

**PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DE QUATRO  
MICROBACIAS INSERIDAS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS E NA  
APA ESTADUAL CACHOEIRA DAS  
ANDORINHAS**

**CADASTRAMENTO E ELABORAÇÃO DE  
ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA  
COMUNIDADE DE MACIEL**

**ATO CONVOCATÓRIO Nº 004/2017**

**CONTRATO DE GESTÃO Nº 003/IGAM/2017**

**CONTRATO Nº 011/2017**

Execução



Apoio Técnico



Realização



SUBCOMITÊ DE  
BACIA HIDROGRÁFICA  
**NASCENTES**  
CBH RIO DAS VELHAS



**PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DE QUATRO  
MICROBACIAS INSERIDAS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS E NA APA  
ESTADUAL CACHOEIRA DAS ANDORINHAS**

**CADASTRAMENTO E ELABORAÇÃO DE  
ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA  
COMUNIDADE DE MACIEL**

**ATO CONVOCATÓRIO Nº 004/2017  
CONTRATO DE GESTÃO Nº 003/IGAM/2017  
CONTRATO Nº 011/2017  
JUNHO/2018**

<b>EQUIPE Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental</b>		
<b>TÉCNICO</b>	<b>FORMAÇÃO</b>	<b>RESPONSABILIDADE</b>
Fábio França de Oliveira	Engenheiro Civil	Engenheiro Técnico Responsável
Raion Braga	Engenheiro Agrônomo	Analista Técnico Responsável
Marcelo Batista Monteiro	Engenheiro Ambiental e Sanitarista	Engenheiro Técnico Responsável
Ricardo Souza Cunha	Engenheiro Agrimensor	Topógrafo
Rogério Pedrosa	Engenheiro Civil	Encarregado de Obras
Gisele Fernandes de Sales Barbosa	Bióloga	Mobilizadora Social
Bárbara Aliverti Dias Santos	Engenheira Ambiental	Analista Ambiental
Willer Santos Bontempo	Ensino Médio	Apoio de Campo - Mobilização Social

<b>PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DE QUATRO MICROBACIAS INSERIDAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS E NA APA ESTADUAL CACHOEIRA DAS ANDORINHAS, ESTADO DE MINAS GERAIS</b>	
<b>CADASTRAMENTO E ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA COMUNIDADE DE MACIEL</b>	
Revisão: 04	Finalidade: [3]
Legenda Finalidade: [1] Para Informação [2] Para Comentário [3] Para Aprovação	
<u>Elaborado por:</u> Bárbara Aliverti Dias Santos	
<u>Supervisionado por:</u> Fábio França	
<u>Aprovado por:</u> Fábio França	
	
<b>INOVESA SOLUÇÕES EM ENGENHARIA AMBIENTAL</b> Av. Prudente de Moraes, nº 287 Sala 1401 Bairro Santo Antônio – Belo Horizonte/MG (31) 2510-2700	

## DADOS GERAIS DA CONTRATAÇÃO

**Contratante:** Agência de Bacia Hidrográfica Peixe Vivo.

**Contrato n°:** 011/2017.

**Assinatura do Contrato em:** 26/06/2017.

**1º Termo aditivo:** 12/03/2018 – prorrogação da vigência do contrato por mais três meses.

**Assinatura da Ordem de Serviço:** 18/07/2017.

**Objeto:** Revitalização de Quatro Microbacias inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e na APA Estadual Cachoeira das Andorinhas.

**Prazo de Execução:** 12 (doze) meses, sendo 10 (dez) meses para a execução, a partir da data da emissão da Ordem de Serviço.

**Cronograma:** Conforme Cronograma Físico de Desenvolvimento das Atividades apresentado no item 7.1 do Plano de Trabalho.

**Valor Global do Contrato:** R\$ 504.783,28 (Quinhentos e quatro mil, setecentos e oitenta e três reais e vinte e oito centavos).

### Documentos de Referência:

- ✓ Ato Convocatório N° 004/2017
- ✓ Plano de Trabalho.
- ✓ Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH Rio das Velhas, 2015).
- ✓ Proposta Comercial da Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental Soluções em Engenharia Ambiental

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório contém o cadastramento e elaboração de estudo de alternativas de esgotamento sanitário para a Comunidade de Maciel, produto previsto no Projeto Hidroambiental de Revitalização de Quatro Microbacias inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e na APA das Andorinhas, no Estado de Minas Gerais, no âmbito do Contrato nº 011 - Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo - Agência Peixe Vivo/2017, celebrado entre a Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo - Agência Peixe Vivo e a Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental Soluções em Engenharia Ambiental.

As atividades contidas no presente relatório são:

- Realização de cadastramento de todos os moradores na Comunidade de Maciel;
- Desenvolvimento de estudo de alternativas de esgotamento sanitário para atendimento desta comunidade.

As atividades desenvolvidas contaram com o apoio e orientação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH Rio das Velhas), Subcomitê de Bacia Hidrográfica Nascentes (SCBH Nascentes), e Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo - Agência Peixe Vivo. Ressalta-se ainda o apoio da Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE), empresa responsável pela Fiscalização do respectivo projeto hidroambiental.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	5
1.2	OBJETIVOS.....	7
<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO E CADASTRAMENTO DA COMUNIDADE DE MACIEL .....</b>	<b>8</b>
2.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	9
2.2	INFORMAÇÕES PRELIMINARES .....	11
2.3	CADASTRAMENTO DAS PROPRIEDADES .....	14
<b>3</b>	<b>SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA O ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....</b>	<b>31</b>
3.1	FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA MODELO EMBRAPA .....	31
3.1.1	Descrição geral.....	31
3.1.2	Operação e manutenção .....	35
3.1.3	Dimensionamento.....	36
3.1.4	Limitações.....	37
3.1.5	Destinação das águas cinzas .....	38
3.2	TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO .....	41
3.2.1	Descrição geral.....	41
3.2.2	Operação e manutenção .....	43
3.2.3	Dimensionamento.....	44
3.2.4	Limitações.....	45
3.2.5	Destinação das águas cinzas .....	45
3.3	FOSSAS SÉPTICAS E TRATAMENTOS COMPLEMENTARES .....	46
3.3.1	Descrição geral.....	46
3.3.2	Operação e manutenção .....	51
3.3.3	Dimensionamento.....	52
3.3.3.1	Fossa séptica .....	52
3.3.3.2	Filtro Anaeróbio .....	53

3.3.3.3 Sumidouro .....	54
3.3.4 Limitações .....	55
4 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	56
4.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO .....	56
4.2 AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	59
4.3 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS .....	68
4.4 CUSTO TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA 72	
5 CONCLUSÃO .....	72
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75
 ANEXO A - Modelo de TTS utilizado no cadastramento da Comunidade de Maciel.....	 80

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio das Velhas.....	4
Figura 2 - Localização da Comunidade de Maciel no município de Ouro Preto/MG .	10
Figura 3 - Delimitação aproximada da Comunidade de Maciel .....	11
Figura 4 - Localização da microbacia hidrográfica do Córrego do Andaime .....	12
Figura 5 - Córrego do Andaime na Comunidade de Maciel, em fevereiro de 2018...	13
Figura 6 - Propriedades cadastradas na Comunidade de Maciel.....	16
Figura 7 - Atividades desenvolvidas na Comunidade de Maciel .....	19
Figura 8 - Poço de captação de água subterrânea para abastecimento da Comunidade de Maciel.....	20
Figura 9 - Cerca delimitando área de APP em mau estado de conservação .....	21
Figura 10 - Reservatório que abastece a Comunidade de Maciel.....	22
Figura 11 - Localização do poço e reservatório na Comunidade de Maciel .....	23
Figura 12 - Abastecimento de água nas propriedades da Comunidade de Maciel ...	24
Figura 13 - Uso dos recursos hídricos na Comunidade de Maciel .....	24
Figura 14 - Fossa séptica biodigestora na Fazenda Conta-História.....	25
Figura 15 - Destinação dos efluentes domésticos na Comunidade de Maciel .....	26
Figura 16 - Fossa rudimentar localizada na UBS da Comunidade de Maciel .....	27
Figura 17 - Local de disposição de materiais recicláveis na Comunidade de Maciel	28
Figura 18 - Fossa séptica biodigestora modelo Embrapa .....	33
Figura 19 - Filtro de areia na caixa coletora para remoção do excesso de matéria orgânica .....	34
Figura 20 - Esquema de um círculo de bananeiras.....	39
Figura 21 - Bananeiras plantadas ao redor do círculo escavado .....	40
Figura 22 - Círculo de bananeiras totalmente preenchido com palha .....	40
Figura 23 - Corte em perspectiva do TEvap.....	42
Figura 24 - Tanque séptico circular de câmara única.....	47
Figura 25 - Esquema de filtro anaeróbio .....	49
Figura 26 - Esquema de sumidouro com proteção - Planta e corte .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cadastramento e georreferenciamento das propriedades da Comunidade de Maciel.....	17
Tabela 2: Resumo das informações obtidas por meio do TTS.....	29
Tabela 3 - Quantitativo de fossas sépticas biodigestoras .....	37
Tabela 4 - Quantitativo de círculos de bananeiras .....	41
Tabela 5 - Dimensionamento dos tanques de evapotranspiração.....	45
Tabela 6 - Comparação de processos de pós-tratamento de efluente de tanque séptico .....	48
Tabela 7 - Comparação entre alternativas de disposição no solo de efluentes de fossas sépticas para pequenas comunidades .....	50
Tabela 8 - Dimensionamento das fossas sépticas .....	53
Tabela 9 - Dimensionamento dos filtros anaeróbios .....	54
Tabela 10 - Dimensionamento dos sumidouros .....	55
Tabela 11 – Quadro comparativo das alternativas de esgotamento sanitário para a Comunidade de Maciel.....	58
Tabela 12 - Orçamento das fossas sépticas biodigestoras .....	60
Tabela 13 - Orçamento dos tanques de evapotranspiração.....	62
Tabela 14 - Orçamento dos sistemas Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio + Sumidouro .....	65
Tabela 15 – Matriz de comparação das alternativas propostas para o esgotamento na Comunidade de Maciel.....	71
Tabela 16 – Custo total para implantação dos sistemas propostos na Comunidade de Maciel.....	72

## LISTA DE SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica
- APA - Área de Proteção Ambiental
- CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica
- CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- COBRAPE - Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DN - Deliberação Normativa
- EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
- NBR – Norma Brasileira
- PDRH - Plano Diretor de Recursos Hídricos
- PERH - Política Estadual de Recursos Hídricos
- pH – Potencial hidrogeniônico
- PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
- PPA – Plano Plurianual de Aplicação

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

SCBH - Subcomitê de Bacia Hidrográfica

SEMAE – Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto

SF5 – São Francisco 5

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

TDR - Termo de Referência

TEvap – Tanque de Evapotranspiração

TTS - Trabalho Técnico Social

UBS – Unidade Básica de Saúde

UC – Unidade de Conservação

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

UTE - Unidade Territorial Estratégica

## 1 INTRODUÇÃO

As Agências de Bacias são entidades dotadas de personalidade jurídica própria, descentralizada e sem fins lucrativos. Indicadas pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, poderão ser qualificadas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, ou pelos Conselhos Estaduais, para o exercício de suas atribuições legais. A implantação das Agências de Bacia foi instituída pela Lei Federal Nº 9.433 de 1997 e sua atuação faz parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH.

As Agências de Bacias prestam apoio administrativo, técnico e financeiro aos seus respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica. Os Comitês são órgãos normativos e deliberativos que têm por finalidade promover o gerenciamento de recursos hídricos nas suas respectivas bacias hidrográficas.

A Agência Peixe Vivo é uma associação civil, pessoa jurídica de direito privado, criada em 2006 para exercer as funções de agência de bacia para o Comitê da Bacia hidrográfica do Rio das Velhas. Desde então, com o desenvolvimento dos trabalhos e a negociação com outros comitês para que fosse instituída a agência única para a bacia hidrográfica do Rio São Francisco e com o aumento considerável do número de comitês atendidos, fez-se necessária a reestruturação da organização.

Atualmente, a Agência Peixe Vivo está legalmente habilitada a exercer as funções de Agência de Bacia para dois Comitês estaduais mineiros, CBH Velhas (SF5) e CBH Pará (SF2), além dos comitês federais das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e do Rio Verde Grande.

A Agência Peixe Vivo tem como finalidade prestar o apoio técnico-operativo à gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas a ela integradas, mediante o planejamento, a execução e o acompanhamento de ações, programas, projetos, pesquisas e quaisquer outros procedimentos aprovados, deliberados e determinados por cada Comitê de Bacia ou pelos Conselhos de Recursos Hídricos Estaduais ou Federais.

De forma sintética, podemos agrupar os objetivos específicos da Agência Peixe Vivo de acordo com sua natureza, destacando-se assim de forma abrangente os seguintes itens:

- exercer a função de secretaria executiva dos Comitês;
- auxiliar os Comitês de Bacias no processo de decisão e gerenciamento da bacia hidrográfica, avaliando projetos e obras a partir de pareceres técnicos, celebrando convênios e contratando financiamentos e serviços para execução de suas atribuições;
- manter atualizados os dados socioambientais da bacia hidrográfica em especial as informações relacionadas à disponibilidade dos recursos hídricos de sua área de atuação e o cadastro de usos e de usuários de recursos hídricos;
- auxiliar a implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos na sua área de atuação, como a cobrança pelo uso da água, plano diretor, sistema de informação e enquadramento dos corpos de água.

A consolidação da Agência Peixe Vivo representa o fortalecimento da estrutura da Política de Gestão de Recursos Hídricos do País, baseada no conceito de descentralização e participação dos usuários de recursos hídricos no processo de gerenciamento e planejamento das bacias hidrográficas.

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas (CBH Rio das Velhas) é o órgão colegiado responsável por realizar a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, bem como desenvolver diversos programas de melhorias ambientais na bacia, dentre eles os projetos hidroambientais. Integrado pelo poder público, sociedade civil e empresas usuárias de água, visa à proteção dos seus mananciais e ao seu desenvolvimento sustentável. Com atribuições normativas, deliberativas e consultivas, que foi criado pelo Decreto Estadual nº. 39.692, de 29 de junho de 1988.

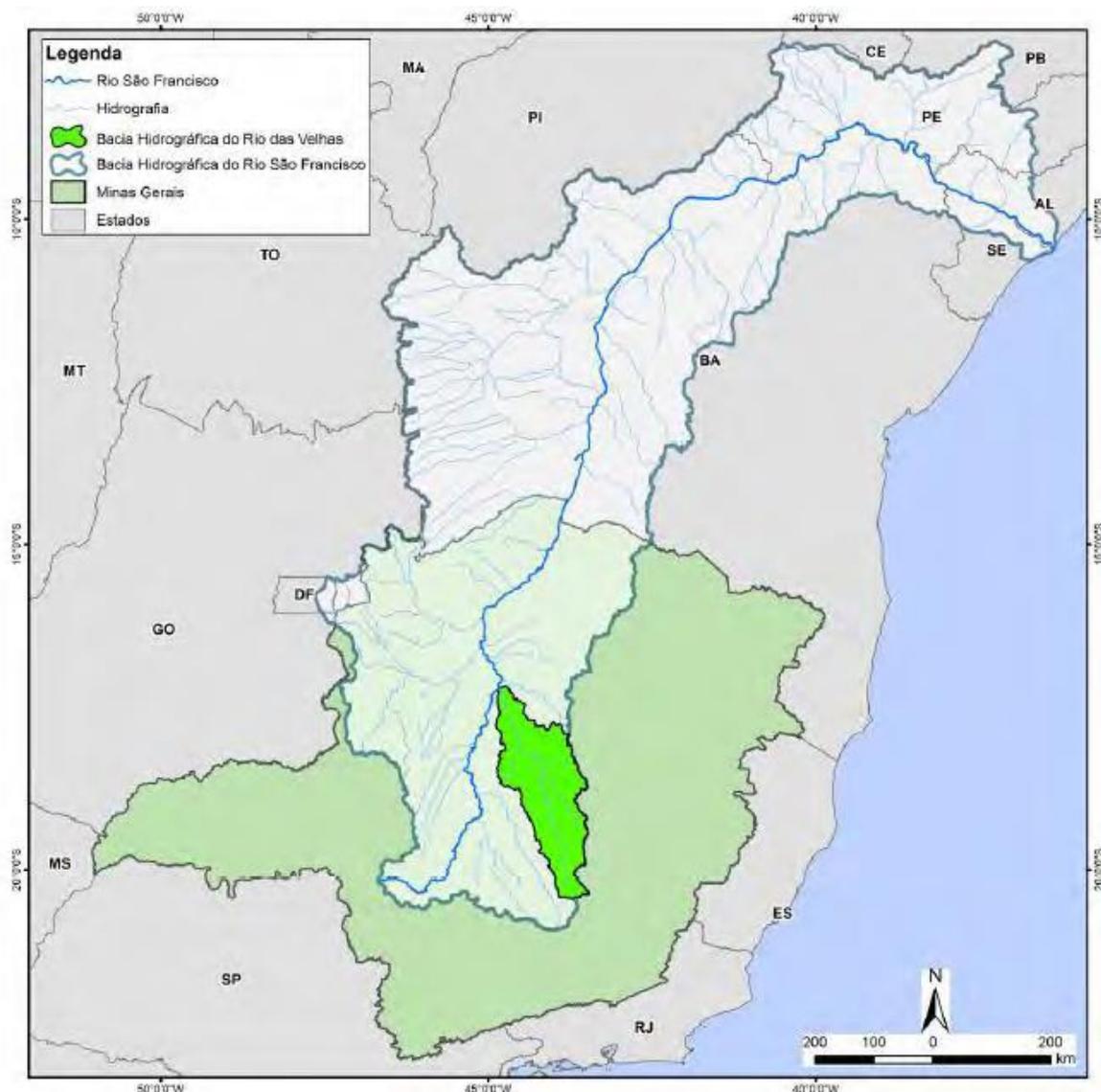
O desenvolvimento de projetos hidroambientais na bacia hidrográfica do Rio das Velhas está previsto na Deliberação Normativa (DN) do CBH Rio das Velhas nº. 010, de 15 de dezembro de 2014, que aprovou o Plano Plurianual de Aplicação (PPA) dos recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos nessa bacia, referente aos exercícios de 2015 a 2017.

A deliberação normativa nº 01/2012 do CBH Rio das Velhas definiu 23 unidades territoriais estratégicas - UTEs para a gestão sistêmica e estruturada da bacia. A

definição levou em conta a prerrogativa geográfica da Lei das Águas, as características de cada área, bem como sua extensão; número de afluentes direto; quantidade de municípios; distribuição da população existente de mais de uma prefeitura na sua composição (CBH Rio das Velhas, 2017).

