria orgânica e atrasando a partida do filtro de coco.

Além disso, o fato do filtro conter pedaços de coco verde recém-cortados certamente contribuiu para adicionar matéria orgânica fresca ao filtro, gerando assim um efluente final ainda fora dos padrões esperados por um filtro anaeróbio.



Figura 8.11. Imagens do biofilme aderido aos pedaços de entulho (envolto em um saco de ráfia verde) e de coco, no interior do filtro anaeróbio implantado em Pedra Branca.

O parâmetro P_{total} (**Figura 8.12**) sofreu concentração no efluente do filtro anaeróbio (remoção de -323%). O valor encontrado de P_{total} para o FA ($5,5 \pm 9,6 \text{ mg P L}^{-1}$) está dentro do limite de até $4,0 \text{ mg P L}^{-1}$ observado por von Sperling (2014), mas o efluente do T_{sep} conteve em média apenas $1,3 \pm 1,9 \text{ mg P L}^{-1}$. Cruz (2009) observou valores de P_{total} na ordem de $2 \pm 0,7 \text{ mg P L}^{-1}$ nos filtros de coco operados por ela. Já Gomes (2015) observou valores médios de $9,3 \pm 2,8 \text{ mg P L}^{-1}$ para o filtro de coco. Nenhuma das autoras observou remoção de fósforo pelo FA, e nem a concentração do mesmo.

Essa concentração de P_{total} no efluente final do FA se deu provavelmente pela ação da decomposição dos cocos verdes do seu interior. No entanto, o pequeno número de amostras ($n=5$) e o grande coeficiente de variação dos valores (1,44 para T_{sep} e 1,74 para FA) não permite conclusões mais específicas para esta diferença significativa na concentração de P_{total} nos dois efluentes analisados ($p = 0,03$).

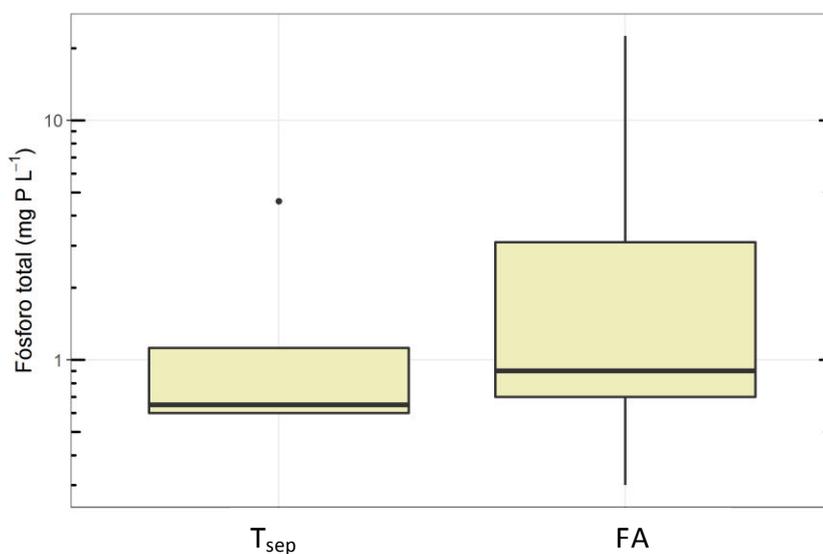


Figura 8.12. Variação na concentração de P_{total} observada nas amostras do T_{sep} e FA implantado em Pedra Branca.

Já o parâmetro NTK (**Figura 8.13**) apresentou uma remoção de 54,7%, tendo um desempenho um pouco abaixo do esperado para um sistema T_{sep} + FA (remoção de N_{total} de até 60%) (Von Sperling, 2014).

O valor médio de NTK para o efluente do T_{sep} de Pedra Branca foi de $37,5 + 55,1 \text{ mg N L}^{-1}$ e para o FA o valor médio foi de $17 + 8,6 \text{ mg N L}^{-1}$, não sendo observada diferença significativa entre eles ($p = 0,09$). Gomes (2015) encontrou valores muito maiores de NTK no efluente analisado por ela, mas essa alta concentração foi explicada pelo uso do banheiro (urina) por muitos funcionários da empresa onde se localizava o sistema em estudo. Cruz (2009) também achou valores mais altos para o efluente do filtro do coco (média de 58 e 52 mg N L^{-1}).