Cabe ressaltar que, ao longo da última década, foram desenvolvidos diversos projetos hidroambientais na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, a saber: Valorização dos cursos d'água em áreas rurais da bacia hidrográfica do Ribeirão da Mata; Recomposição de matas ciliares degradadas e manutenção florestal na bacia hidrográfica do Rio Taquaraçu; Diagnóstico das Pressões Ambientais na bacia hidrográfica do Rio Itabirito; Monitoramento qualitativo de águas superficiais na área da sub-bacia hidrográfica do Rio Caeté/Sabará; Valorização das nascentes urbanas nas bacias hidrográficas dos Ribeirões Arrudas e Onça, entre outros.

A bacia hidrográfica do Rio das Velhas está localizada na região central do estado de Minas Gerais, situada entre as latitudes 17°15' S e 20°25' S e longitudes 43°25' W e 44°50' W. Compreende uma área total de 27.850 km<sup>2</sup>, equivalente a quase 60% do território da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e a 4,05% da bacia hidrográfica do Rio São Francisco (ECOPLAN/SKILL, 2015). A bacia apresenta forma alongada e inclinada predominantemente na direção norte-sul (Figura 1) e corresponde à Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) SF5 (São Francisco 5).



**Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio das Velhas**  
 Fonte: ECOPLAN/SKILL (2015)

O Rio das Velhas tem sua nascente principal na cachoeira das Andorinhas, localizada no município de Ouro Preto, em uma altitude de aproximadamente 1.500 metros, e a sua foz no Rio São Francisco, mais precisamente em Barra do Guaicuí, Distrito de Várzea da Palma, em Minas Gerais. O Rio das Velhas, ao longo de seus 806,84 km de extensão, é alimentado por diversos cursos d'água, com destaque para os seus principais afluentes: Rio Bicudo, Ribeirão Jequitibá, Ribeirão da Mata, Ribeirão Arrudas, Ribeirão do Onça e Rio Itabirito (pela margem esquerda); e Rio Curimataí, Rio Pardo, Rio Paraúna/Cipó, Rio Taquaraçu e Ribeirão Caeté /Sabará (pela margem direita) (ECOPLAN/SKILL, 2015).

Durante o seu percurso, o Rio das Velhas e seus afluentes drenam áreas de 51 municípios, dos quais 44 têm suas sedes urbanas inseridas na bacia e 20 fazem parte da RMBH. A população efetivamente residente dentro dos limites da bacia é de, aproximadamente, 4,4 milhões de habitantes, estimada com base nos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). No contexto regional, a participação do conjunto desses municípios é significativa, pois corresponde a 24,7% da população de Minas Gerais, principalmente em termos de população urbana (28,1%) (CBH Rio das Velhas, 2016).

Devido à grande extensão da bacia hidrográfica do Rio das Velhas e ao considerável número de municípios que a compõem, em 9 de fevereiro de 2012 foi criada a Deliberação Normativa no. 01/2012 do CBH Rio das Velhas, que definiu 23 Unidades Territoriais Estratégicas (UTE) para a gestão sistêmica e estruturada da bacia, a fim de proporcionar o seu planejamento territorial integrado. As UTEs são grupos de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, cuja definição levou em conta prerrogativas geográficas da Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), conhecida como Lei das Águas; as características de cada área, bem como sua extensão; o número de afluentes diretos; a quantidade de municípios; a distribuição da população; e a existência de mais de uma prefeitura na sua composição.

A UTE Nascentes está localizada no Alto Rio das Velhas e abrange os municípios de Itabirito e Ouro Preto, totalizando uma área de 541,58 km<sup>2</sup>. Nesta UTE, existem sete Unidades de Conservação (UC), que somam 31.200 ha de áreas protegidas (57,64% da área total da UTE). Na UTE Nascentes está localizada a nascente do Rio das Velhas, que percorre 55 km dentro desta área. Os principais afluentes do Rio das Velhas na UTE são o Rio Maracujá, Ribeirão do Funil, Córrego Olaria e Córrego do Andaime.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos, as diversas atividades econômicas desenvolvidas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas têm sido responsáveis por gerar inúmeros impactos no meio ambiente e, sobretudo, em seus recursos hídricos. Diante dessa situação e da atual crise de escassez hídrica, se torna cada vez mais necessária a promoção de

programas e ações que visem à recuperação ambiental de áreas degradadas e à redução dos impactos sobre a qualidade e a quantidade das águas.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (ECOPLAN/SKILL, 2015), a bacia tem em seu histórico de ocupação uma intensa exploração de seus recursos naturais, desencadeando em um intenso processo de degradação. Além da mineração, outros fatores como a atividade agropecuária e a intensa urbanização, principalmente no alto trecho do rio, geraram grande contribuição para a alteração das características qualitativas e quantitativas das águas do Rio das Velhas.

A partir das análises realizadas pelo Projeto Águas de Minas (IGAM, 2014), pode-se constatar que o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio das Velhas exercem grandes interferências nos recursos hídricos. Algumas estações de amostragem na região do Quadrilátero Ferrífero demonstram concentração de metais (cobre, manganês e níquel) e de sólidos em suspensão nos cursos d'água. Essas informações levam a crer que a principal atividade econômica naquela região – a mineração – influencia diretamente a qualidade das águas.

Outro problema ambiental recorrente na bacia consiste na grande supressão da vegetação, tanto em topos de morros quanto em encostas, vales dos rios e matas ciliares, objetivando a expansão das atividades agrícolas e da urbanização. A retirada da vegetação deixa o solo exposto, aumentando a ocorrência de processos erosivos e desencadeando o carreamento de sedimentos para os cursos d'água próximos, assoreando-os. Outro problema advindo do desmatamento é a fragmentação de habitats, que pode vir a prejudicar ou até mesmo levar à extinção de espécies endêmicas vegetais e animais.

Diante desse cenário em que o manejo inadequado do solo e dos recursos naturais na bacia hidrográfica do Rio das Velhas, tem contribuição significativa para a sua degradação ambiental, que expõe à bacia uma gradativa perda na sua capacidade de recuperação natural, principalmente do seu potencial hídrico e de sua biodiversidade, a implementação de medidas corretivas por meio de técnicas agrônômicas e ambientais se faz necessária.

Verificou-se a partir do diálogo com moradores e avaliação da demanda apresentada pelo Subcomitê de bacia hidrográfica Nascentes (SCBH Nascentes), por meio do Termo de Referência (TDR) que, em virtude das atividades erosivas em estradas vicinais e em áreas de pastagem e do lançamento de esgotos *in natura* na microbacia hidrográfica do Córrego Andaime, se faz emergencial a execução de ações que contribuam para mitigar o quadro apresentado atualmente, visando a melhoria hidroambiental no distrito de São Bartolomeu, Ouro Preto - Minas Gerais.

O presente projeto hidroambiental contempla a revitalização de quatro microbacias do Rio das Velhas e da Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual Cachoeira das Andorinhas, localizadas no município de Ouro Preto - Minas Gerais, sobretudo, no distrito de São Bartolomeu, que tal como em outros pontos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, apresenta problemas relacionados à escassez hídrica. Portanto, se faz necessária a implantação de medidas para mitigar os efeitos da degradação ambiental registrados no município.

Nesse contexto, o presente relatório é focado na ausência de esgotamento sanitário apropriado na Comunidade de Maciel, que justifica a realização do Cadastramento e elaboração de estudo de alternativas de esgotamento sanitário, no âmbito do “Projeto de revitalização de quatro microbacias inseridas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas e na APA Estadual Cachoeira das Andorinhas”.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo do presente relatório é apresentar o cadastramento dos moradores da Comunidade de Maciel, contendo informações sobre a forma de disposição final dos efluentes domésticos gerados, além de informações a respeito do uso do solo, recursos hídricos e resíduos sólidos.

Adicionalmente, os dados provenientes do cadastramento subsidiaram um estudo preliminar de alternativas de soluções adequadas para o esgotamento sanitário da comunidade, considerando a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas.

## 2 DIAGNÓSTICO E CADASTRAMENTO DA COMUNIDADE DE MACIEL

O saneamento básico é definido pela Lei nº. 11.445/2007 (BRASIL, 2007) como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. Esta lei de diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007) determina também ao Poder Público a universalização dos serviços de saneamento básico. Porém, esta meta ainda está distante da realidade da maioria dos municípios brasileiros.

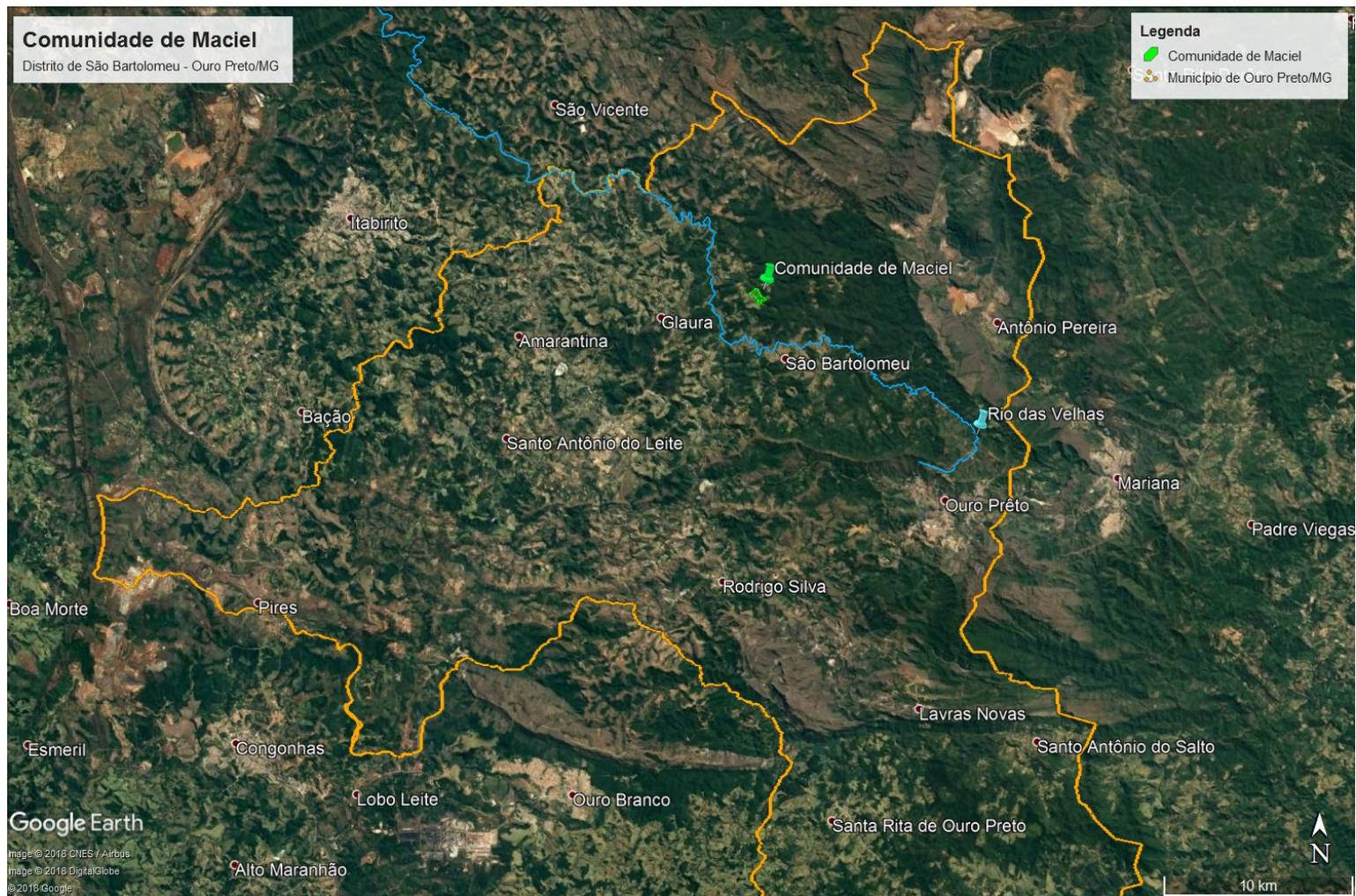
A falta de educação sanitária e de disposição adequada dos efluentes domésticos resulta em grande parte da população lançando seus dejetos diretamente no solo ou em cursos d'água, afetando a qualidade das águas subterrâneas e superficiais e contribuindo para a veiculação de doenças como a febre tifoide e paratifoide, diarreias infecciosas, ancilostomíase, esquistossomose, ascaridíase, entre outras (FUNASA, 2006).

A Comunidade de Maciel, localizada no distrito de São Bartolomeu, em Ouro Preto – MG, é uma comunidade rural em que, a partir de estudos preliminares foi identificada a destinação inadequada de efluentes domésticos, com a suspeita de ocorrência de lançamentos de efluentes domésticos diretamente no Córrego do Andaime - curso hídrico localizado próximo à comunidade.

Tal situação apresenta risco à saúde da população local e de outras comunidades localizadas a jusante desse córrego. Portanto, foi realizado um cadastramento das formas de disposição dos esgotos domésticos por meio de aplicação de questionários à população local. Adicionalmente, foram levantadas uma série de informações sobre a situação atual do uso e ocupação do solo, recursos hídricos e resíduos sólidos na região, tais como atividades desenvolvidas nas propriedades, situação dos cursos d'água mais próximos, origem das águas utilizadas, presença de nascentes e destino dos efluentes gerados. Tal levantamento teve como objetivos diagnosticar as formas de esgotamento na Comunidade de Maciel e obter informações necessárias para a proposição de alternativas apropriadas, a fim de garantir a qualidade de vida da população local e a preservação dos córregos e nascentes existentes na região.

## 2.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A comunidade do Maciel está localizada no distrito de São Bartolomeu, no município de Ouro Preto, a cerca de 25 km da sede. O acesso à região é feito a partir da Rodovia dos Inconfidentes (BR-356), seguindo por estradas vicinais que passam pelos distritos de Glaura, Cachoeira do Campo ou São Bartolomeu. As Figuras 4 e 5 apresentam a localização e delimitação da Comunidade de Maciel.



**Figura 2 - Localização da Comunidade de Maciel no município de Ouro Preto/MG**

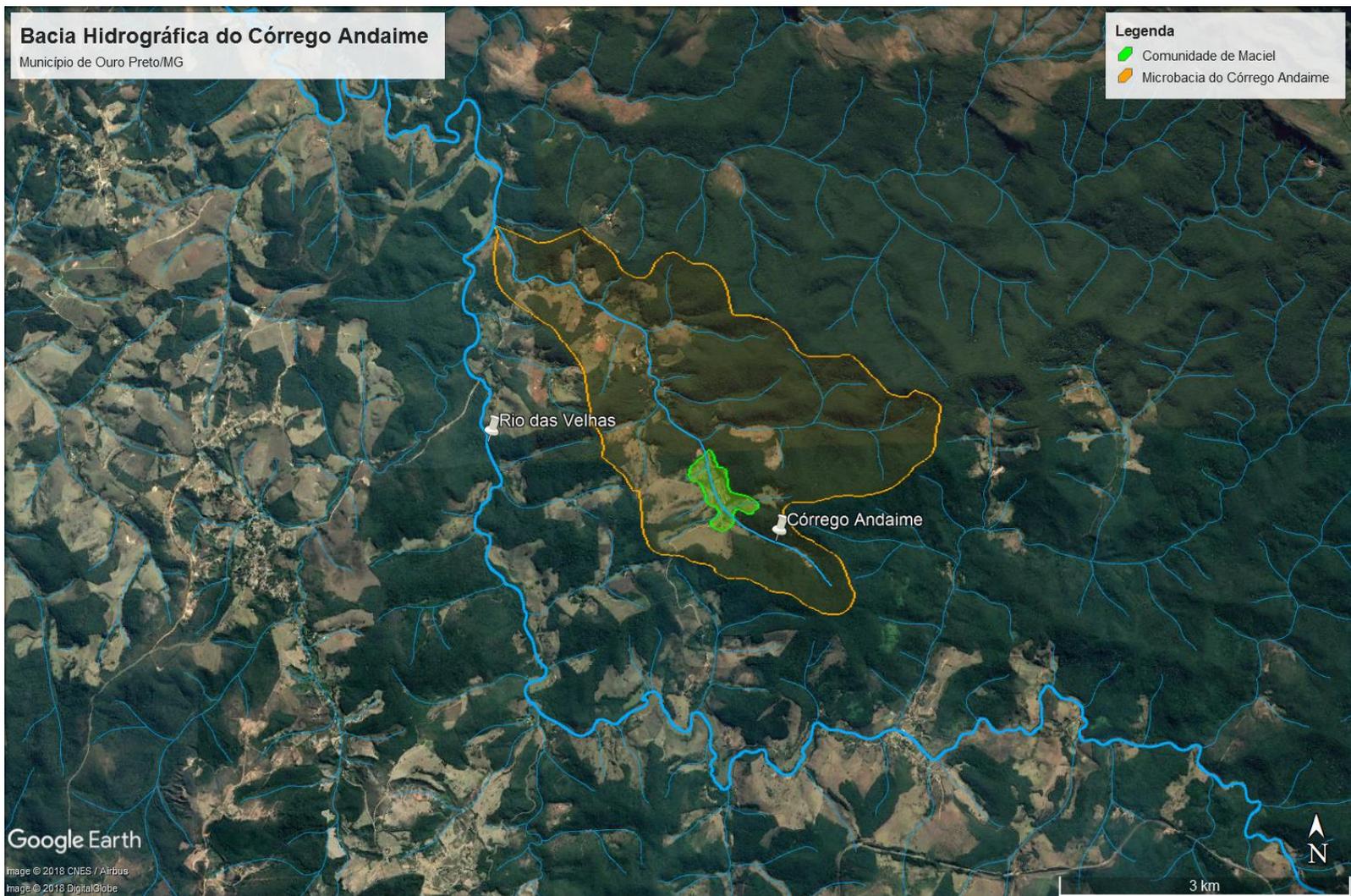
Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)



**Figura 3 - Delimitação aproximada da Comunidade de Maciel**  
Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

## 2.2 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

A Comunidade de Maciel está inserida na microbacia hidrográfica do Córrego do Andaime, às margens de seu curso d'água principal (Figura 4). A microbacia em questão possui uma área de drenagem de cerca de 10,6 km<sup>2</sup>, sendo o Córrego do Andaime um afluente do Rio das Velhas, com 5,7 km de extensão.



**Figura 4 - Localização da microbacia hidrográfica do Córrego do Andaime**  
Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

A maioria das edificações na Comunidade de Maciel são de uso residencial e localizam-se a distâncias superiores a 20 m do Córrego do Andaime. As propriedades são distribuídas de forma esparsa em uma área de aproximadamente 25 ha, exceto na Rua Tancredo Neves, onde se observou uma ocupação mais adensada. No total, foram identificadas 43 propriedades na comunidade.

No trecho que percorre a Comunidade de Maciel, o Córrego do Andaime se encontra em leito natural e, visualmente, não aparenta degradação em termos de qualidade da água. Ao longo de suas margens, o córrego apresenta gramíneas invasoras características de locais antropizados (Figura 5). Há poucos fragmentos de mata ciliar no curso d'água. Ressalta-se que durante o cadastramento de moradores não foi identificado o lançamento de efluentes *in natura* no curso d'água.



**Figura 5 - Córrego do Andaime na Comunidade de Maciel, em fevereiro de 2018**  
Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

O curso d'água apresenta vazões reduzidas, mesmo em épocas de chuva, e possui largura em torno de 50 cm. Ainda em relação às vazões, os moradores relataram que a vazão do córrego em período de estiagem é quase nula.

Segundo o PDRH da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (ECOPLAN/SKILL, 2015), na UTE Nascentes ocorrem oito unidades geológicas, sendo a unidade Grupo Nova

Lima a predominante, na qual se encontra a microbacia hidrográfica do Córrego do Andaime. Essa unidade se caracteriza pela presença de filito clorita xisto, rocha metavulcânica, anfibolito, dolomito, metagrauvaca, quartzito e formação ferrífera.

O solo predominante na microbacia é o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2010), que são solos de baixa fertilidade caracterizados por serem muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura (AGEITEC, 2018).

De acordo com informações do PDRH da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (ECOPLAN/SKILL, 2015), a região onde se encontra a Comunidade de Maciel apresenta de média a forte fragilidade ambiental e susceptibilidade à erosão, definidas com base em estudos de declividade, altimetria e uso e cobertura do solo. A microbacia hidrográfica do Córrego do Andaime está inserida em uma área de depressão, na qual a cobertura vegetal natural é especialmente importante para proteger e regular a camada superficial do solo. As potenciais ações responsáveis pelos processos erosivos nessas áreas são manejos agrícolas inadequados como queimadas, pisoteio do gado e desmatamento.

### **2.3 CADASTRAMENTO DAS PROPRIEDADES**

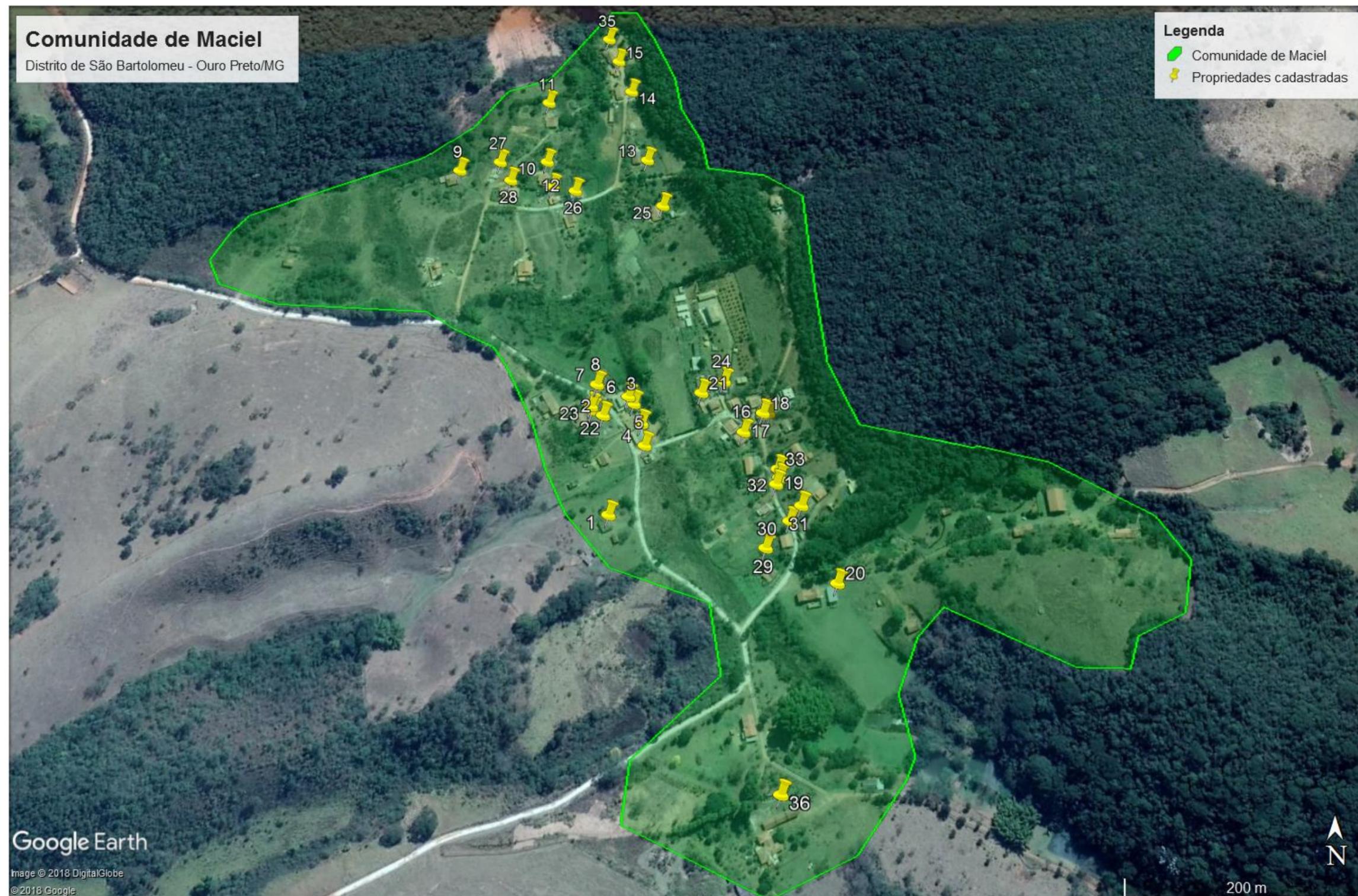
De modo selecionar alternativas para o esgotamento sanitário da Comunidade de Maciel, foi realizado o cadastramento das propriedades da comunidade por meio de ações de mobilização social, de modo a promover um contato mais próximo entre a equipe da empresa responsável pela execução do projeto e a população beneficiada pelo projeto.

O processo de mobilização social consistiu na abordagem dos moradores da Comunidade de Maciel pelo mobilizador social contratado pela Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental, Sr. Willer Santos Bontempo, que explicou aos moradores o contexto e objetivos do projeto hidroambiental e do cadastramento realizado na comunidade, além de coletar as informações necessárias para o cadastramento por meio do questionário de Trabalho Técnico Social – TTS, cujo modelo se encontra no

Anexo A. Adicionalmente, o cadastramento foi acompanhado pela equipe técnica da Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental.

A partir da ação de mobilização *in loco* foi possível esclarecer as dúvidas acerca do objetivo do cadastramento do projeto hidroambiental em andamento, promovendo assim uma maior interação com a comunidade. Esse cadastro possibilitou a caracterização geral das propriedades através do levantamento das atividades desenvolvidas, situação do curso d'água mais próximo ao terreno, presença de nascentes e situação na qual essas se encontram, existência de pisoteio de gados nos olhos d'água, informações sobre uso da água, geração de efluentes, destinação dos resíduos, existência de bacias de contenção e presença de pontos críticos de erosão.

Com o preenchimento do TTS, foram cadastradas e georreferenciadas 36 (trinta e seis) propriedades, apresentadas na Figura 6. A Tabela 1 apresenta os nomes dos proprietários, endereço, coordenadas geográficas e número de moradores de cada propriedade visitada.



**Figura 6 - Propriedades cadastradas na Comunidade de Maciel**

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

**Tabela 1 – Cadastramento e georreferenciamento das propriedades da Comunidade de Maciel.**

<b>PROJETO DE RECUPERAÇÃO HIDROAMBIENTAL</b>
<b>Revitalização de quatro microbacias inseridas na bacia hidrográfica do Rio das Velhas e na APA Cachoeira das Andorinhas em Ouro Preto/MG</b>
<b>Serviço: Cadastramento das formas de destinação final dos efluentes domésticos da Comunidade de Maciel</b>
<b>Descrição: Preenchimento de cadastro - Trabalho Técnico Social (TTS) - Microbacia do Córrego do Andaime</b>

<b>Pontos</b>	<b>Proprietário</b>	<b>Endereço (Rua)</b>	<b>Coord. (E) (m)</b>	<b>Coord. (N) (m)</b>	<b>Nº de moradores</b>	<b>Observações</b>
1	Geraldo Gomes **	Benedito Xavier, 4	646329	7755705	Sem informação	
2	Daura Aparecida Nepomuceno	Benedito Xavier, 6	646323	7755798	4	
3	Geralda Maria Nepomuceno	Benedito Xavier, 190	646351	7755809	2	
4	Gisele Luzia Batista Gomes	Benedito Xavier, 190	646361	7755769	3	
5	Renato Aparecido Dias	Benedito Xavier, 190 A	646358	7755790	Sem informação	
6	Roseli Aparecida Nepomuceno **	Sem informação	646346	7755816	4	
7	João Vitor da Costa	Benedito Xavier, 201	646317	7755828	4	
8	Paulo Viana Clementino	São José, 290	646318	7755828	1	
9	Tais Adriana da Cruz	São José, 304	646204	7756030	3	
10	Maria Aparecida Nepomuceno	São José, 350	646265	7756059	2	
11	Regina Célia Bento Pereira	São José, 300	646265	7756125	3	
12	Lucia Nazaré Bento	São José, 305	646252	7756040	5	
13	João Bosco da Cruz	Sem informação	646363	7756060	4	
14	Joel Silvério Bento	São José, 610	646347	7756137	4	
15	Maria Carvalho Saturino	São José, 600	646324	7756198	3	

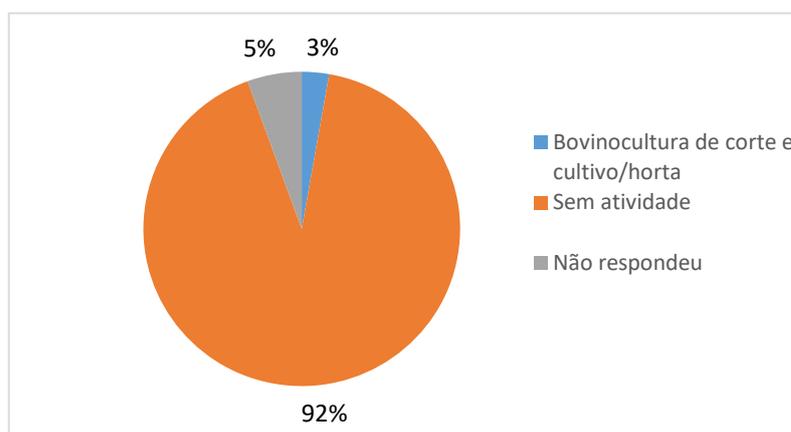
Pontos	Proprietário	Endereço (Rua)	Coord. (E) (m)	Coord. (N) (m)	Nº de moradores	Observações
16	Alaíza Luiz Ribeiro	Tancredo Neves, 15	646451	7755781	2	
17	Adilson Natalício da Rosa	Tancredo Neves, 21	646469	7755799	3	
18	Vicentina Rosa	Tancredo Neves, 12	646469	7755799	5	
19	Milton José da Silva	Tancredo Neves, 25	646479	7755732	2	
20	Sede ACAAM / Posto de Saúde	Benedito Xavier, 16	646530	7755642	Flutuante (estimada em 8)	Espaço comunitário
21	Sandra Aparecida	Tancredo Neves, 8	646413	7755819	2	
22	Nirciene Bento da Costa	Benedito Xavier, 201	646313	7755803	4	
23	Eustáquio	Benedito Xavier, s/n	646312	7755807	Sem informação	Utilizada somente aos finais de semana
24	José Delgado de Almeida	Tancredo Neves, s/n	646434	7755830	3	
25	Bartolomeu da Cruz	São José, s/n	646378	7756010	8	
26	Gilson	São José, s/n	646293	7756027	Sem informação	
27	Maria das Graças Peixoto	São José, s/n	646207	7756039	Sem informação	Utilizada somente aos finais de semana
28	Thiago dos Santos	Tancredo Neves, s/n	646207	7756039	Sem informação	
29	Graça Guerra Laje	Tancredo Neves, 15	646468	7755674	1	
30	Maria das Graças Silva	Tancredo Neves, s/n	646490	7755698	Sem informação	Utilizada somente aos finais de semana
31	Nilma Léia da Silva	Tancredo Neves, 30	646501	7755712	Sem informação	Utilizada somente aos finais de semana
32	Pedro Brioche	Tancredo Neves, 60	646482	7755738	2	
33	Wagner	Tancredo Neves, s/n	646481	7755746	Sem informação	Utilizada somente aos finais de semana
34	Josilaine Cristina da Cruz **	Sem informação	646474	7755799	5	
35	Antônio Tito da Silva	Tancredo Neves, 7	646324	7756198	4	
36	Instituto Dervixe	Tancredo Neves, 507	646475	7755466	4	

**\*\* Não são proprietários, forneceram informações sobre a propriedade em questão**

Os moradores entrevistados forneceram informações a respeito de suas próprias residências e das residências de terceiros, na ausência dos proprietários. Das 43 (quarenta e três) propriedades existentes na comunidade, foram cadastradas 36 (trinta e seis). As sete propriedades remanescentes não foram cadastradas em razão dos proprietários não terem sido encontrados ou não desejarem responder o TTS.

Dentre as propriedades cadastradas, para 10 (dez) propriedades não foram obtidas informações a respeito do número de moradores, em razão dos entrevistados não desejarem fornecer ou não saberem essa informação, por não serem os proprietários. Destas, uma propriedade corresponde a um espaço comunitário e à Unidade Básica de Saúde (UBS) e 5 (cinco) propriedades são utilizadas somente nos fins de semana. As demais propriedades são residências.

A maioria dos entrevistados declarou não desenvolver nenhuma atividade no terreno (92% do total), incluindo dois entrevistados que afirmaram viver em área urbana, referindo-se à localização mais central da comunidade. Uma pessoa informou haver bovinocultura de corte e cultivo/horta em sua propriedade (3%) e duas pessoas não responderam à esta pergunta (6%). Esses resultados estão apresentados na Figura 7.



**Figura 7 - Atividades desenvolvidas na Comunidade de Maciel**

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

Um morador afirmou que sua propriedade estava mais próxima das nascentes dos Córrego do Andaime e de um de seus afluentes. Os demais entrevistados afirmaram que o Córrego Maciel é o curso d'água mais próximo de suas residências. Constatou-

se que o Córrego do Andaime é chamado de Córrego Maciel pelos moradores da comunidade. Todos os entrevistados declararam que o Córrego do Andaime se encontra assoreado e sem mata ciliar.

O abastecimento público de água na Comunidade de Maciel é proveniente de captação subterrânea em um poço artesiano (Figura 8), localizado próximo à UBS e a um fragmento de mata ciliar.



**Figura 8 - Poço de captação de água subterrânea para abastecimento da Comunidade de Maciel**

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

Observa-se que a área no entorno do poço e do quadro de força da bomba apresenta cobertura vegetal de gramíneas altas sem poda recente. Observa-se também que nessa área há uma cerca delimitando a mata ciliar (Área de Proteção Permanente – APP) que se encontra em mau estado de conservação, como mostra a Figura 9.



**Figura 9 - Cerca delimitando área de APP em mau estado de conservação**

**Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)**

Após a captação a água é direcionada para um reservatório apoiado com capacidade de armazenamento de 10.000 litros (Figura 10), o qual possui um dosador de cloro, visando atender à exigência da Portaria de Consolidação nº 05 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) referente à água para consumo humano. De acordo com informações do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Ouro Preto – SEMAE, a vazão de operação do sistema de abastecimento de água da comunidade é de 14 m<sup>3</sup>/s (3,9 L/s). A líder comunitária Lúcia Nazaré Bento relatou que quando constatam a falta de água em suas casas, os próprios moradores são responsáveis por ligar a bomba do poço, que é desligada após o período de 45 (quarenta e cinco) minutos. Ressalta-se que quando a bomba permanece ligada por um período maior que 45 (quarenta e cinco) minutos, há captação de grande quantidade de sedimentos.



**Figura 10 - Reservatório que abastece a Comunidade de Maciel**  
Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

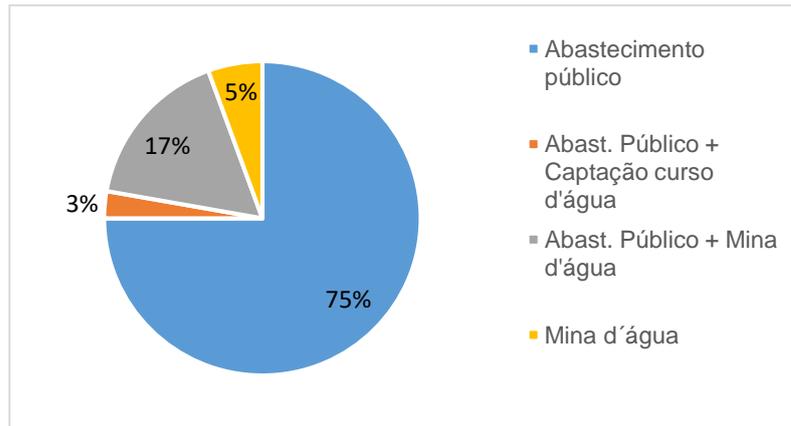
A localização do poço e reservatório é apresentada na Figura 11.



**Figura 11 - Localização do poço e reservatório na Comunidade de Maciel**

**Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)**

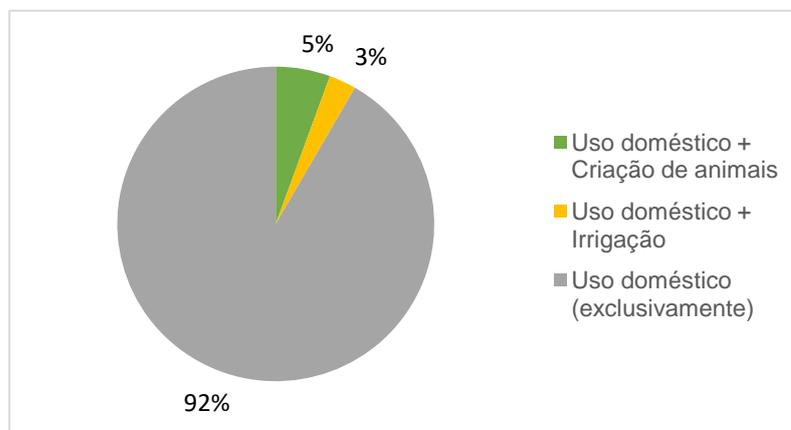
Dentre os entrevistados, 75% são abastecidos exclusivamente pela rede de distribuição do sistema em operação na comunidade (Figura 12). Seis propriedades são abastecidas por poços e minas d'água (17% do total) e duas propriedades utilizam águas apenas de minas (5% do total). Adicionalmente, um entrevistado informou que realiza captação diretamente do Córrego do Andaime, além do abastecimento público (3% do total). Esses dados contrastam com as informações fornecidas pelos moradores a respeito da presença de nascentes dentro das propriedades. Apenas dois proprietários afirmaram possuir nascentes em seus terrenos, sendo identificadas três nascentes no total, o que sugere que as demais minas d'água utilizadas para abastecimento estão localizadas fora das propriedades. Duas destas encontram-se cercadas, dentre as quais apenas uma possui vegetação. Cabe ressaltar que a nascente sem cercamento também apresenta vegetação.