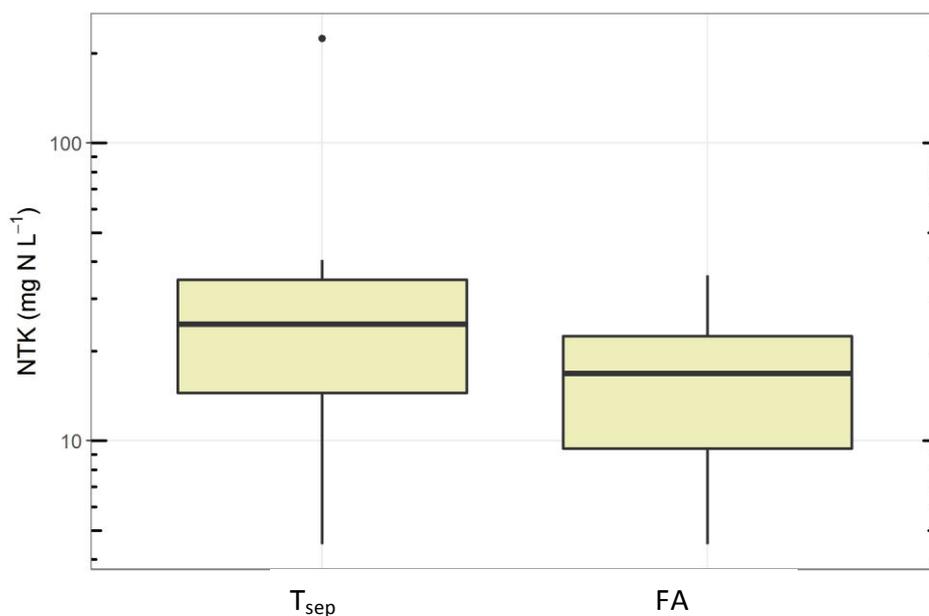


Figura 8.13. Variação na concentração de NTK observada nas amostras do T_{sep} e FA implantado em Pedra Branca.

Em relação aos aspectos microbiológicos dos efluentes, os resultados encontram-se na **Tabela 8.3**.

Tabela 8.3. Variação dos valores de coliformes totais e *E. coli* observados no efluente de tanque séptico e filtro de coco implantado em Pedra Branca, Campinas/SP.

	Coliformes Totais				<i>E. coli</i>		
	<i>n</i>	Média	Log ₁₀	CV	Média	Log ₁₀	CV
Tanque séptico	6	2,47 x 10 ⁷	6,25 ± 0,38	0,99	3,86 x 10 ⁵	5,37 ± 0,46	1,11
Filtro Anaeróbio	6	1,16 x 10 ⁶	4,90 ± 0,34	0,69	9,90 x 10 ⁴	4,90 ± 0,34	0,61

n: número de amostras. CV: Coeficiente de variação. Resultados médios e Log₁₀ em NMP 100ml⁻¹.

O valor médio de coliformes totais encontrados no efluente do tanque séptico (2,47 x 10⁷ NMP 100 ml⁻¹) está dentro da faixa estipulada por von Sperling (2014). O efluente do filtro de coco apresentou média de (1,16 x 10⁶ NMP 100ml⁻¹), valor também dentro da faixa estipulada por Von Sperling para filtros anaeróbios (10⁶-10⁷). Gomes (2015), no entanto, encontrou um valor médio de coliformes totais mais baixo (10⁵), enquanto Cruz (2009) encontrou uma média mais alta (10⁷). A remoção de coliformes totais no sistema T_{sep} + FA foi de 1 log, valor que se encontra dentro da faixa típica para esta combinação de reatores (Von Sperling, 2014). O coeficiente de variação mais baixo encontrado nos resultados do FA indica que esse reator proporciona uma estabilização no efluente final, se comparado ao T_{sep}.

O valor médio de *E.coli* para o FA (9,90 x 10⁴ NMP 100ml⁻¹) é 1 log mais baixo do que o valor encontrado por Gomes (2015). A eficiência na remoção deste parâmetro também foi de 1 log.

Após o tratamento anaeróbio, não houve uma redução importante dos valores de coliformes totais e *E. coli*, confirmando citação de Chernicharo (2007) que cita que este tipo de tratamento não é eficiente na remoção deste grupo de patógenos.

Em relação à percepção dos moradores e do funcionário que trabalha na propriedade onde o sistema de tratamento de esgoto foi instalado, seguem os resultados. Para Domingos o sistema recém-implantado está funcionando bem e além disso *“não suja o rio, a água se desenvolve na terra e a banana chupa, não fica barro. Assim é mais limpo”*. O fato do efluente não ser mais jogado *in natura* no Rio Capivari, destino prévio do esgoto da propriedade, realmente é um passo importante para a preservação da qualidade do manancial local. Para José Otávio o sistema é *“eficiente, de baixo custo para a montagem e de manutenção simples”*.

Foi observada, no entanto, a produção de odores em uma caixa de gordura antiga, logo após a instalação do sistema. Nesse mesmo local foram vistas algumas baratas; No entanto, os dois episódios foram passageiros e duraram apenas até a instalação de uma tubulação sifonada na saída da caixa de gordura, como forma de criar um selo hídrico para evitar a passagem de animais e odores indesejáveis.

Toda a tubulação de coleta do esgoto da propriedade teve que ser substituída durante a implantação do sistema de tratamento, pois a antiga era feita de tubos de cerâmica que além de não poderem ser conectados à tubulação de PVC, já apresentavam rachaduras em vários locais, devido ao crescimento de raízes (**Figura 8.14**). Além deste problema e do mal funcionamento da tubulação distribuição do efluente tratado na vala de infiltração, nenhum outro problema foi observado no tanque séptico e no filtro anaeróbio.



Figura 8.12. Nova tubulação de PVC instalada para alimentar o sistema de tratamento

de esgoto e resquícios da tubulação antiga de cerâmica (circulada em vermelho).

A participação de Domingos durante a etapa de construção e coleta do efluente para análise permitiu que ele compreendesse bem o funcionamento do sistema instalado na propriedade em que trabalha. Para ele, o sistema funciona da seguinte forma: *“primeiro chega o esgoto na primeira caixa. Na segunda caixa já sai água límpida que vai pra vala de bambu, entra na terra. Plantei dez mudas de bananeira pra chupar a água”*.

Através de conversas informais foi possível perceber que existe desconfiança em relação à salubridade dos frutos das bananeiras plantadas ao longo da vala de infiltração e que recebem o esgoto tratado. Coelho, Reinhardt e de Araújo (2018) acreditam que a contaminação de alimentos por organismos patogênicos é uma preocupação central quando se trata de reúso de efluente. No entanto, muitas pesquisas têm demonstrado a segurança destes alimentos.

A manutenção do sistema foi considerada fácil e se resume a deixar a área de implantação limpa, sem mato e *“olhar as bananeiras”* que foram plantadas ao longo da vala de infiltração, retirando folhas velhas, cortando pés que já deram cachos e replantando novas mudas. Apesar de fundamental para o bom funcionamento do sistema, não foi mencionada a remoção periódica de lodo como um item da manutenção do sistema.

A remoção do lodo de dentro dos reatores como o tanque séptico e o filtro anaeróbio em comunidades isoladas como as zonas rurais é um gargalo desse tipo de sistema já que o serviço de caminhões tipo limpa-fossa pode ser muito limitado e custoso (Tonetti *et al.*, 2018). Além disso, como descrito na **Seção 4**, a remoção periódica de lodo das fossas e tanques sépticos não ocorre com frequência em Pedra Branca e quando ocorre não têm caráter preventivo e de manutenção esperada para o sistema. Isso pode significar que a remoção do lodo pode não ocorrer com a frequência adequada, prejudicando a qualidade do efluente final produzido e gerando problemas operacionais no sistema.

Sobre a facilidade construtiva, ela foi considerada média por Domingos: *“o sistema não é muito fácil de construir. Precisou de máquina pra cavar e o encaixe das*

três caixas deu trabalho. O mais difícil foi colocar os anéis um em cima do outro. Não é qualquer um que pode construir, tem que saber o jeito”. Para José Otávio “com o suporte técnico da equipe da Unicamp qualquer pessoa pode ser capacitada para construir o sistema”.

8.6 Conclusões

O tanque séptico associado ao filtro anaeróbio com recheio de coco se mostrou um sistema muito interessante para o tratamento de esgoto em áreas rurais, e no contexto específico onde o sistema foi implantado ele se mostrou uma alternativa muito mais ambientalmente correta do que a disposição do esgoto bruto *in natura*, no corpo hídrico local.

Apesar da facilidade construtiva do sistema ter sido percebida como “mediana” e a implantação dependente de auxílio técnico e maquinário para ser executada, o sistema não apresentou problemas graves de funcionamento e nem demandou manutenção durante o período de acompanhamento pela equipe de pesquisadores, a não ser por um conserto na vala de infiltração que recebia o efluente já tratado.