**Figura 12 - Abastecimento de água nas propriedades da Comunidade de Maciel**

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

Quanto ao uso dos recursos hídricos na comunidade, 33 (trinta e três) entrevistados informaram fazer uso exclusivamente doméstico da água (92% das propriedades). Duas pessoas informaram utilizar a água para criação de animais e uma pessoa declarou o uso para irrigação (Figura 13).



**Figura 13 - Uso dos recursos hídricos na Comunidade de Maciel**

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

A respeito da destinação dos esgotos domésticos, apenas a Fazenda Conta-História (pertencente ao Instituto Dervixe) encaminha seus efluentes para tratamento adequado, utilizando uma fossa séptica biodigestora de modelo desenvolvido pela Embrapa para o tratamento dos efluentes provenientes dos vasos sanitários. Esse sistema é apresentado na Figura 14. No entanto, os demais efluentes (águas cinzas) são encaminhados para disposição diretamente no solo na propriedade. As águas cinzas geralmente contém macronutrientes, como nitrogênio e fósforo, portanto sua

aplicação no solo em quantidades adequadas pode ser benéfica para as plantas. No entanto, a aplicação de águas cinzas no solo a longo prazo pode levar ao acúmulo de surfactantes, óleos, gorduras e sódio, causando aumento da salinidade, redução da capacidade de infiltração de água no solo, aumento de fluxo superficial, erosão acelerada e alterações na estrutura do solo (SIGGINS et al, 2016).



**Figura 14 - Fossa séptica biodigestora na Fazenda Conta-História**

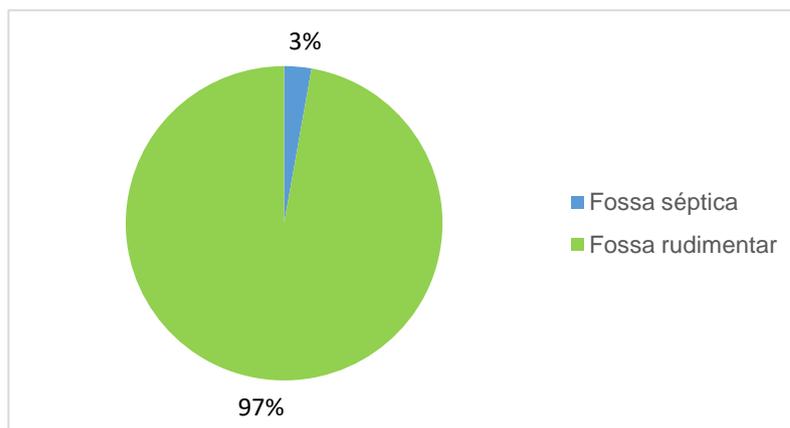
Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

O efluente tratado é inodoro e rico em nutrientes, e é utilizado na irrigação de mudas de árvores. Atualmente, no Brasil não há normas ou leis referentes à aplicação de efluentes no solo. Porém, segundo recomendações da Embrapa a respeito da fossa séptica biodigestora (GALINDO et al, 2010), o efluente tratado deve ser utilizado somente no solo, em culturas em que o líquido não entre em contato com o alimento.

Na propriedade existe uma segunda edificação que atualmente dispõe o esgoto gerado em fossa rudimentar. No entanto, há planos de se instalar a fossa biodigestora modelo Embrapa nessa edificação também. Não foram fornecidas informações quanto

ao monitoramento do sistema instalado. Portanto, no presente estudo, será sugerida uma solução para a disposição das águas cinzas.

No restante das propriedades (97%), são encontradas somente fossas rudimentares (Figura 15). Ressalta-se que nas propriedades cadastradas não foi identificado o lançamento de efluentes diretamente no Córrego do Andaime.



**Figura 15 - Destinação dos efluentes domésticos na Comunidade de Maciel**

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

Na Figura 16 está representada uma destas fossas, localizada na Unidade Básica de Saúde – UBS da Comunidade de Maciel.



**Figura 16 - Fossa rudimentar localizada na UBS da Comunidade de Maciel**

**Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)**

Destaca-se que essa fossa rudimentar se encontra a montante do poço artesiano que abastece a comunidade, a uma distância de cerca de 30 m (Figura 11). No entanto, não há informações detalhadas sobre a altura do lençol freático na comunidade. Portanto, não se pode avaliar de forma precisa o risco de a referida fossa provocar a contaminação da água captada no poço.

A coleta de resíduos sólidos na Comunidade de Maciel é realizada porta a porta quinzenalmente aos sábados. Próximo à UBS da comunidade, há um ponto de coleta seletiva (Figura 17), porém, destaca-se que nenhum dos moradores entrevistados informou realizar separação de materiais recicláveis. Os moradores afirmaram que boa parte dos resíduos orgânicos (restos de alimentos) é aproveitada para alimentação de animais domésticos. Os demais resíduos são armazenados em lixeiras nas próprias residências dos moradores até o dia de coleta. Todos os entrevistados afirmaram que a destinação de seus resíduos sólidos domésticos é o aterro sanitário. No entanto, segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2017), o município de Ouro Preto atualmente possui lixão.



**Figura 17 - Local de disposição de materiais recicláveis na Comunidade de Maciel**

**Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)**

Quanto ao controle de erosão e promoção do abastecimento do lençol freático, nenhum dos moradores declarou a existência de bacias de contenção em suas propriedades. Apenas um morador entrevistado afirmou que havia pontos críticos de erosão nas estradas próximas à sua propriedade.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados compilados que foram obtidos por meio do TTS.

**Tabela 2: Resumo das informações obtidas por meio do TTS**

<b>Total de questionários aplicados</b>		<b>36</b>	
<b>ATIVIDADE</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Bovinocultura de corte e cultivo/horta		1	3%
Sem atividade		33	92%
Não respondeu		2	6%
Outras		0	0%
<b>SITUAÇÃO</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Assoreado		36	100%
APP protegida		0	0%
Poluído com lixo		0	0%
APP degradada		0	0%
Sem mata ciliar		36	100%
Com mata ciliar		0	0%
Sem informação		0	0%
<b>PRESENÇA DE NASCENTES</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim		2	6%
Não		33	92%
Não respondeu		1	3%
<b>Números de TTS (QUE AFIRMAM TER NASCENTE)</b>		<b>2</b>	
<b>PRESENÇA DE NASCENTES</b>		<b>Qnt.</b>	
Nº total de nascentes		3	
<b>CERCAMENTO DE NASCENTES</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim		2	67%
Não		1	33%
Não respondeu		0	0%
<b>Números de nascentes sem cercamento</b>		<b>1</b>	
<b>VIABILIDADE DE CERCAMENTO</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim		1	100%
Não		0	0%
Sem informação		0	0%
<b>Números de nascentes</b>		<b>3</b>	
<b>VEGETAÇÃO</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim		2	67%
Não		1	33%
Sem informação		0	0%
<b>Números de PROPRIEDADE COM nascentes</b>		<b>2</b>	
<b>PISOTEIO DE GADO</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim		1	50%
Não		1	50%
Sem informação		0	0%
<b>USO DA ÁGUA</b>		<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Criação de animais		2	6%
Lazer		0	0%
Cultivo/horta		0	0%
Irrigação		1	3%
Uso doméstico		36	100%
Indústria		0	0%

Piscicultura/Pesca	0	0%
Abastecimento público	0	0%
Agroindústria	0	0%
Mineração	0	0%
Não respondeu	0	0%
Outros	0	0%
<b>Efluentes gerados</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Dejetos animais	2	6%
Doméstico	36	100%
Industrial	0	0%
Mineração	0	0%
Não respondeu	0	0%
Outros	0	0%
<b>DESTINO</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Aterro sanitário	35	97%
Coleta seletiva	0	0%
"Bota fora" / terreno baldio	0	0%
MiEnterrado ou queimado	0	0%
Não respondeu	0	0%
Outro	1	3%
<b>Origem das águas</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Fossa séptica	1	3%
Fossa negra	35	97%
Direto no curso d'água	0	0%
Não respondeu	0	0%
Outro	0	0%
<b>Origem das águas</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Açude / barramento	0	0%
Poço artesiano	34	94%
Mina a céu aberto	8	22%
Cisterna	0	0%
Canal de derivação	0	0%
Direto do curso de água	1	3%
Não respondeu	0	0%
Outra	0	0%
<b>Existe cacimba no terreno?</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim	0	0%
Não	36	100%
Não respondeu	0	0%
<b>Existem pontos críticos nas estradas rurais?</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Perc.</b>
Sim	1	3%
Não	34	94%
Não respondeu	1	3%

### 3 SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA O ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Constatada a destinação inadequada de efluentes em 97% das propriedades cadastradas, foram selecionadas alternativas para o esgotamento apropriado na Comunidade de Maciel. Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2006), quando há rede de abastecimento público, a solução para a destinação do esgoto doméstico é a construção de privadas com veiculação hídrica ligadas à rede pública de esgotamento, encaminhando-o para o devido tratamento. No entanto, essa solução geralmente é impraticável no meio rural, considerando principalmente os altos custos envolvidos com a construção da rede coletora e dos sistemas de tratamento. Para esses casos, são indicadas as soluções individuais construídas em cada domicílio.

Dentre as diversas soluções individuais de esgotamento existentes, optou-se por apresentar tecnologias sociais, que são metodologias, técnicas ou produtos desenvolvidos em interação com a comunidade, cujo objetivo é resolver problemas sociais ali existentes (EMATER, 2018). Além de serem acessíveis financeiramente, as tecnologias sociais buscam a participação coletiva no processo de organização, desenvolvimento, implementação e disseminação da tecnologia, o que está alinhado aos objetivos do CBH Rio das Velhas e SCBH Nascentes.

No total, foram analisadas três alternativas sob os aspectos de construção, operação, manutenção e impactos ambientais. Foram selecionadas duas tecnologias sociais certificadas pelo Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social e uma tecnologia convencional, regulamentada por Normas Brasileiras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

#### 3.1 FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA MODELO EMBRAPA

##### 3.1.1 Descrição geral

A fossa séptica biodigestora é um sistema de tratamento de esgotos domésticos desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na unidade de Instrumentação Agropecuária de São Carlos-SP, com o objetivo de substituir as fossas rudimentares, que são potenciais fontes de contaminação dos solos e águas subterrâneas comumente encontradas em propriedades rurais (GALINDO et al., 2010).

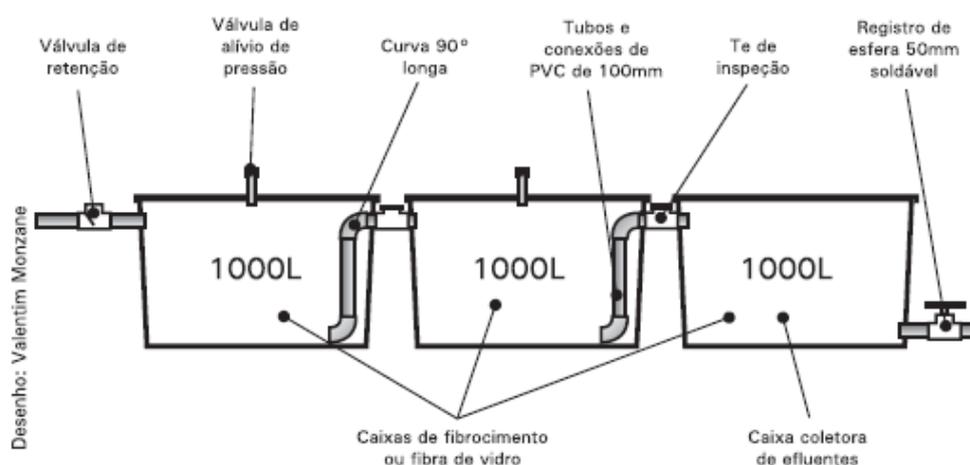
Este sistema é uma tecnologia social que pode ser construída pela própria comunidade utilizando materiais de fácil acesso e baixo custo. Destaca-se que em 2003, esta tecnologia conquistou o Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social, recebendo R\$ 1,8 milhão que foram utilizados para a implantação de 1.200 unidades em dez municípios nos estados de Goiás e Minas Gerais. Essa alternativa é voltada apenas para o tratamento dos efluentes provenientes do vaso sanitário e não deve ser utilizada para o tratamento de águas cinzas – demais efluentes oriundos de pias e chuveiros. Portanto, sugere-se a utilização do círculo de bananeiras junto à fossa séptica biodigestora para o tratamento das águas cinzas, que será detalhado no item 3.1.5.

A fossa séptica biodigestora é composta por três caixas d'água de 1.000 litros conectadas em série por tubos e conexões de PVC, que recebem os esgotos exclusivamente dos vasos sanitários. Nesse tipo de sistema o tratamento ocorre por meio da atividade de bactérias anaeróbias presentes, as quais são responsáveis pelo processo de biodigestão – decomposição da matéria orgânica contida nos esgotos, transformando-a em biogás e efluente inodoro estabilizado, o que significa que os nutrientes presentes se encontram mineralizados e, portanto, podem ser aproveitados pelas plantas. No processo de biodigestão, ocorrem as fases de hidrólise enzimática, ácida e metanogênica, causando variação na temperatura do efluente e resultando na eliminação de grande parte dos patógenos presentes (NOVAES et al., 2002). Ressalta-se que os sistemas anaeróbios de tratamento de efluentes domésticos apresentam baixa produção de lodo (CHERNICHARO, 2007).

O processo de biodigestão ocorre nas duas primeiras caixas d'água, cujas tampas devem ser vedadas com borracha, mantendo o ambiente anaeróbio e, com isso, favorecendo a prevalência de microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica. A terceira caixa, por sua vez, é utilizada para coletar o adubo orgânico. As duas primeiras caixas são acrescidas de uma válvula de alívio da pressão causada pelo biogás formado, que consiste em um tubo de PVC de ½ polegada ligado por um flange à tampa da caixa d'água e fechado por um cap com dois ou três furos de 1mm (GALINDO et al., 2010).

As caixas podem ser feitas de fibrocimento ou fibra de vidro, que oferecem maior resistência à deformação que aquelas de polietileno. Estas caixas d'água são

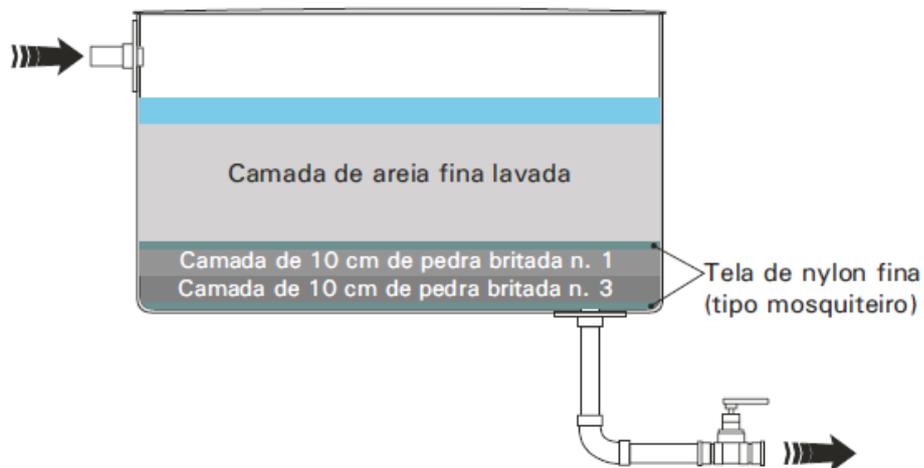
conectadas por tubulação de PVC de diâmetro de 100mm, com tês de inspeção entre elas e curvas longas de 90° em seus interiores. Os tubos e conexões devem ser vedados nas junções com as caixas com cola de silicone e o sistema deve ser enterrado no solo para promover o isolamento térmico (NOVAES et al., 2002). A coleta do efluente tratado é feita por meio do registro de esfera de 50mm instalado na caixa coletora. A Figura 18 mostra um esquema do sistema.



**Figura 18 - Fossa séptica biodigestora modelo Embrapa**

Fonte: GALINDO et al. (2010)

Caso se deseje utilizar o efluente tratado apenas para irrigação, é possível montar um filtro de areia na caixa coletora, para remoção do excesso de matéria orgânica, como mostra a Figura 19. Este efluente deve ser utilizado somente no solo, em culturas nas quais o líquido não entre em contato com o alimento.



**Figura 19 - Filtro de areia na caixa coletora para remoção do excesso de matéria orgânica**

Fonte: GALINDO et al. (2010)

Segundo Costa e Guilhoto (2014), a eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da fossa séptica biodigestora modelo Embrapa é estimada em 65%.

### 3.1.2 Operação e manutenção

Inicialmente, deve ser adicionada na primeira caixa 20 L de uma mistura de 50% de esterco bovino fresco e 50% de água, por meio da válvula de retenção. Esse procedimento contribui para o aumento da atividade microbiana e deve ser repetido a cada 30 dias.

A fossa séptica biodigestora depende da atividade de microrganismos e, portanto, há certos cuidados que devem ser tomados para a manutenção dos processos de biodigestão. O sistema não deve receber águas residuárias provenientes da pia e do chuveiro, pois a presença de sabões e detergentes em grandes quantidades é nociva à população de bactérias. Da mesma forma, deve haver cuidado com os produtos químicos utilizados para limpeza dos vasos sanitários. Podem ser utilizados álcool, sabões e detergentes em quantidades moderadas, porém não devem ser usados produtos que contenham cloro (GALINDO et al., 2010). Dessa forma, sugere-se a adoção do uso do círculo de bananeiras associado às fossas sépticas biodigestoras, cuja descrição está apresentada no item 4.1.5.

Outro ponto a ser considerado é a quantidade de água utilizada em cada descarga. O excesso de água dilui o esgoto e diminui sua permanência no sistema de tratamento, afetando a eficiência da biodigestão. Para a manutenção adequada do sistema, é recomendado que se utilize de 6 a 8 litros por descarga e nunca mais de 10 litros (GALINDO et al., 2010). Sugere-se o uso de descargas de caixa acoplada, que são mais econômicas quando comparadas às válvulas hydra (descargas de parede).

A manutenção da fossa séptica biodigestora consiste na adição da mistura de água e esterco bovino fresco a cada 30 dias por meio da válvula de retenção e na capina de vegetação nos arredores do sistema, a fim de favorecer a incidência de sol nas caixas d'água de forma a manter a temperatura adequada para os processos de biodigestão no interior das caixas.

Para a manutenção do círculo de bananeiras, é necessário realizar a limpeza da caixa de gordura uma vez ao ano.