A qualidade do efluente de saída do sistema se mostrou impactada pela pouca idade do sistema e também pelo problema de refluxo do efluente do filtro anaeróbio para o tanque séptico. Porém, mesmo em condições não ideais, o sistema teve boa eficiência na remoção de DQO, SST e NTK e se mostrou estável em relação ao pH e CE. As remoções de DBO, turbidez e P_{total} merecem ser melhor investigadas já que estas se mostraram diferentes do descrito na literatura.

Os parâmetros microbiológicos não foram reduzidos de forma expressiva como esperado para reatores anaeróbios, mas superaram o esperado para a remoção de *E. coli*.

A percepção dos moradores locais sobre o sistema foi positiva e foi relatada satisfação em substituir o lançamento no corpo hídrico por um sistema completo de tratamento de esgoto. A participação ativa durante as atividades relacionadas à implantação do sistema a pesquisa são bons indícios do seu comprometimento e geraram uma boa compreensão do funcionamento e da manutenção do sistema.

O único ponto que terá que ser aprofundado se refere à remoção periódica de lodo do sistema, já que esse conceito parece não ter sido internalizado durante o processo.

Apesar da sua robustez e facilidade de operação, a combinação de tanque séptico com filtro anaeróbio não produz efluente adequado aos padrões legais de lançamento em corpos hídricos, sendo necessário um pós-tratamento que complete a remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos ou a disposição do efluente para infiltração sub- superficial no solo, como foi o caso em Pedra Branca.

No entanto, a substituição do material de recheio convencional por pedaços de coco verde no filtro anaeróbio se mostrou uma alternativa sustentável do ponto de vista econômico (material gratuito) e ecológico (reaproveitamento de resíduo sólido), além de eficiente para o tratamento de esgoto em escala real na área rural do interior paulista.

8.7 Referências Bibliográficas

- ABNT. 1993. **Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos - NBR 7229**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT. 1997. **Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação - NBR 13969**. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro.
- Andrade Neto, C. O.; Guimarães, P.; Pereira, M. G.; Melo, H. N. de S. 2000. **Decanto digestor e filtros anaeróbios**. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo: Coletânea de trabalhos técnicos. Campos, J. R. (coord). São Carlos. Projeto PROSAB. 348 p.
- APHA. 2012. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22^a ed. Washington: American Public Health Association.
- Beal, C. D; Gardner, E. A.; Menzies, N. W. 2005. **Process, performance and pollution potential: a review of septic tank-soil absorption systems**. Australian Journal of soil research, 2005: 43, 781-802.
- Bueno, D. A. C. 2017. **Tratamento de esgotos por filtros anaeróbios operados com variados tempos de retenção hidráulica seguidos de filtros de areia**. Dissertação de Mestrado. FEC/UNICAMP.
- Camargo, S. A. R. 2000. **Filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários: avaliação da partida e operação**. Dissertação (mestrado)/UNICAMP. 181 p.
- Camargo, S. A. R.; Nour, E. A. A. 2001. **Bamboo as an anaerobic medium: effect of filter column Height**. Water Science and Technology. Vol 44 No 4 pp 63–70.
- CETESB, 2011. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

- Chernicharo, C. A. L. 2007. **Reatores Anaeróbios**. 380p. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Coelho, C. F.; Reinhardt, H.; Araújo, J. C. 2018. **Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil**. Eng Sanit Ambient | v.23 n.4 | jul/ago 2018 | 801-810.
- CONAMA, 2011. Conselho Nacional do Meio Ambiente/ Ministério do Meio Ambiente. **Resolução No. 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.
- Cruz, L. M. de O. 2009. **Tratamento de esgoto sanitário em reator anaeróbio preenchido por casca de coco verde (Cocos nucifera) combinado com filtro de areia**. Dissertação (mestrado). UNICAMP: Campinas, SP.
- Cruz, L. M. O.; Stefanutti, R.; Coraucci Filho, B.; Tonetti, A. L. 2013. **Coconut shells as filling material for anaerobic filters**. Springer Plus 2013, 2:655.
- Cruz, L. M. O.; Tonetti, A. L.; Coraucci Filho, B.; Tonon, D.; Stefanutti, R. 2010. **Remoção da Matéria Orgânica de Efluente Doméstico por Reator Anaeróbio Preenchido com Coco Verde**. Revista DAE: 10-16.
- Cruz, L. M. O.; Gomes, B. L. A.; Tonetti, A. L.; Figueiredo, I. C. S. 2019. **Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: the influence of an anaerobic filter on maintenance and operational conditions of a sand filter**. Ecological Engineering 127 (2019) 454–459.
- Dominato, D. T. 2011. **Tratamento de efluente anaeróbio: condicionamento em filtro de areia visando lançamento e reúso**. Tese (Doutorado)/UNICAMP. 251 p.
- FUNASA. 2014. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares** – Funasa. 44 pgs.