Recomenda-se a instalação de cercas ao redor do sistema, para evitar o acesso de pessoas e animais e a danificação das tampas das caixas d'água. Portanto, é preciso manter o cercamento do sistema em boas condições.

### 3.1.3 Dimensionamento

Em uma residência com até cinco moradores, o sistema de fossa séptica biodigestora deve ser composto por no mínimo três caixas d'água de 1.000 litros cada. Para residências com mais moradores, o volume total das caixas deve seguir a proporção de 600 L/pessoa e mínimo de três caixas em série. Por exemplo, para uma família de 10 (dez) moradores, podem ser utilizadas seis caixas de 1.000 litros ou três caixas de 2.000 litros (GALINDO et al., 2010).

Constata-se que apenas uma residência na comunidade de Maciel possui mais de cinco moradores, sendo esta uma residência com oito pessoas. Além disso, há a UBS e o Centro Comunitário, para os quais foi considerado um único sistema na mesma configuração da fossa biodigestora para oito pessoas. Para esses dois casos, o volume necessário foi considerado igual a 4800 L. No entanto, constatou-se ser mais econômico o uso de três caixas d'água de 2000 L do que a adoção de cinco caixas de 1000 L.

Para as propriedades sem informação a respeito do número de moradores, foi considerada a composição mínima do sistema, que atende até cinco pessoas.

Como esta solução não é apropriada para as casas de finais de semana, estas foram desconsideradas para o dimensionamento destes sistemas e serão analisadas outras soluções para seu atendimento.

A fossa séptica biodigestora é adequada para o total de 30 das 35 propriedades cadastradas da comunidade que não possuem destinação adequada para os efluentes domésticos. O quantitativo de fossas biodigestoras é apresentado na Tabela 3 a seguir.

**Tabela 3 - Quantitativo de fossas sépticas biodigestoras**

Habitantes	Volume de cada caixa d'água (L)	Volume total de cada sistema (L)	Nº de caixas d'água	Área requerida (m <sup>2</sup> )	Número de propriedades
Até 5	1000	3000	84	8,55	28
8 e UBS	2000	6000	6	14,40	2

### 3.1.4 Limitações

Uma das limitações da fossa biodigestora modelo Embrapa é o tratamento restrito aos efluentes provenientes de vaso sanitário, tornando-se necessária a separação das tubulações e instalação de tratamento complementar para águas cinzas. No presente relatório foi analisada a utilização da fossa biodigestora modelo Embrapa associada ao círculo de bananeiras.

A fossa biodigestora não é recomendada para propriedades que são utilizadas apenas aos finais de semana, uma vez que o processo de biodigestão realizado pelas bactérias anaeróbias depende da entrada regular de matéria orgânica no sistema. Portanto, se houver pouca matéria orgânica, ou em frequência irregular, haverá declínio da quantidade de bactérias e conseqüentemente da eficiência da biodigestão (GALINDO et al., 2010).

Quanto ao local de construção, este sistema de tratamento não pode ser instalado em áreas alagáveis, em razão do risco de inundação das unidades que pode gerar contaminação do solo e cursos d'água. Adicionalmente, mesmo não havendo infiltração de efluentes no solo, a fossa séptica biodigestora não deve ser instalada onde o nível o lençol freático for muito alto, pois o contato da água com as caixas d'água pode diminuir a temperatura do sistema, afetando os processos de biodigestão que ocorrem na faixa ideal de 30°C a 37°C (GALINDO et al., 2010). Na Comunidade de Maciel, no entanto, as residências mais próximas de cursos d'água estão localizadas a cerca de 20 m do Córrego do Andaime, e não há relatos de alagamentos recentes. Portanto, considerou-se que as residências cadastradas encontram-se em local apropriado para construção desse sistema de tratamento de efluentes.

Outra possível limitação é a aceitação do sistema pela comunidade, que deve estar disposta a se comprometer com a operação e manutenção adequada da fossa biodigestora para garantir seu bom funcionamento. Adicionalmente, é importante

garantir a aceitação da comunidade quanto à separação das redes de águas cinzas e águas negras.

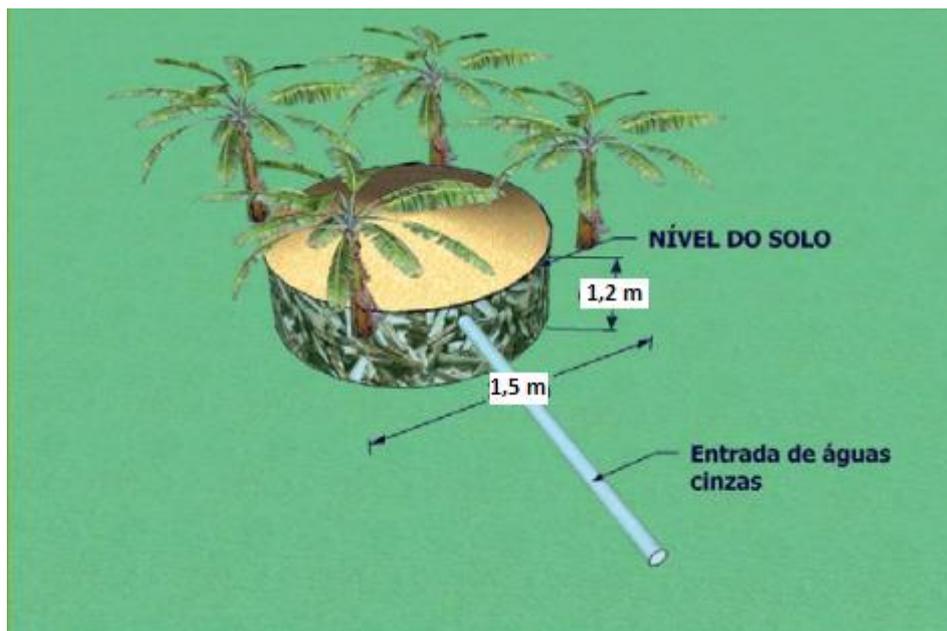
### **3.1.5 Destinação das águas cinzas**

As águas cinzas são águas residuárias residenciais provenientes de lavatórios, pias de cozinha, banheiras, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa. Este efluente é composto principalmente por sabões e outros produtos de limpeza, além de gorduras e óleos originados na cozinha (MAY, 2008).

Uma vez que a fossa séptica biodigestora não deve receber águas cinzas, é necessário adotar uma disposição adequada para estes efluentes.

O círculo de bananeiras é uma solução que vem sendo recomendada pela Emater-MG para tratamento desses efluentes rurais, pela depuração através da infiltração no solo e evapotranspiração. Consiste em uma vala escavada de 1,5 m de diâmetro e 1,2 m de profundidade, preenchida por uma primeira camada de troncos pequenos ou tocos de madeira até a altura de 40 cm, seguida de uma camada de 30 cm de altura de gravetos e madeiras finas. Sua superfície é coberta com palhas de forma que fique abaulada (EMATER-MG, 2018).

Em torno desta vala são plantadas de 4 a 6 bananeiras, a uma distância de cerca de 60 cm. Essas espécies se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica e evapotranspiram grandes quantidades de água (LEAL, 2016). Na Figura 20 está representada a estrutura do círculo de bananeiras.



**Figura 20 - Esquema de um círculo de bananeiras**

Fonte: LEAL (2016)

Devido à composição das águas cinzas, é necessária a instalação de uma caixa de gordura antes da disposição destas no círculo de bananeira. As águas cinzas são então direcionadas ao círculo de bananeiras por meio de uma tubulação de esgoto de diâmetro igual a 100mm. Nas Figuras 21 e 22, é mostrado o processo construtivo do círculo de bananeiras.

A área necessária para implantação de um círculo de bananeiras foi estimada em 7,3 m<sup>2</sup>, com dimensões 2,7 m x 2,7 m. As propriedades cadastradas possuem em média 700 m<sup>2</sup>, sendo que o menor terreno possui área de 240 m<sup>2</sup>, portanto existe área suficiente para a implantação do sistema em questão. Como mencionado anteriormente, o tipo de solo predominante na Comunidade de Maciel é latossolo vermelho-amarelo distrófico, que é apropriado para a implantação dos círculos de bananeira por serem solos porosos ou muito porosos, constituídos de argilas arenosas ou siltosas (AGEITEC, 2018).



**Figura 21 - Bananeiras plantadas ao redor do círculo escavado**

Fonte: LEAL (2016)



**Figura 22 - Círculo de bananeiras totalmente preenchido com palha**

Fonte: LEAL (2016)

Dentre as vantagens do círculo de bananeiras, destaca-se a recarga do lençol freático e a possibilidade do uso da água para irrigação, uma vez que a água encaminhada para o sistema é utilizada pelas bananeiras e por outras espécies vegetais que podem ser plantadas ao redor do círculo, eliminando a necessidade de irrigação dessas espécies (LEAL, 2016).

Estima-se que um círculo de bananeiras seja suficiente para atender à uma família de até cinco pessoas. Para residências com mais de cinco habitantes, é necessário construir outro círculo de bananeiras em paralelo ao primeiro. Na Tabela 4 está

apresentado o quantitativo total de círculos para complementar o tratamento por meio da fossa séptica biodigestora. Destaca-se que foi adicionado um círculo de bananeiras para a Fazenda Conta História, que possui quatro habitantes. Atualmente, essa propriedade utiliza uma fossa séptica biodigestora modelo Embrapa e disposição das águas cinzas diretamente no solo.

**Tabela 4 - Quantitativo de círculos de bananeiras**

Habitantes	Unidades por residência	Quant. de residências
Até 5	1	29
8 e UBS	2	2
<b>TOTAL</b>	<b>33 unidades</b>	

Para a manutenção adequada do círculo de bananeiras, as águas cinzas não podem conter excesso de detergentes. Podem ser utilizados álcool, sabões e detergentes em quantidades moderadas (o mínimo necessário); porém, não devem ser usados produtos que contenham cloro.

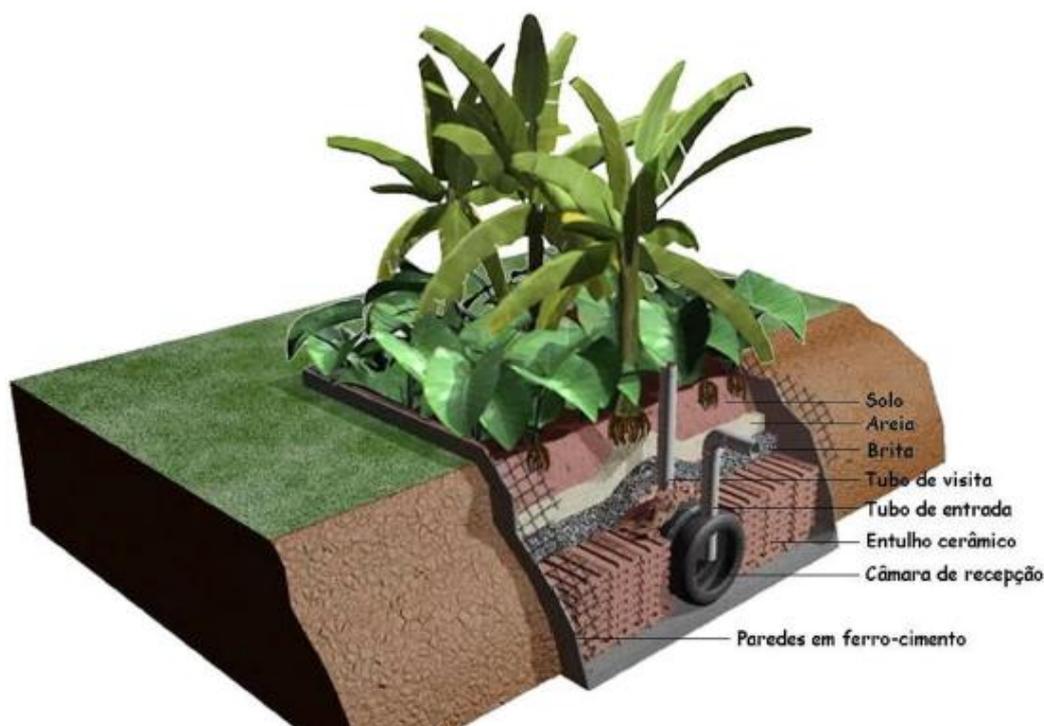
## 3.2 TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO

### 3.2.1 Descrição geral

O Tanque de Evapotranspiração – TEvap ou fossa ecológica – é uma tecnologia social para o tratamento dos efluentes do vaso sanitário (águas negras) no meio rural. É uma solução certificada pela Fundação Banco do Brasil e apresenta viabilidade técnica, financeira e facilidade operacional (EMATER-MG, 2018), além de grande potencial na composição paisagística de quintais e espaços públicos. Os custos de implantação do TEvap podem ser inferiores aos de implantação de um sistema de fossa séptica e sumidouro, dependendo dos materiais adotados (GALBIATI, 2009).

O TEvap consiste em um tanque retangular com paredes e fundo impermeabilizados, construídos em ferro-cimento. Dentro deste, é construída uma câmara cilíndrica utilizando-se pneus ou blocos cerâmicos furados, na qual ocorre a entrada dos efluentes. A camada inferior do tanque é, então, preenchida com camadas de entulho de construção (tijolo, telhas, pedras). A segunda camada é preenchida com brita e a terceira, com areia. A última camada é preenchida com solo, na qual são plantadas bananeiras ou outras espécies vegetais que apresentam altas taxas de

evapotranspiração (EMATER-MG, 2018). Na Figura 23 está apresentado um esquema de implantação do TEvap.



**Figura 23 - Corte em perspectiva do TEvap**

Fonte: GALBIATI (2009)

Adicionalmente, recomenda-se a instalação de um tubo ladrão, posicionado 10 cm abaixo da altura do solo nas laterais, para encaminhar os possíveis extravasamentos para o círculo de bananeiras. Galbiati (2009) relata que extravasamentos são raros quando o sistema é dimensionado adequadamente e estão relacionados à entrada de águas pluviais. Para evitar o escoamento de águas pluviais para dentro do sistema, deve ser feita uma vala ao redor do tanque ou uma borda (cerca de 10 cm de altura) de tijolos ou blocos de concreto ao seu redor (EMATER-MG, 2018). Para evitar a contaminação de águas superficiais, não se recomenda a construção do TEvap em áreas alagáveis. Na Comunidade de Maciel, no entanto, as residências mais próximas de cursos d'água estão localizadas a cerca de 20 m do Córrego do Andaime, e não há relatos de alagamentos recentes.

Sistemas plantados construídos para o tratamento de esgotos já são bastante difundidos em diversas partes do mundo. No entanto, quando se tratam de águas

negras, que possuem alta concentração de patógenos e alta carga de matéria orgânica e sólidos, é necessário adicionar a esses sistemas uma etapa de pré-tratamento para redução da matéria orgânica e sólidos, além de uma etapa de pós-tratamento, para remoção do excesso de nutrientes e patógenos. O TEvap dispensa essas etapas, pois funciona como uma câmara de digestão anaeróbia em sua parte inferior e como um filtro de fluxo ascendente nas camadas superiores (GALBIATI, 2009).

O tratamento das águas negras ocorre por precipitação e sedimentação de sólidos e posterior digestão anaeróbia dentro da câmara de pneus. Conforme relatado anteriormente, os sistemas anaeróbios de tratamento de efluentes domésticos apresentam baixa produção de lodo (CHERNICHARO, 2007), sendo desnecessária sua disposição, assim como a fossa séptica biodigestora modelo Embrapa.

Em suma, o funcionamento do sistema ocorre da seguinte forma: conforme o efluente ascende em direção à superfície, os processos anaeróbios e facultativos se reduzem e dão lugar aos processos aeróbios de digestão da matéria orgânica, devido à maior presença de oxigênio. Ao atingir a camada de solo, a água e os nutrientes contidos no efluente são aproveitados pelas plantas, que realizam a evapotranspiração. Em condições normais de funcionamento, o efluente deve ser totalmente absorvido e evapotranspirado pelas plantas – não há, portanto, saída de efluente nesse caso (EMATER-MG, 2018; GALBIATI, 2009).

Como não há saída de efluente tratado desse sistema, não é possível aplicar o conceito de eficiência de tratamento como remoção da DBO.

### **3.2.2 Operação e manutenção**

A operação do TEvap pode ser prejudicada se forem utilizados detergentes em excesso e produtos à base de cloro para a limpeza das bacias sanitárias. Podem ser utilizados álcool, sabões e detergentes em quantidades moderadas (o mínimo necessário), porém não devem ser usados produtos que contenham cloro.

A superfície do TEvap deve ser mantida abaulada, a fim de evitar o alagamento com a ocorrência de chuvas. Folhas, palhas, aparas e podas podem ser colocadas sobre o tanque para a manutenção de uma cobertura mais alta no centro, acima do nível da

borda, transportando assim as águas de chuva para fora do sistema (EMATER-MG, 2018).

Para a manutenção do círculo de bananeiras, é necessário realizar a limpeza da caixa de gordura a cada seis meses.

Adicionalmente, é importante manter a área ao redor do TEvap sem árvores altas para permitir a ventilação e a incidência do sol, favorecendo a evapotranspiração.

### 3.2.3 Dimensionamento

Segundo informações da Emater-MG (2018), o volume necessário para o tratamento adequado dos efluentes sem que haja extravasamentos é de 2 m<sup>3</sup> por morador. A largura do tanque deve ser de 2 m por 1 m de profundidade, variando-se o comprimento em 1 m para cada habitante.

Foram dimensionados três tipos de TEvap – para até quatro, cinco ou oito habitantes – este último também para a UBS e centro comunitário. Para as residências sem informações sobre o número de habitantes, considerou-se o menor tamanho – para até quatro habitantes.

Como esta solução não é apropriada para as casas de finais de semana, estas foram desconsideradas para o dimensionamento destes sistemas e será analisada outra solução para seu atendimento.

O TEvap é adequado para o total de 30 das 35 propriedades cadastradas da comunidade que não possuem destinação adequada para os efluentes domésticos. O resumo do dimensionamento desse sistema é apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5 - Dimensionamento dos tanques de evapotranspiração**

Quant. Habitantes	Comprimento (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Quant. Propriedades
Até 4	4	8	25
5	5	10	3
8 e UBS/centro comunitário	8	16	2

### 3.2.4 Limitações

Uma das limitações do TEvap é que esse sistema pode receber somente águas negras, sendo necessário a construção de outro sistema para o recebimento de águas cinzas. No presente relatório foi analisada a utilização do TEvap associado ao círculo de bananeiras.

Outra limitação pode ser a disponibilidade de área necessária, embora no meio rural os terrenos são maiores que no meio urbano – na própria Comunidade de Maciel, as propriedades cadastradas possuem em média 700 m<sup>2</sup>, sendo que o menor terreno possui área de 240 m<sup>2</sup>, o que deve ser suficiente para acomodar o sistema em questão.