- FUNASA. 2015. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 4ª edição. Brasília: Funasa.
- FUNASA. 2018. Ministério de Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos**. Brasília: Funasa. 50 p. Eds: Paulo, P.L.; Galbiati, A.F.; Magalhães, F.J.C.
- Gil, A. C. 2008. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas.
- Gomes, B. G. L. A. 2015. Tratamento de Esgoto de Pequena Comunidade Utilizando Tanque Séptico, Filtro Anaeróbio e Filtro de Areia. Dissertação de Mestrado. UNICAMP.
- IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE. 219 p.
- IBGE. 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por amostra de domicílios 2013**. Volume 33. Rio de Janeiro: IBGE. 133 p.
- Massoud, M. A.; Tarhini, A.; Nasr, J. A. 2009. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal of Environmental Management. Vol. 90, pp. 652–659.
- Nour, E. A. A. et al. 2000. **Tratamento de esgoto sanitário por filtro anaeróbio utilizando o bambu como meio suporte**. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo: Coletânea de trabalhos técnicos. Campos, J. R. (coord). São Carlos. Projeto PROSAB. 348 p.
- PNSR. 2018. **Capítulo 5: Eixos estratégicos**. Consulta pública Programa Nacional de Saneamento Rural. Disponível em: <http://pnsr.desa.ufmg.br/consulta/>
- Tonetti, Adriano Luiz. 2008. **Tratamento de esgotos pelo sistema combinado filtro anaeróbio e filtros de areia**. Tese (doutorado). UNICAMP: Campinas, SP.

- Tonetti, A. L. et al. 2005. ***Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia.*** Eng. sanit. ambient. Vol.10 - Nº 3- jul-set 2005, 209-218.
- Tonetti, A. L. et al. 2010. ***Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais.*** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.2, p.227–234.
- Tonetti, A. L. et al. 2011. ***Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio.*** Eng Sanit Ambient | v.16 n.1 | jan/mar 2011 | 11-16.
- Tonetti, A. L. et al. 2018. ***Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.*** Campinas, SP. Biblioteca/Unicamp. 153 p.
- USEPA. 2002. ***Onsite Wastewater Treatment Systems Manual.*** Office of Water/ Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency. Washington, DC.
- Van Haandel, A. C.; Lettinga, G. 2008. ***Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente.***
- Von Sperling, M. ***Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto.*** 4ª Edição. Editora UFMG, Belo Horizonte. 470 p.

Seção IX. **Considerações Finais**

Depois de mais de quatro anos de pesquisa e da experimentação de diferentes metodologias e ações dentro do escopo do Projeto Saneamento Rural, são muitos os aprendizados. São muitas também as perguntas que ficam para serem respondidas.

Em relação à pesquisa participante, metodologia que balizou todo o trabalho em campo, esta se mostrou essencial ao desenvolvimento da pesquisa especialmente por proporcionar qualidade e compromisso nas relações desenvolvidas.

O papel dos pesquisadores como provocadores de reflexões e mediadores na construção de novos saberes e práticas é um papel delicado, mas que se mostrou bastante importante na costura geral do projeto. No entanto, o papel fundamental foi o desempenhado pelos muitos participantes da pesquisa, aqueles que de fato abriram tempo e espaço nas suas vidas para apreender e fazer as coisas de outra maneira. Sem a participação da comunidade não haveria pesquisa participante.

O conjunto de técnicas utilizadas durante a pesquisa e a combinação de ferramentas das ciências duras (ex: análise de efluentes) com as das ciências sociais (ex: observação participante, entrevistas) permitiu uma melhor compreensão da realidade estudada e um registro mais fiel da complexidade natural da temática do saneamento rural. Nesse sentido, a geração de dados quanti e qualitativos agregou muito valor à pesquisa.

Muito importante nesse processo foi sempre fazer a sua avaliação crítica de forma a melhorar a atuação dos pesquisadores e mudar os rumos da pesquisa se necessário.