Quanto à presença de patógenos, Galbiati (2009) analisou amostras de solo retiradas de dentro de um TEvap a profundidades de 10 cm, não sendo detectada a presença de nenhum tipo de patógeno. No entanto, na análise de fase líquida do interior do tanque e do efluente final nas camadas inferiores ao solo, foram encontrados ovos de helmintos e *Escherichia coli*, não sendo recomendada, portanto, a retirada do efluente para irrigação.

### 3.2.5 Destinação das águas cinzas

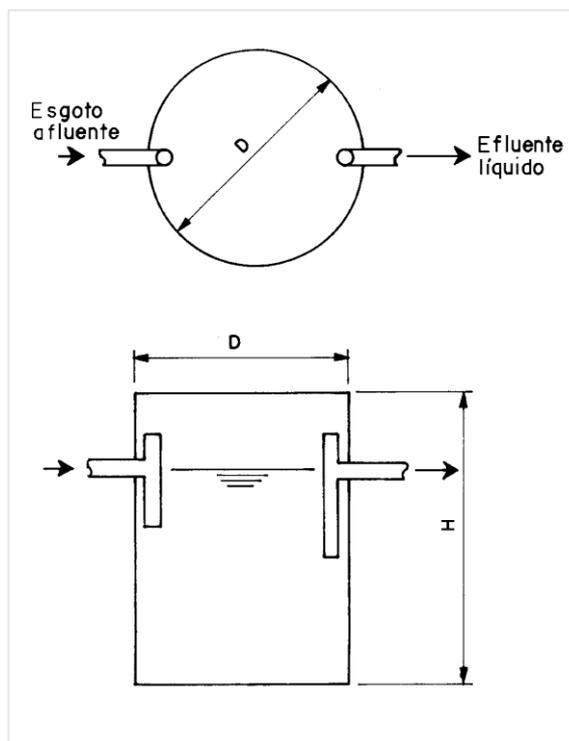
Assim como a fossa séptica biodigestora, o TEvap necessita de uma solução complementar para a disposição das águas cinzas. Propõe-se a adoção do círculo de bananeiras, anteriormente detalhado no item 3.1.5.

### 3.3 FOSSAS SÉPTICAS E TRATAMENTOS COMPLEMENTARES

#### 3.3.1 Descrição geral

Sistemas individuais de tratamento de esgotos domésticos com fossas sépticas são bastante difundidos. São opções seguras, uma vez que existem Normas Brasileiras (NBR) aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT para o dimensionamento e construção destes sistemas. Em comparação com as fossas biodigestoras modelo Embrapa e o tanque de Evapotranspiração, os sistemas com fossa séptica tradicionais podem receber tanto as águas negras quanto as águas cinzas. Adicionalmente, podem ser implementados em regiões de terreno acidentado e não requerem grandes áreas, além de poderem ser construídos a partir de materiais acessíveis (PIMENTEL; DE PAULA; BORGES, 2014). A NBR 7229 (ABNT, 1993) estabelece a construção dos tanques em alvenaria de tijolo inteiro ou por concreto armado moldado no local, além de ser possível a utilização de anéis de concreto armado, componentes de poliéster armado ou chapas metálicas revestidas.

A fossa séptica – ou tanque séptico – é uma unidade de pré-tratamento de esgotos, na qual ocorrem os processos de sedimentação de sólidos suspensos, flotação e digestão da matéria graxa e sólidos em mistura com gases (escuma) em sua parte superior e acúmulo e digestão do lodo sedimentado em sua porção inferior (ABNT, 1993). Um esquema de fossa séptica cilíndrica é apresentado na Figura 24.



**Figura 24 - Tanque séptico circular de câmara única**

Fonte: ABNT (1993)

A fossa séptica deve ser construída a no mínimo 1,50 m de limites de terreno, sumidouros e edificações; 3 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água; e 15,0 m de poços freáticos e corpos d'água de qualquer natureza (ABNT, 1993).

O efluente do tanque séptico pode ser tratado posteriormente por uma unidade complementar, seguido da disposição final, que pode ser em um curso d'água ou no solo.

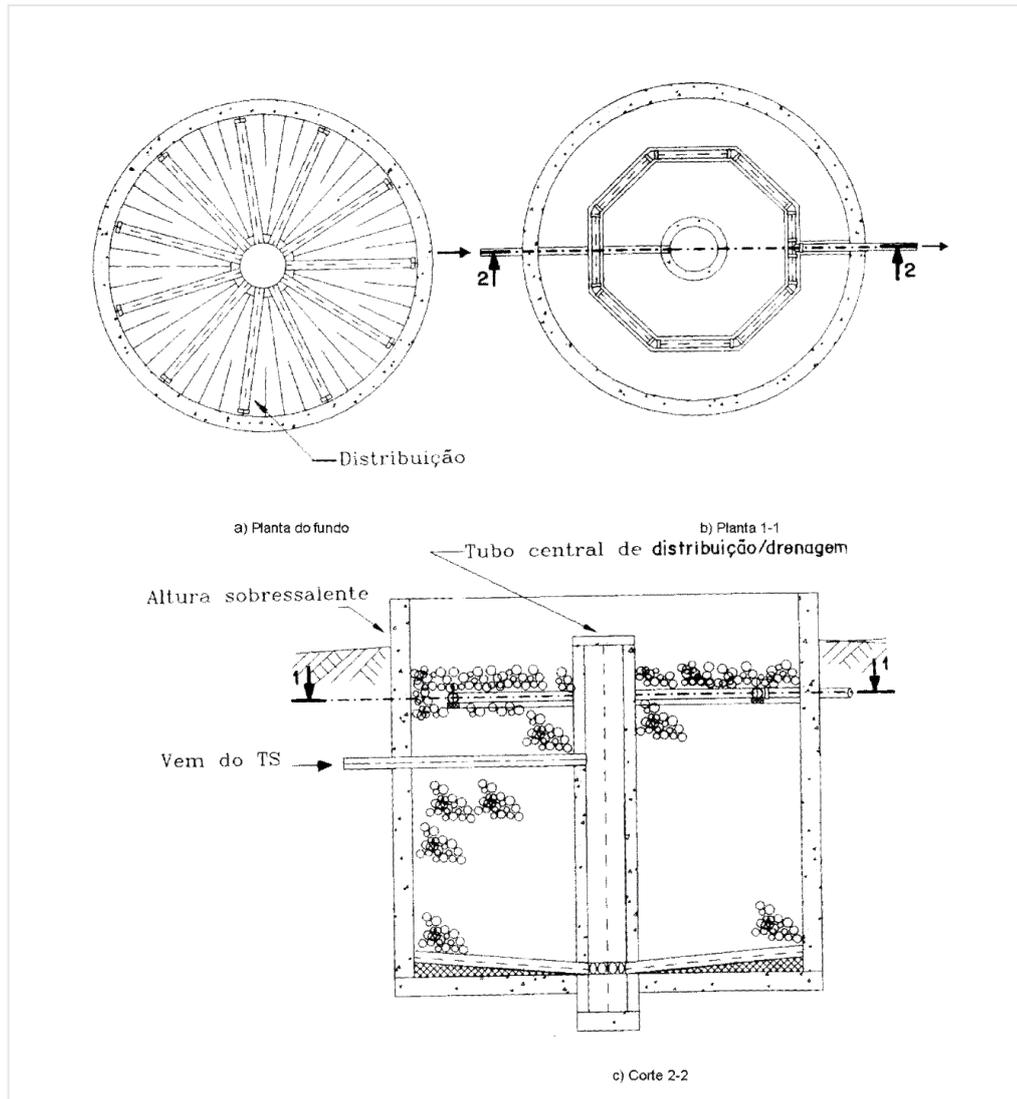
A NBR 13969 (ABNT, 1997) é a norma que trata do dimensionamento, construção e operação das unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos após o pré-tratamento no tanque séptico. Os sistemas de pós-tratamento apresentados nesta NBR são filtro anaeróbio, filtro anaeróbio submerso, filtro de areia, vala de filtração, lodo ativado por batelada (LAB) e lagoa com plantas. A Tabela 6 apresenta uma comparação das características destes processos. Visto que o filtro anaeróbio é a solução que apresenta menor área necessária, operação simples e custo operacional reduzido, esta foi a solução escolhida para o pós-tratamento.

**Tabela 6 - Comparação de processos de pós-tratamento de efluente de tanque séptico**

	<b>Filtro anaeróbio</b>	<b>Filtro aeróbio</b>	<b>Filtro de areia</b>	<b>Vala de filtração</b>	<b>LAB</b>	<b>Lagoa com plantas</b>
<i>Área necessária</i>	Reduzida	Reduzida	Média	Média	Média	Média
<i>Operação</i>	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples	Simples
<i>Custo operacional</i>	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo
<i>Manutenção</i>	Simples	Simples	Simples	Simples	Média	Simples
<i>Odor/cor no efluente</i>	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
<i>Eficiência de remoção de DBO</i>	40-75%	60-95%	50-85%	50-80%	70-95%	70-90%

Fonte: ABNT (1997)

O filtro anaeróbio consiste em um reator biológico de fluxo ascendente, composto por uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submerso – brita, peças de plástico ou outros materiais resistentes ao meio agressivo – onde ocorre o processo de digestão anaeróbia. Outra configuração possível é o filtro anaeróbio totalmente preenchido com meio filtrante (Figura 25).



**Figura 25 - Esquema de filtro anaeróbio**

Fonte: ABNT (1997)

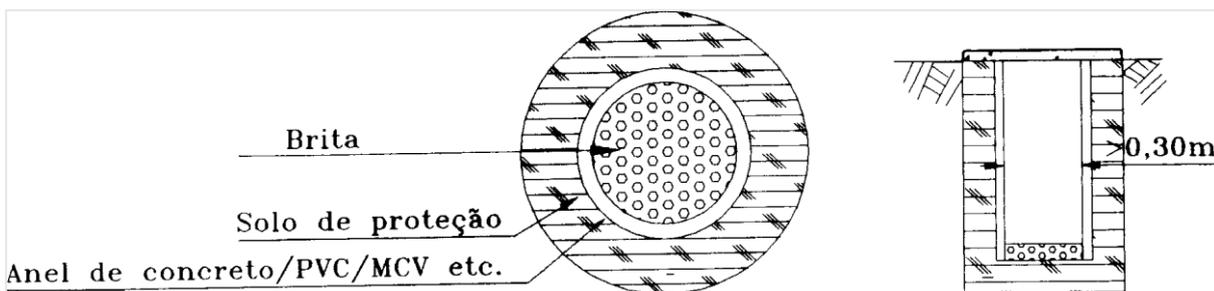
Para a disposição final do efluente, as opções apresentadas na NBR 13969 são a vala de infiltração, sumidouro, canteiro de evapotranspiração, galeria de águas pluviais, lançamento em corpos d'água e reuso. A Tabela 7 apresenta uma comparação entre os sumidouros, valas de infiltração e canteiros de evapotranspiração aplicados a pequenas comunidades.

**Tabela 7 - Comparação entre alternativas de disposição no solo de efluentes de fossas sépticas para pequenas comunidades**

Características		Sumidouro	Valas de Infiltração	Canteiro de Evapotranspiração
<i>Área necessária para implantação</i>		Pequena	Grande	Grande
<i>Custo de investimento por hab. (exceto custo do terreno)</i>		Médio	Grande	Grande
<i>Custo de operação e manutenção</i>		Pequeno	Pequeno	Médio
<i>Confiabilidade</i>		Média	Média	Média
<i>Necessidade de mão de obra para operação</i>		Muito eventual, não especializada	Muito eventual, não especializada	Eventual, não especializada
<i>Requerimento de energia para operação</i>		Não	Não	Sim
<i>Produção de lodo a ser disposto</i>		Sim	Sim	Sim
<i>Potencial de reaproveitamento de subprodutos</i>		Não	Não	Sim
<i>Remoção de nutrientes</i>		Não	Não	Sim
<i>Presença de patógenos no efluente</i>	<i>Vírus</i>	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)
	<i>Bactérias</i>	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)
	<i>Protozoários</i>	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)
	<i>Vermes</i>	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)	Não há efluente propriamente dito (Infiltração no solo)

Fonte: Adaptado de GASI (1988) apud PIMENTEL et al. (2014)

Observa-se que o sumidouro apresenta menor custo de investimento por habitante e área necessária quando comparado à vala de infiltração e ao canteiro de evapotranspiração, portanto esta foi a forma de disposição final selecionada. O sumidouro consiste em um poço escavado no solo que se destina à depuração e disposição final dos esgotos (Figura 26).



**Figura 26 - Esquema de sumidouro com proteção - Planta e corte**

Fonte: ABNT (1997)

Optou-se por um sistema composto por pré-tratamento (fossa séptica), tratamento complementar (filtro anaeróbio) e disposição final no solo (sumidouro), de modo a assegurar a máxima eficiência na remoção de matéria orgânica.

### 3.3.2 Operação e manutenção

A operação do sistema proposto deve ser iniciada com a verificação da estanqueidade da fossa séptica. Adicionalmente, deve ser realizada a amostragem e análise quinzenal do afluente e efluente do sistema, até que este alcance estabilidade operacional, ou seja, até que atinja eficiência satisfatória que se mantenha estável. Posteriormente, deve ser realizado o monitoramento trimestral do desempenho do sistema, para verificação da eficiência do tratamento e grau de poluição causado. Para análise do efluente disposto no solo, devem ser feitas amostragens a partir de poços ou cavas escavados em volta dos sumidouros, em profundidades distintas, por meio de amostras compostas não proporcionais. Os parâmetros a serem analisados são nitrato, pH, *Escherichia Coli* e vírus (ABNT, 1997).

Não devem ser encaminhados à fossa séptica águas pluviais, de piscina ou provenientes de lavagem de reservatório de água. A limpeza da fossa séptica com retirada do lodo e espuma deve ser realizada uma vez por ano, por profissionais especializados que disponham de equipamentos adequados. Parte do lodo – cerca de 10% do volume total – deve ser deixado no fundo da fossa (ABNT, 1993).

O filtro anaeróbio deve ser limpo quando houver colmatação do leito filtrante. Para a limpeza desta unidade, deve ser lançada água sobre a superfície do leito filtrante, com posterior drenagem. Não deve ser feita uma lavagem completa do filtro, pois a retirada total do biofilme implica na redução da eficiência dos processos de biodigestão que

ocorrem nessa unidade e em um tempo maior para que o sistema alcance sua máxima eficiência posteriormente (ABNT, 1997).

Quando for constatada a colmatação do sumidouro, suas paredes internas devem ser expostas ao ar livre durante pelo menos seis meses para que a capacidade infiltrativa seja recuperada.

### 3.3.3 Dimensionamento

O dimensionamento dos sistemas em questão foi realizado de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993) e NBR 13969 (ABNT, 1997).

#### 3.3.3.1 Fossa séptica

Optou-se pelas fossas sépticas cilíndricas feitas de anéis de concreto, que facilitam o processo construtivo. O volume útil foi calculado de acordo com a Equação 1 a seguir.

$$V = 1000 + N(CT + K \cdot Lf) \quad \text{(Equação 1)}$$

Na qual:

- ✓ V = volume útil [L];
- ✓ N = número de pessoas ou unidades de contribuição;
- ✓ C = contribuição de despejos [L/pessoa x dia] – foram consideradas residências de padrão médio, de C = 130 L/pessoa x dia;
- ✓ T = período de retenção hidráulica, em dias – foi considerado o período de 1 dia;
- ✓ K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco – foi considerado o período de limpeza de um ano e K = 65, de acordo com a temperatura ambiente média do local;
- ✓ Lf = contribuição de lodo fresco [L/pessoa x dia] – foi considerado Lf = 1 L/pessoa x dia.

Para atender à UBS e ao centro comunitário, foi adotada a contribuição de esgotos de 480L/unidade x dia para cada bacia sanitária, valor adotado para sanitários públicos (apenas de acesso aberto ao público, como por exemplo estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo) (ABNT, 1997), sendo uma bacia para cada edificação. A contribuição de lodo fresco (Lf) corresponde a 4 L/unidade x

dia, totalizando 8,0 L. Visto que são duas edificações muito próximas (cerca de 8 m de distância) e de uso público, foi dimensionado apenas um sistema para atendimento de ambas.

A partir do cadastro de moradores da comunidade, foram calculados três tipos de fossas: para até quatro, cinco e oito pessoas. Na Tabela 8 está apresentado o quantitativo e dimensões de cada tipo de fossa.

**Tabela 8 - Dimensionamento das fossas sépticas**

Habitantes	Volume útil (m³)	Altura (m)	Quant. Anéis	Diâmetro (m)	Quant. propriedades
Até 4	1,8	1,0	2	1,5	30
5	2,3	2,0	4	1,2	3
8 e UBS	2,7	1,5	3	1,5	2**

\*\* Observação: foi dimensionado um sistema para as duas propriedades.

### 3.3.3.2 Filtro Anaeróbio

O filtro selecionado foi do tipo anaeróbio de leito fixo com fluxo ascendente, totalmente preenchido de meio filtrante, construído com anéis de concreto. O dimensionamento foi feito de acordo com a Equação 2 a seguir:

$$V_u = 1,6NCT \quad \text{(Equação 2)}$$

Na qual:

- ✓  $V_u$  = Volume útil do leito filtrante [L];
- ✓ N = número de pessoas ou unidades de contribuição;
- ✓ C = contribuição de despejos [L/pessoa x dia] – foram consideradas residências de padrão médio, de C = 130 L/pessoa x dia;
- ✓ T = período de retenção hidráulica, em dias – foi considerado o período de 1 dia;

O volume útil mínimo para o leito filtrante é de 1000 L. Entretanto, de acordo com a NBR 13969/1997 (ABNT, 1997), para residências com quatro ou menos habitantes, o volume útil obtido foi inferior a 1000 L. Portanto, foram dimensionados dois tipos de filtro (um tipo adequado para até cinco habitantes e outros tipo para oito habitantes, UBS e centro comunitário) (Tabela 9).

**Tabela 9 - Dimensionamento dos filtros anaeróbios**

Habitantes	Volume útil (m <sup>3</sup> )	Altura (m)	Quant. Anéis	Diâmetro (m)	Quant. propriedades
Até 5	1,0	1,0	2	1,2	33
8 e UBS	1,7	1,0	2	1,5	2

### 3.3.3.3 Sumidouro

A utilização do sumidouro é adequada somente se o aquífero for profundo, garantindo uma distância mínima de 1,5 m entre seu fundo e o nível máximo do lençol freático. Devido à impossibilidade de se realizar um estudo sobre o nível do aquífero na região nessa análise inicial, adotou-se o valor relatado por Freitas e Bacellar (2013) de profundidade média igual a 5,2 m, referente à uma microbacia também localizada no distrito de São Bartolomeu e na unidade geológica à qual pertence a Comunidade de Maciel (Grupo Nova Lima).