Em relação aos resultados obtidos durante o período de monitoramento das tecnologias implementadas em Pedra Branca, eles contribuem com a construção de

conhecimentos na área de tratamento de esgoto em comunidades rurais, onde muitas vezes são escassas as pesquisas de campo com rigor científico e uma duração maior. É necessário, no entanto, que o monitoramento dos sistemas tenha continuidade para que os resultados já obtidos possam ser certificados e para que o efeito do tempo possa ser mensurado na eficiência e operação das tecnologias.

No caso da FSB, será que a falta de esterco bovino terá implicações na eficiência do sistema a médio e longo prazo? E qual será o efeito do uso do efluente no solo ao longo do tempo? Será que haverá mesmo a possibilidade de contaminação dos trabalhadores ao manusear o efluente? Será que as caixas d'água de polietileno resistirão tão bem às intempéries quanto as de fibra?

No caso da BET a questão de acúmulo de lodo no interior do sistema é crítica. Será que haverá acúmulo substancial de lodo em um curto período? Qual o efeito do acúmulo de lodo para o sistema como um todo? Será que a estanqueidade da bacia será mantida? Qual o balanço hídrico real do sistema? Qual será o efeito do efluente na sodificação do solo a longo prazo? Haverá a produção de um efluente final que terá que sair do sistema? Nesse caso o círculo de bananeiras fará um tratamento adequado para esse efluente?

Para o tanque séptico e filtro de coco seria interessante monitorar em quanto tempo haverá o acúmulo substancial de lodo. O fato do lodo não ser removido no tempo estipulado pelo projeto terá consequências? Qual o tempo necessário para que o filtro anaeróbio se estabilize? Os parâmetros de eficiência destes reatores irão mudar com a maturidade do sistema? Os pedaços de coco verde resistirão bem aos processos de degradação dentro do reator?

De maneira geral o Projeto Saneamento Rural gerou conhecimento ao se debruçar sobre a realidade sanitária local e ao propor tecnologias inovadoras ou com modificações. O trabalho desenvolvido também contribuiu com o desenvolvimento de metodologias de trabalho apropriadas para a realidade do saneamento rural brasileiro e que podem ser replicadas e modificadas conforme demanda a situação. As ações desenvolvidas também contribuíram para a maior sensibilização da comunidade para o

tema do saneamento ao fomentar a sua participação, trocar saberes e proporcionar o seu envolvimento durante toda a pesquisa.

Apêndices

Apêndice 1. Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) usado durante a pesquisa em Pedra Branca

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Alternativas para o tratamento de esgoto em propriedades rurais de Campinas/SP: Educação, aplicação e difusão de tecnologias sociais

Pesquisador Responsável: Isabel Figueiredo

Número do CAAE: 42388015.3.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de um estudo. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Se você não quiser participar ou retirar sua autorização, a qualquer momento, não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo.

Justificativa e objetivos:

Esta pesquisa tem como objetivo entender a situação do saneamento rural na comunidade de Pedra Branca. Queremos saber o que é feito com o lixo, de onde vem a água que é consumida nas casas e na irrigação, se essa água é de boa qualidade e para onde vai o esgoto produzido. Este estudo (Tese de Doutorado da Isabel) é importante para a Unicamp compreender a situação ambiental e sanitária desta comunidade e assim propor soluções para os problemas que existem ou que podem surgir, ajudando a comunidade a resolvê-los através de ações de educação e implantação de projetos piloto.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a:

- responder um **questionário**. A pesquisadora vai fazer as perguntas sobre o destino do lixo e esgoto e sobre a água que você consome na propriedade e você só precisa responder oralmente (conversando), não é preciso escrever. Isso vai demorar cerca de 40 minutos e será feito uma vez só;
- **conversar** com a pesquisadora sobre as fossas e poços e **mostrar** a localização destas estruturas na sua propriedade;
- permitir que a pesquisadora **colete amostras de água** de poço, nascente ou torneira para analisar a sua qualidade em Laboratório da Unicamp (LABSAN). Você receberá

esta informação depois através de um laudo escrito;

- **participar**, conforme sua disponibilidade e vontade, de reuniões, palestras, cursos e dias de campo que vão trazer informações e atividades sobre água e esgoto. Estes eventos serão organizados junto com a Associação e outros parceiros;

- Participar, conforme sua disponibilidade e vontade, de um grupo menor de proprietários que deseja receber na sua propriedade um **sistema de tratamento de esgoto inovador**. As cinco propriedades que serão escolhidas para este estudo mais detalhado e intervenção serão escolhidas no final da pesquisa, com critérios que serão estabelecidos junto com a Associação e Unicamp (será importante que o proprietário tenha o desejo de instalar um sistema-piloto e tenha disponibilidade de receber a pesquisadora para coletas quinzenais durante o monitoramento).