Outro parâmetro necessário para o dimensionamento dos sumidouros é a taxa de percolação da água no solo, que pode ser obtida por meio de ensaios no local. Esta foi calculada a partir do estudo de Freitas e Bacellar (2013), que encontraram o valor médio de  $3,13 \times 10^{-5}$  m/s para a taxa de infiltração básica no solo para uma microbacia na cabeceira do Córrego Jequití, próxima à área de interesse. Esse valor corresponde à uma taxa de percolação de 532,5 minutos/m. Em seguida, foi feita uma interpolação dos valores tabelados para taxa de percolação x taxa de aplicação máxima diária, dispostos na NBR 13969 (ABNT, 1997). Obteve-se então uma taxa de aplicação de efluentes de 0,057 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, absorção considerada vagarosa e característica de argilas arenosas ou siltosas (ABNT, 1993).

Foram adotados anéis de concreto armado perfurados como materiais construtivos dos sumidouros.

A carga de efluentes a serem dispostos no sumidouro foi calculada a partir do número de ocupantes de cada residência multiplicado pela contribuição de despejos (em L/pessoa x dia). Finalmente, foi calculada a área necessária para a aplicação dos efluentes gerados no solo, considerando a infiltração no fundo e nas paredes da unidade.

A altura dos sumidouros foi arredondada em função dos anéis de concreto armado possuírem 0,5 m de altura.

Devido à estrutura vertical dos sumidouros, torna-se difícil manter a condição aeróbia dentro dessas unidades e a obstrução das superfícies pode ser precoce. Portanto, dobrou-se a quantidade de sumidouros de cada residência para o revezamento da disposição de efluentes entre duas unidades. A Tabela 10 apresenta o dimensionamento dos sumidouros, realizado de acordo com os itens 5.3.1.1 a 5.3.1.7 da NBR 13969 (ABNT, 1997), realizado para solos não arenosos, tendo em vista o tipo de solo local.

**Tabela 10 - Dimensionamento dos sumidouros**

Habitantes	Área útil total* (m <sup>2</sup> )	Altura* (m)	Quant, anéis*	Unidades	Diâmetro (m)	Quant, propriedades
até 4	7,4	1,0	2	2	2,0	31
5	11,4	1,3	3	2	2,0	3
8 e UBS	18,8	2,5	5	2	2,0	2

*\*por unidade*

### 3.3.4 Limitações

O sistema fossa-filtro-sumidouro requer limpeza por mão de obra especializada, pois há necessidade de equipamentos de proteção individual para a retirada do lodo e da espuma. Há também os custos relacionados à limpeza, que poderiam ser de responsabilidade dos próprios moradores ou da Prefeitura Municipal de Ouro Preto.

Adicionalmente, é necessário lidar com disposição do lodo e espuma retirados – seria necessária a instalação de leitos de secagem para o lodo para que este pudesse ser disposto em aterro sanitário, compostagem ou campo agrícola. Ou ainda, poderia ser feito o encaminhamento para Estação de Tratamento de Esgotos – ETE. O intervalo de retirada do lodo é definido no dimensionamento do tanque séptico e para este relatório foi considerado o período de limpeza de um ano.

## 4 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

A seleção da alternativa de esgotamento sanitário mais adequada para uma comunidade envolve a análise de critérios técnicos, econômicos e sociais. A seguir, serão detalhados os critérios adotados na análise técnica das alternativas apresentadas, a avaliação econômica e a discussão e seleção da alternativa mais adequada.

### 4.1 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Os critérios analisados foram os seguintes:

Conhecimento técnico para construção: necessidade de mão de obra especializada para o processo construtivo.

Disponibilidade de materiais construtivos: disponibilidade no mercado dos materiais necessários para a construção dos sistemas.

Permeabilidade do solo necessária: necessidade do solo de ser permeável para infiltração dos efluentes.

Área requerida: se refere à área em planta necessária para implantação dos sistemas.

Distância de cursos d'água e lençol freático: distância mínima necessária entre o sistema de tratamento e os cursos d'água e distância mínima necessária entre o fundo das unidades de tratamento e o nível máximo do lençol freático.

Necessidade de insolação: necessidade da incidência de sol nos sistemas para seu funcionamento adequado.

Normatização do sistema: existência de normas que estabelecem as condições exigíveis para projeto, construção e operação dos sistemas de tratamento.

Adequação para uso intermitente: funcionamento adequado do sistema se utilizado apenas aos fins de semana.

Produção de efluentes: produção de efluentes no final do processo de tratamento.

Remoção de DBO: eficiência de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Manutenção especializada: necessidade de mão de obra especializada para manutenção dos sistemas.

Produção de lodo: necessidade de remoção periódica do lodo produzido.

Limpeza do leito filtrante: necessidade de limpeza periódica do leito filtrante.

Aproveitamento de nutrientes: reutilização dos nutrientes contidos no efluente tratado.

Risco de contaminação de águas superficiais: possibilidade de contaminação de cursos d'água próximos aos sistemas de tratamento de esgotos domésticos.

Risco de contaminação de águas subterrâneas: possibilidade de contaminação de aquíferos próximos aos sistemas de tratamento de esgotos domésticos.

Aceitação da comunidade: apropriação dos sistemas de tratamento por parte da comunidade, que deve estar disposta a aceitar a implantação, operação e manutenção do sistema escolhido. Alguns fatores que influenciam na aceitação da comunidade são os custos de implantação e manutenção, facilidade de manutenção e área ocupada pelo sistema no terreno.

Avaliação econômica: custos estimados para construção e manutenção dos sistemas propostos.

Na Tabela 11 está apresentado um comparativo das alternativas propostas, levando-se em consideração os critérios de avaliação listados acima.

**Tabela 11 – Quadro comparativo das alternativas de esgotamento sanitário para a Comunidade de Maciel**

		Fossa séptica biodigestora modelo Embrapa + círculo de bananeiras	Tanque de Evapotranspiração + círculo de bananeiras	Fossa séptica + filtro anaeróbio + sumidouro
<b>Concepção e construção</b>	<i>Conhecimento técnico para construção</i>	Pouco especializado	Pouco especializado	Muito especializado
	<i>Disponibilidade de materiais construtivos</i>	Ampla	Ampla	Ampla
	<i>Permeabilidade do solo necessária</i>	Moderada	Moderada	Moderada
	<i>Profundidade de escavação necessária (máxima)</i>	1,2 m	1,2 m	2,5 m
	<i>Área requerida</i>	15,6 – 36,0 m <sup>2</sup>	15,3 – 30,6 m <sup>2</sup>	38,0 – 41,0 m <sup>2</sup>
	<i>Distância de cursos d'água e lençol freático</i>	1,5 m (nível lençol freático) 15 m (cursos d'água)	15 m (cursos d'água)	1,5 m (nível lençol freático) 15 m (cursos d'água)
	<i>Necessidade de insolação</i>	Sim	Sim	Não
	<i>Normatização do sistema</i>	Não	Não	Sim
	<i>Adequação para uso intermitente</i>	Não	Não	Sim
	<b>Operação e manutenção</b>	<i>Produção de efluentes</i>	Sim	Não
<i>Remoção de DBO</i>		65%	Não há efluente propriamente dito	40-75% (filtro anaeróbio)
<i>Manutenção especializada</i>		Não	Não	Pouco especializada
<i>Produção de lodo</i>		Não	Não	Sim
<i>Limpeza do leito filtrante</i>		Não se aplica	Longo prazo	Anual
<b>Meio ambiente e comunidade</b>	<i>Aproveitamento de nutrientes</i>	Sim	Sim	Não
	<i>Risco de contaminação de águas superficiais</i>	Baixo	Baixo	Baixo
	<i>Risco de contaminação de águas subterrâneas</i>	Baixo	Baixo	Baixo
	<i>Aceitação da comunidade</i>	Moderada	Moderada	Boa
<b>Avaliação econômica</b>	<i>Custo de Implantação</i>	R\$ 1753,15 – R\$ 2850,00	R\$ 1034,57 – R\$ 1617,28	R\$ 2629,85 – R\$ 4614,81
	<i>Custo de Manutenção (anual)</i>	R\$ 231,00	R\$ 231,00	R\$ 679,57

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

Ressalta-se que a solução convencional (fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro) apresenta baixo risco de contaminação das águas subterrâneas apesar de envolver a infiltração de todo o efluente tratado (águas negras e águas cinzas) no solo, devido à presença de um pós-tratamento (filtro anaeróbio).

Quanto à limpeza de leitos filtrantes, ressalta-se que a fossa séptica biodigestora não necessita de filtros, a menos que o usuário não deseje utilizar o efluente tratado para irrigação de plantas. O tanque de evapotranspiração possui leito filtrante, porém não é necessário fazer sua limpeza pois sua vida útil é estimada em 15 (quinze) anos. Já o sistema convencional apresenta necessidade de limpeza anual.

Destaca-se que o fato das tecnologias sociais não serem amplamente difundidas como os sistemas convencionais, sua aceitação por parte da comunidade pode ser mais baixa. Um dos motivos é a necessidade de modificar o modo de limpeza das bacias sanitárias e áreas molhadas, sem o uso de desinfetantes com cloro. Apesar de ser bastante comum que residências rurais já possuam separação de águas cinzas, se a residência não possuir essa estrutura, pode haver mais resistência por parte de seus proprietários para adequação das instalações hidráulicas.

## **4.2 AVALIAÇÃO ECONÔMICA**

Os custos referentes à construção e manutenção das alternativas apresentadas foram estimados por meio de composição de custos com base na tabela SINAPI de janeiro de 2018, com valores desonerados para Minas Gerais.

As Tabelas 12, 13 e 14 apresentam respectivamente os orçamentos para a fossa séptica biodigestora modelo Embrapa associado ao círculo de bananeiras, tanque de evapotranspiração associado ao círculo de bananeiras e sistema fossa séptica-filtro anaeróbio-sumidouro.

**Tabela 12 - Orçamento das fossas sépticas biodigestoras**

1 FOSSA BIODIGESTORA - PARA ATÉ 5 PESSOAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço por sistema	Cód. SINAPI	Fonte
1.1	CAIXA D'ÁGUA FIBRA DE VIDRO PARA 1000 LITROS, COM TAMPAS	peça	3	R\$ 262,71	R\$ 788,13	11868	SINAPI 01/2018
1.2	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	3	R\$ 47,63	R\$ 142,89	93358	SINAPI 01/2019
1.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	metro	6	R\$ 7,81	R\$ 46,86	9836	SINAPI 01/2018
1.4	VÁLVULA DE RETENÇÃO PVC DN 100 MM, PARA ESGOTO	peça	1	R\$ 65,81	R\$ 65,81	-	Coleta de preços
1.5	CURVA LONGA PVC, PB, JE, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA ESGOTO (NBR 10569)	peça	2	R\$ 19,11	R\$ 38,22	1863	SINAPI 01/2018
1.6	LUVA DE CORRER PVC, JE, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA DE ESGOTO (NBR 10569)	peça	3	R\$ 13,93	R\$ 41,79	3833	SINAPI 01/2018
1.7	TE DE INSPECAO, PVC, 100 X 75 MM, SERIE NORMAL PARA ESGOTO PREDIAL	peça	2	R\$ 22,73	R\$ 45,46	7105	SINAPI 01/2018
1.8	ANEL BORRACHA, PARA TUBO PVC, REDE COLETOR ESGOTO, DN 100 MM (NBR 7362)	peça	10	R\$ 2,18	R\$ 21,80	303	SINAPI 01/2018
1.9	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, ÁGUA FRIA (NBR-5648)	metro	2	R\$ 2,23	R\$ 4,46	9868	SINAPI 01/2018
1.10	CAP PVC, SOLDAVEL, 25 MM, PARA ÁGUA FRIA PREDIAL	peça	2	R\$ 0,74	R\$ 1,48	1185	SINAPI 01/2018
1.11	FLANGE PVC, ROSCAVEL, SEXTAVADO, SEM FUIROS, 1"	peça	2	R\$ 6,53	R\$ 13,06	3256	SINAPI 01/2018
1.12	FLANGE PVC, ROSCAVEL, SEXTAVADO, SEM FUIROS, 2"	peça	1	R\$ 12,56	R\$ 12,56	3260	SINAPI 01/2018
1.13	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 50 MM, PARA ÁGUA FRIA (NBR-5648)	metro	1	R\$ 8,65	R\$ 8,65	9875	SINAPI 01/2018
1.14	REGISTRO DE ESFERA, PVC, COM VOLANTE, VS, ROSCAVEL, DN 2", COM CORPO DIVIDIDO	peça	1	R\$ 47,95	R\$ 47,95	11671	SINAPI 01/2018
1.15	SILICONE ACETICO USO GERAL INCOLOR 280 G	tubo	2	R\$ 9,50	R\$ 19,00	39961	SINAPI 01/2018
1.16	PERFIL DE BORRACHA EPDM MACICO *12 X 15* MM PARA ESQUADRIAS	metro	25	R\$ 8,70	R\$ 217,50	20259	SINAPI 01/2018
1.17	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, UN 15,48 POL)	tubo	1	R\$ 15,48	R\$ 15,48	20078	SINAPI 01/2018
1.18	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR	tubo	1	R\$ 13,41	R\$ 13,41	20080	SINAPI 01/2018
1.19	TINTA ASFALTICA IMPERMEABILIZANTE DISPERSA EM AGUA, PARA MATERIAIS CIMENTICIOS	litro	1	R\$ 6,15	R\$ 6,15	7319	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL FOSSA BIODIGESTORA</b>					<b>R\$ 1.550,66</b>		
2 CÍRCULO DE BANANEIRAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
2.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	1	R\$ 47,63	R\$ 47,63	93358	SINAPI 01/2018
2.2	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPAS - FORNECIMENTO E IN	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
2.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	6	R\$ 7,81	R\$ 46,86	9836	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>					<b>R\$ 202,49</b>		
3 MANUTENÇÃO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
3.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	-	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 231,00</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 1.984,15</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

## Continuação – Tabela 12 - Orçamento das fossas sépticas biodigestoras

4 FOSSA BIODIGESTORA - PARA 8 PESSOAS/UBS E CENTRO COMUNITÁRIO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço por sistema	Cód. SINAPI	Fonte
4.1	CAIXA D'AGUA FIBRA DE VIDRO PARA 2000 LITROS, COM TAMPA	peça	3	R\$ 549,45	R\$ 1.648,35	37104	SINAPI 01/2018
4.2	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	6	R\$ 47,63	R\$ 285,78	93358	SINAPI 01/2019
4.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	metro	6	R\$ 7,81	R\$ 46,86	9836	SINAPI 01/2018
4.4	VÁLVULA DE RETENÇÃO PVC DN 100 MM, PARA ESGOTO	peça	1	R\$ 65,81	R\$ 65,81		Coleta de preços
4.7	CURVA LONGA PVC, PB, JE, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA ESGOTO (NBR 10569)	peça	2	R\$ 19,11	R\$ 38,22	1863	SINAPI 01/2018
4.8	LUVA DE CORRER PVC, JE, DN 100 MM, PARA REDE COLETORA DE ESGOTO (NBR 10569)	peça	3	R\$ 13,93	R\$ 41,79	3833	SINAPI 01/2018
4.9	TE DE INSPECAO, PVC, 100 X 75 MM, SERIE NORMAL PARA ESGOTO PREDIAL	peça	2	R\$ 22,73	R\$ 45,46	7105	SINAPI 01/2018
4.10	ANEL BORRACHA, PARA TUBO PVC, REDE COLETOR ESGOTO, DN 100 MM (NBR 7362)	peça	10	R\$ 2,18	R\$ 21,80	303	SINAPI 01/2018
4.11	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648)	metro	2	R\$ 2,23	R\$ 4,46	9868	SINAPI 01/2018
4.12	CAP PVC, SOLDAVEL, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	peça	2	R\$ 0,74	R\$ 1,48	1185	SINAPI 01/2018
4.13	FLANGE PVC, ROSCAVEL, SEXTAVADO, SEM FUIROS, 1"	peça	2	R\$ 6,53	R\$ 13,06	3256	SINAPI 01/2018
4.14	FLANGE PVC, ROSCAVEL, SEXTAVADO, SEM FUIROS, 2"	peça	1	R\$ 12,56	R\$ 12,56	3260	SINAPI 01/2018
4.15	TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 50 MM, PARA AGUA FRIA (NBR-5648)	metro	1	R\$ 8,65	R\$ 8,65	9875	SINAPI 01/2018
4.16	REGISTRO DE ESFERA, PVC, COM VOLANTE, VS, ROSCAVEL, DN 2", COM CORPO DIVIDIDO	peça	1	R\$ 47,95	R\$ 47,95	11671	SINAPI 01/2018
4.17	SILICONE ACETICO USO GERAL INCOLOR 280 G	tubo	2	R\$ 9,50	R\$ 19,00	39961	SINAPI 01/2018
4.18	PERFIL DE BORRACHA EPDM MACICO *12 X 15* MM PARA ESQUADRIAS	metro	25	R\$ 8,70	R\$ 217,50	20259	SINAPI 01/2018
4.19	PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXOES COM JUNTA ELASTICA (USO EM PVC, ACO, UN 15,48 POL)	tubo	1	R\$ 15,48	R\$ 15,48	20078	SINAPI 01/2018
4.20	ADESIVO PLASTICO PARA PVC, FRASCO COM 175 GR	tubo	1	R\$ 13,41	R\$ 13,41	20080	SINAPI 01/2018
4.21	TINTA ASFALTICA IMPERMEABILIZANTE DISPERSA EM AGUA, PARA MATERIAIS CIMENTICIOS	litro	1	R\$ 6,15	R\$ 6,15	7319	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL FOSSA BIODIGESTORA</b>					<b>R\$ 2.553,77</b>		
5 CÍRCULO DE BANANEIRAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
5.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	2	R\$ 47,63	R\$ 95,26	93358	SINAPI 01/2018
5.2	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E IN	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
5.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	12	R\$ 7,81	R\$ 93,72	9836	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>					<b>R\$ 296,98</b>		
6 MANUTENÇÃO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
6.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	-	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 231,00</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 3.081,75</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