- permitir que **fotografias ou vídeos** seus ou da sua propriedade sejam feitos durante a pesquisa e suas atividades;

- permitir a **publicação destas fotos ou vídeos** na Tese de Doutorado e em outros trabalhos científicos ou com fim educativo, sem a identificação do seu nome ou da sua propriedade;

- permitir que **suas opiniões e falas** sejam usadas na Tese de Doutorado, sem a identificação do seu nome ou da sua propriedade.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo se não se sentir confortável conversando com a pesquisadora sobre a água e o esgoto ou não quiser que a sua água seja analisada. Relembramos que nenhuma das informações coletadas poderá prejudicar você ou a sua família de nenhuma forma. **A pesquisadora (Isabel) não é da prefeitura, da SANASA ou de outro órgão de fiscalização e sim da Unicamp que quer fazer um estudo na sua região.** Se você não quiser que as imagens feitas na sua propriedade sejam usadas em vídeos e cartilhas, você também poderá não participar do estudo.

Benefícios:

Os benefícios desta pesquisa incluem:

- fornecer ao participante informações sobre a qualidade da água que ele consome em casa. Se a água estiver com pouca qualidade, daremos orientações para que ela melhore.

- fornecer ao participante oportunidades para que ele aprenda sobre tratamentos de esgoto mais eficientes e seguros e possa implantar estes tratamentos na sua casa.

- gerar conhecimento na área de saneamento rural, o que pode beneficiar milhares de pessoas, em todo o Brasil.

Acompanhamento e assistência:

A análise da água consumida na sua casa vai ser feita em laboratório (LABSAN) e depois informaremos a você os resultados através de um laudo. Caso sejam detectadas situações que indiquem a necessidade de uma intervenção (problemas na qualidade da água ou problemas com o esgoto), a pesquisadora vai entrar em contato

novamente e conversar sobre as possibilidades de intervenção.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que o seu **nome e o da sua propriedade será mantida em sigilo** durante toda a pesquisa e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores da Unicamp. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome e o da sua propriedade não serão citados, mas conforme explicado acima, as imagens feitas na sua propriedade (fossas, poços, etc) e em eventos (cursos, palestras) poderão ser utilizadas em publicações de caráter científico e educativo.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre o estudo, você poderá entrar em contato com a pesquisadora Isabel Campos Salles Figueiredo em qualquer dia e horário:

- email: XXXXXXXXXX

- Telefone: (XX) XXXXXXXX

- Endereço: Rua Saturnino de Brito, 224. Cidade Universitária Zeferino Vaz. Campinas, SP.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você pode entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP: Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936; fax (19) 3521-7187; e-mail: cep@fcm.unicamp.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter sido esclarecimento sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar:

Nome do(a) participante: _____

Data: ____/____/____.

(Assinatura do participante)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de

Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma cópia deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Data: ____/____/____.

(Assinatura do pesquisador)

Apêndice 2. Folder de divulgação das ações do Projeto Saneamento Rural

Boas práticas de saneamento são fundamentais para promover a nossa saúde e proteger o meio ambiente.



Resolver os problemas de saneamento nas áreas rurais é um grande desafio e muitas vezes as soluções adotadas não são as melhores e podem estar causando problemas que nos parecem "invisíveis". Por isso participe do Projeto Saneamento Rural!

Esse não é um projeto de fiscalização! Todas as atividades serão gratuitas e abertas a todos os interessados!

Se quiser participar das atividades do projeto e receber a equipe da UNICAMP na sua propriedade fale com a Associação ou entre em contato com Isabel:

(19) 9.9682.8410
belzinhafigueiredo@gmail.com

Realização



Apoio Financeiro



Parceiros

- Prefeitura Municipal de Campinas (PMC)
- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI)
- Sindicato Rural de Campinas (SRC)
- Associação de Agricultura Natural de Campinas e Região (ANC)
- Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Comitê PCJ)
- Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária (ABES)

PROJETO SANEAMENTO RURAL

ALTERNATIVAS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO EM PROPRIEDADES RURAIS DE CAMPINAS/SP

EDUCAÇÃO, APLICAÇÃO E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS SOCIAIS

A UNICAMP, em parceria com a Associação dos Proprietários Rurais e Moradores do Bairro de Pedra Branca, está desenvolvendo o projeto:

Saneamento Rural

O projeto está sendo construído junto com a Associação e as instituições parceiras.



Queremos conhecer mais sobre a realidade da região e responder questões como essas:

- A água que se bebe aqui é de boa qualidade?
- O esgoto está sendo tratado de maneira correta?
- O que podemos fazer para melhorar estas condições?

O projeto Saneamento Rural vai atuar em três frentes:



50 propriedades da região serão atendidas através das seguintes atividades:

- Pesquisa sobre o destino do lixo e do esgoto e também sobre a qualidade da água consumida (análise dos poços e nascentes).
- Ações de educação ambiental: cursos, palestras, dias de campo e cartilhas com o tema água e esgoto.
- Construção e monitoramento de 5 sistemas de tratamento de esgoto em propriedades (sem qualquer custo para o produtor).



Apêndice 3. Questionário virtual para avaliação das oficinas teóricas e práticas realizadas em Pedra Branca (Campinas/SP) durante as atividades do Projeto Saneamento Rural

Avaliação das oficinas do Projeto Saneamento Rural/UNICAMP

Este formulário vai nos ajudar a avaliar a qualidade das oficinas oferecidas pelo Projeto Saneamento Rural em 2016 e 2017.

As respostas serão anônimas e o processo dura apenas um minuto. Por favor preencha e nos ajude a melhorar ainda mais as oficinas e cursos!

Obrigada!

* Required

1. Em que oficinas você participou? *

Check all that apply.

- Bacia de Evapotranspiração e Círculo de Bananeiras- Teórica (sexta-feira, dia 16/09/2016)
- Bacia de Evapotranspiração e Círculo de Bananeiras- Prática (sábado, dia 08/10/2016)
- Fossá Séptica Biodigestora da EMBRAPA e Vala de Bambu (sexta-feira, dia 02/12/2016)
- Tanque Séptico + Filtro de Coco- Teórica (sexta-feira, dia 10/03/2017)
- Tanque Séptico + Filtro de Coco- Prática (sábado, dia 11/03/2017)

2. Como ficou sabendo da oficina? *

Mark only one oval.

- Divulgação por email
- Divulgação no facebook
- Other: _____

3. Na sua opinião, o que foi bom na oficina? *

4. Na sua opinião, o que não foi tão bom e que poderia melhorar? *

5. **Você teria sugestões para as próximas oficinas? Quais? ***

6. **Você já colocou em prática os conhecimentos da oficina? ***

Mark only one oval.

sim

não

7. **Se sim, onde e de que forma. ***

Powered by

 Google Forms

Apêndice 4. Roteiro de entrevista utilizado para avaliar a aceitação do sistema de tratamento de esgoto implantado e a participação nas oficinas



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
DEPARTAMENTO DE SANEAMENTO E AMBIENTE

Nome:

Data:

-
- 1) Qual o nome do sistema de tratamento de esgoto que a gente implantou aqui?
 - 2) Há quanto tempo ele foi construído?
 - 3) Como esse sistema funciona?
 - 4) Me conta um pouco sobre como o sistema foi construído.
 - 5) O que você achou da forma como a gente construiu o sistema (mutirão, cursos)?
 - 6) Esse é um sistema fácil de construir?
 - 7) Qualquer pessoa pode construir?
 - 8) Que dicas você daria para quem fosse construir na sua casa?
 - 9) O que você achou da cartilha (se existir)?
 - 10) Como você acha que o sistema está funcionando?

11) Há algum problema que você tenha observado no funcionamento? Não/
Sim- Quais?

Há produção de odores (mau-cheiro)?

Há insetos (baratas, moscas, pernilongos, etc)?

12) Como acontece a manutenção do sistema?

13) Você acha fácil ou difícil de manter? Explique

14) Você indicaria esse sistema para algum vizinho ou parente? Por que?

15) Por que você quis receber o sistema aqui? Que razões te levaram a isso?

16) O antigo sistema que tinha aqui funcionava como?

17) O que você acha desse tipo de sistema (antigo)?

18) Você acha que o sistema novo é melhor ou pior que o antigo? Explique (listar benefícios).

19) Por que você acha que a UNICAMP e outras instituições desenvolveram esse projeto?

20) Na sua opinião, o que você achou do Projeto Saneamento rural?

21) Avaliação: Que bom/que pena/ que tal?