**Tabela 13 - Orçamento dos tanques de evapotranspiração**

Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M	m³	6	R\$ 8,20	R\$ 49,20	90108	SINAPI 01/2018
2	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 0 A 1,5M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	m²	8	R\$ 14,47	R\$ 115,76	94043	SINAPI 01/2018
3	PREPARO D E FUNDO D E VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA, AF 06/2016	m²	8	R\$ 3,84	R\$ 30,72	94097	SINAPI 01/2018
4	CAIXA DE PASSAGEM 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	1	R\$ 131,08	R\$ 131,08	83447	SINAPI 01/2018
5	TELA DE ARAME GALV, HEXAGONAL, FIO 0,56 MM (24 BWG), MALHA 1/2", H = 1 M	m²	16	R\$ 8,76	R\$ 140,16	10931	SINAPI 01/2018
6	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32 (SACO DE 50 KG)	saco (50kg)	2	R\$ 17,35	R\$ 34,70	10511	SINAPI 01/2018
7	CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSAS	kg	20	R\$ 0,60	R\$ 12,00	1106	SINAPI 01/2018
8	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	2	R\$ 60,00	R\$ 120,00	370	SINAPI 01/2018
9	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	1	R\$ 58,00	R\$ 58,00	4721	SINAPI 01/2018
10	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	12	R\$ 7,81	R\$ 93,72	9836	SINAPI 01/2018
11	TUBO PVC, PBV, SERIE R, DN 50 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAL (NBR 5688)	m	6	R\$ 7,15	R\$ 42,90	20068	SINAPI 01/2018
12	ACO CA-60, 4,2 MM, VERGALHAO	kg	1	R\$ 3,84	R\$ 3,84	36	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO</b>					<b>R\$ 832,08</b>		
<b>2</b>	<b>CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>						
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
2.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	1	R\$ 47,63	R\$ 47,63	93358	SINAPI 01/2018
2.2	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E INSTALAC	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
2.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	6	R\$ 7,81	R\$ 46,86	9836	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>					<b>R\$ 202,49</b>		
<b>3</b>	<b>MANUTENÇÃO</b>						
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
3.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	93358	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 231,00</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 1.265,57</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

## Continuação – Tabela 13 - Orçamento dos tanques de evapotranspiração

4 TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO - 5 PESSOAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
4.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M	m³	10	R\$ 8,20	R\$ 82,00	90108	SINAPI 01/2018
4.2	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 0 A 1,5M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	m²	10	R\$ 14,47	R\$ 144,70	94043	SINAPI 01/2018
4.3	PREPARO D E FUNDO D E VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA, AF 06/2016	m²	10	R\$ 3,84	R\$ 38,40	94097	SINAPI 01/2018
4.4	CAIXA DE PASSAGEM 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	1	R\$ 131,08	R\$ 131,08	83447	SINAPI 01/2018
4.5	TELA DE ARAME GALV, HEXAGONAL, FIO 0,56 MM (24 BWG), MALHA 1/2", H = 1 M	m²	32	R\$ 8,76	R\$ 280,32	10931	SINAPI 01/2018
4.6	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32 (SACO DE 50 KG)	saco (50kg)	2	R\$ 17,35	R\$ 34,70	10511	SINAPI 01/2018
4.7	CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSAS	kg	25	R\$ 0,60	R\$ 15,00	1106	SINAPI 01/2018
4.8	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	2,5	R\$ 60,00	R\$ 150,00	370	SINAPI 01/2018
4.9	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	1,25	R\$ 58,00	R\$ 72,50	4721	SINAPI 01/2018
4.10	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	12	R\$ 7,81	R\$ 93,72	9836	SINAPI 01/2018
4.11	TUBO PVC, PBV, SERIE R, DN 50 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAL (NBR 5688)	m	6	R\$ 7,15	R\$ 42,90	20068	SINAPI 01/2018
4.12	ACO CA-60, 4,2 MM, VERGALHAO	kg	1	R\$ 3,84	R\$ 3,84	36	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO</b>					<b>R\$ 1.089,16</b>		
5 CÍRCULO DE BANANEIRAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
5.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	1	R\$ 47,63	R\$ 47,63	93358	SINAPI 01/2018
5.2	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E INSTALAC	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
5.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	6	R\$ 7,81	R\$ 46,86	9836	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>					<b>R\$ 202,49</b>		
6 MANUTENÇÃO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
6.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	93358	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 231,00</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 1.522,65</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

**Continuação – Tabela 13: Orçamento dos tanques de evapotranspiração**

<b>TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO - 8 PESSOAS/UBS E CENTRO COMUNITÁRIO</b>							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
7.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 MATÉ 3,0 M	m³	16	R\$ 8,20	R\$ 131,20	90108	SINAPI 01/2018
7.2	ESCORAMENTO DE VALA, TIPO PONTALETEAMENTO, COM PROFUNDIDADE DE 0 A 1,5M, LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA. AF_06/2016	m²	16	R\$ 14,47	R\$ 231,52	94043	SINAPI 01/2018
7.3	PREPARO D E FUNDO D E VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M, EM LOCAL COM NÍVEL BAIXO DE INTERFERÊNCIA, AF 06/2016	m²	16	R\$ 3,84	R\$ 61,44	94097	SINAPI 01/2018
7.4	CAIXA DE PASSAGEM 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	1	R\$ 131,08	R\$ 131,08	83447	SINAPI 01/2018
7.5	TELA DE ARAME GALV, HEXAGONAL, FIO 0,56 MM (24 BWG), MALHA 1/2", H = 1 M	m²	20	R\$ 8,76	R\$ 175,20	10931	SINAPI 01/2018
7.6	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32 (SACO DE 50 KG)	saco (50kg)	4	R\$ 17,35	R\$ 69,40	10511	SINAPI 01/2018
7.7	CAL HIDRATADA CH-I PARA ARGAMASSAS	kg	40	R\$ 0,60	R\$ 24,00	1106	SINAPI 01/2018
7.8	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	4	R\$ 60,00	R\$ 240,00	370	SINAPI 01/2018
7.9	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	2	R\$ 58,00	R\$ 116,00	4721	SINAPI 01/2018
7.10	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	12	R\$ 7,81	R\$ 93,72	9836	SINAPI 01/2018
7.11	TUBO PVC, PBV, SERIE R, DN 50 MM, PARA ESGOTO OU AGUAS PLUVIAIS PREDIAL (NBR 5688)	m	6	R\$ 7,15	R\$ 42,90	20068	SINAPI 01/2018
7.12	ACO CA-60, 4,2 MM, VERGALHAO	kg	1	R\$ 3,84	R\$ 3,84	36	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL FOSSA BIODIGESTORA</b>					<b>R\$ 1.320,30</b>		
<b>CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
8.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	m³	2	R\$ 47,63	R\$ 95,26	93358	SINAPI 01/2018
8.2	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E INSTALAC	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
8.3	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	12	R\$ 7,81	R\$ 93,72	9836	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CÍRCULO DE BANANEIRAS</b>					<b>R\$ 296,98</b>		
<b>MANUTENÇÃO</b>							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
9.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	93358	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 231,00</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 1.848,28</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

**Tabela 14 - Orçamento dos sistemas Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio + Sumidouro**

1 CONTRUÇÃO FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO + SUMIDOURO - ATÉ 4 PESSOAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
1.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M	m³	6,9	R\$ 8,20	R\$ 56,79	90108	SINAPI 01/2018
1.2	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 1,50 M, H = 0,50 M	peça	2	R\$ 169,54	R\$ 339,08	12563	SINAPI 01/2018
1.3	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 1,20 M, H = 0,50 M	peça	2	R\$ 107,94	R\$ 215,88	12551	SINAPI 01/2018
1.4	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 2,00 M, H = 0,50 M	peça	4	R\$ 266,79	R\$ 1.067,16	12565	SINAPI 01/2018
1.5	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E INSTALACAO	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
1.6	CAIXA DE PASSAGEM 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	3	R\$ 131,08	R\$ 393,24	83447	SINAPI 01/2018
1.7	CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	1	R\$ 131,08	R\$ 131,08	83447	SINAPI 01/2018
1.8	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	21	R\$ 7,81	R\$ 164,01	9836	SINAPI 01/2018
1.9	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	2	R\$ 17,33	R\$ 34,66	20157	SINAPI 01/2018
1.10	CAP PVC, SERIE R, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	3	R\$ 8,30	R\$ 24,90	20088	SINAPI 01/2018
1.11	TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	1	R\$ 27,32	R\$ 27,32	20179	SINAPI 01/2018
1.12	PEDRA BRITADA GRADUADA, CLASSIFICADA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	m³	1	R\$ 67,73	R\$ 67,73	4729	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CONSTRUÇÃO</b>					<b>R\$ 2.629,85</b>		
2 MANUTENÇÃO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
2.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	-	Coleta de preços
2.2	LIMPEZA ANUAL DO SISTEMA FOSSA SÉPTICA + FILTRO + SUMIDOURO	unidade	1	R\$ 448,57	R\$ 448,57	-	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 679,57</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 3.309,42</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

## Continuação – Tabela 14: Orçamento dos sistemas Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio + Sumidouro

3 CONSTRUÇÃO FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO + SUMIDOURO - 5 PESSOAS							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
3.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M	m³	7,4	R\$ 8,20	R\$ 60,68	90108	SINAPI 01/2018
3.2	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 1,20 M, H = 0,50 M	peça	6	R\$ 107,94	R\$ 647,64	12551	SINAPI 01/2018
3.3	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 2,00 M, H = 0,50 M	peça	6	R\$ 266,79	R\$ 1.600,74	12565	SINAPI 01/2018
3.4	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E INSTALACAO	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
3.5	CAIXA DE PASSAGEM 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	3	R\$ 131,08	R\$ 393,24	83447	SINAPI 01/2018
3.6	CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	1	R\$ 131,08	R\$ 131,08	83447	SINAPI 01/2018
3.7	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	21	R\$ 7,81	R\$ 164,01	9836	SINAPI 01/2018
3.8	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	2	R\$ 17,33	R\$ 34,66	20157	SINAPI 01/2018
3.9	CAP PVC, SERIE R, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	3	R\$ 8,30	R\$ 24,90	20088	SINAPI 01/2018
3.10	TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	1	R\$ 27,32	R\$ 27,32	20179	SINAPI 01/2018
3.11	PEDRA BRITADA GRADUADA, CLASSIFICADA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	m³	1	R\$ 67,73	R\$ 67,73	4729	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CONSTRUÇÃO</b>					<b>R\$ 3.260,00</b>		
4 MANUTENÇÃO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
4.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	-	Coleta de preços
4.2	LIMPEZA ANUAL DO SISTEMA FOSSA SÉPTICA + FILTRO + SUMIDOURO	unidade	1	R\$ 448,57	R\$ 448,57	-	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 679,57</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 3.939,57</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

## Continuação – Tabela 14 - Orçamento dos sistemas Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio + Sumidouro

5 FOSSA SÉPTICA + FILTRO ANAERÓBIO + SUMIDOURO - 8 PESSOAS/UBS E CENTRO COMUNITÁRIO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
5.1	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE MAIOR QUE 1,5 M ATÉ 3,0 M	m³	12,3	R\$ 8,20	R\$ 100,86	90108	SINAPI 01/2018
5.2	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 1,50 M, H = 0,50 M	peça	5	R\$ 169,54	R\$ 847,70	12563	SINAPI 01/2018
5.3	ANEL DE CONCRETO ARMADO, D = 2,00 M, H = 0,50 M	peça	10	R\$ 266,79	R\$ 2.667,90	12565	SINAPI 01/2018
5.4	CAIXA DE GORDURA SIMPLES EM CONCRETO PRE-MOLDADO DN 40MM COM TAMPA - FORNECIMENTO E INSTALACAO	peça	1	R\$ 108,00	R\$ 108,00	74051/002	SINAPI 01/2018
5.5	CAIXA DE PASSAGEM 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	3	R\$ 131,08	R\$ 393,24	83447	SINAPI 01/2018
5.6	CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO 40X40X50 FUNDO BRITA COM TAMPA	peça	1	R\$ 131,08	R\$ 131,08	83447	SINAPI 01/2018
5.7	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	m	21	R\$ 7,81	R\$ 164,01	9836	SINAPI 01/2018
5.8	JOELHO, PVC SERIE R, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	2	R\$ 17,33	R\$ 34,66	20157	SINAPI 01/2018
5.9	CAP PVC, SERIE R, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	3	R\$ 8,30	R\$ 24,90	20088	SINAPI 01/2018
5.10	TE, PVC, SERIE R, 100 X 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	peça	1	R\$ 27,32	R\$ 27,32	20179	SINAPI 01/2018
5.11	PEDRA BRITADA GRADUADA, CLASSIFICADA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	m³	1,7	R\$ 67,73	R\$ 115,14	4729	SINAPI 01/2018
<b>SUBTOTAL CONSTRUÇÃO</b>					<b>R\$ 4.614,81</b>		
6 MANUTENÇÃO							
Item	Descrição	Unidade	Quant. por sistema	Preço unitário	Preço total	Cód.	Fonte
6.1	LIMPEZA ANUAL DA CAIXA DE GORDURA	unidade	1	R\$ 231,00	R\$ 231,00	-	Coleta de preços
6.2	LIMPEZA ANUAL DO SISTEMA FOSSA SÉPTICA + FILTRO + SUMIDOURO	unidade	1	R\$ 448,57	R\$ 448,57	-	Coleta de preços
<b>SUBTOTAL MANUTENÇÃO</b>					<b>R\$ 679,57</b>		
<b>CUSTO TOTAL POR SISTEMA (CONSTRUÇÃO + MANUTENÇÃO)</b>					<b>R\$ 5.294,38</b>		

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

### 4.3 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS PROPOSTAS

Para a definição da solução adequada para o esgotamento sanitário da Comunidade de Maciel foram analisados inicialmente os critérios associados a concepção e construção dos sistemas propostos. Quanto ao conhecimento técnico necessário para a construção dos sistemas, observou-se que a fossa séptica biodigestora modelo Embrapa e o tanque de evapotranspiração associados aos círculos de bananeiras podem ser construídos pela própria comunidade, mediante capacitação adequada. Já o sistema fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro requer conhecimento técnico especializado para projeto e construção, não sendo possível sua disseminação como tecnologia social. O processo construtivo da fossa biodigestora é o mais simples dentre os observados, por envolver escavações rasas manuais e caixas d'água pré-fabricadas.

Comparando as soluções propostas, observa-se que apenas o sistema convencional (fossa séptica+filtro anaeróbio+sumidouro) é adequado para todas as propriedades, enquanto as tecnologias sociais não são recomendadas para as cinco propriedades cadastradas que apresentam ocupação intermitente. Ressalta-se que a solução convencional é capaz de tratar tanto as águas negras quanto as águas cinzas. Já no caso da fossa séptica biodigestora e TEvap, é necessário separar águas negras e cinzas, sendo necessária a complementação do tratamento por meio dos círculos de bananeiras.

Quanto a permeabilidade do solo necessária para implantação dos sistemas, todas as alternativas requerem moderada permeabilidade para disposição final dos efluentes.

Observou-se que o sistema fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro é a alternativa que necessita maior área, entre 38 m<sup>2</sup> e 41 m<sup>2</sup>. As áreas necessárias para implantação das demais alternativas são semelhantes, entre 15 m<sup>2</sup> e 36 m<sup>2</sup>.

As distâncias mínimas requeridas de cursos d'água são semelhantes para as três alternativas apresentadas – todas devem ser construídas a 15 m de distância de córregos e rios e não devem ser instaladas em zonas alagáveis. Quanto à distância do lençol freático, o tanque de evapotranspiração é a opção que apresenta menor restrição.

Para a fossa séptica biodigestora modelo Embrapa, a incidência de sol é necessária para manutenção da temperatura adequada; para o TEvap, a insolação favorece a evapotranspiração da vegetação presente no tanque. Ressalta-se que o sistema convencional dispensa a necessidade de insolação.

A fossa séptica biodigestora e o sistema fossa séptica, filtro e sumidouro apresentam menor flexibilidade construtiva em função do número de usuários, por exigirem volumes mínimos maiores para garantir sua eficiência, que pode resultar em sistemas superdimensionados. Além disso, a normatização das condições de projeto e construção existe apenas para o sistema fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro, o que promove uma segurança maior em termos de eficácia do processo de tratamento.

Na análise de aspectos referentes à operação e manutenção, constatou-se que apenas a fossa séptica biodigestora produz efluentes, uma vez que ocorre evapotranspiração e utilização do efluente tratado no TEvap e disposição e depuração do efluente no solo no sistema fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro.

Outro aspecto relevante é a eficiência de remoção de DBO, que é em torno de 65% para as fossas sépticas biodigestoras. Ressalta-se que esse conceito não se aplica ao TEvap, pois não há efluente devido à ocorrência de evapotranspiração. Apesar de não haver efluente final no sistema fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro, destacou-se a eficiência de remoção de DBO do filtro anaeróbio, entre 40-75%, o que contribui para a redução do risco de contaminação das águas subterrâneas, uma vez que o efluente recebido no sumidouro passa por um pós-tratamento.

A respeito dos custos de implantação e manutenção, observa-se que as tecnologias sociais são expressivamente mais baratas que o sistema convencional fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro, além de oferecerem manutenção simples sem necessidade de mão de obra especializada.

Quanto aos aspectos relacionados ao meio ambiente, observa-se que há aproveitamento de nutrientes do efluente tratado da fossa séptica biodigestora, que pode ser utilizado para irrigação; já o efluente tratado pelo TEvap é utilizado diretamente pela vegetação plantada no tanque. No sistema convencional, não há aproveitamento dos nutrientes.

Se forem obedecidas as recomendações referentes às distâncias mínimas de cursos d'água e áreas alagáveis, todas as alternativas propostas oferecem baixo risco de contaminação de águas superficiais. Quanto às águas subterrâneas, a fossa séptica biodigestora e o TEvap apresentam menor risco de contaminação destas por não haver disposição de efluentes tratados no solo.

Outro aspecto importante na escolha da alternativa mais adequada para o esgotamento sanitário é a aceitação da tecnologia proposta por parte da comunidade. Ambas as tecnologias sociais possuem operação e manutenção bastante simples. No entanto, é necessário verificar se seria viável a obtenção de esterco fresco para adição mensal nas fossas sépticas biodigestoras, visto que grande maioria dos moradores não desenvolve atividades agropecuárias em suas propriedades e esse fator poderia gerar resistência por parte da comunidade. Outro fator que pode impactar a aceitação da comunidade é a necessidade de separação de águas cinzas e provenientes do vaso sanitário. Adicionalmente, é preciso avaliar a área disponível em cada propriedade.

Para facilitar a análise de todos os critérios apresentados, foi feita uma matriz de comparação dos sistemas com base na seguinte pontuação:

**1 – Ruim**

**2 – Médio**

**3 – Ótimo**

Ressalta-se que as soluções foram comparadas entre si para atribuição da pontuação. O resultado é apresentado na Tabela 15.

**Tabela 15 – Matriz de comparação das alternativas propostas para o esgotamento na Comunidade de Maciel**

	Fossa séptica biodigestora modelo Embrapa + círculo de bananeiras	Tanque de Evapotranspiração + círculo de bananeiras	Fossa séptica + filtro anaeróbio + sumidouro	
<b>Concepção e construção</b>	<i>Conhecimento técnico para construção</i>	3	3	1
	<i>Disponibilidade de materiais construtivos</i>	3	3	3
	<i>Permeabilidade do solo necessária</i>	2	2	2
	<i>Profundidade de escavação necessária (máxima)</i>	3	3	2
	<i>Área requerida</i>	3	2	1
	<i>Distância de cursos d'água e lençol freático</i>	2	3	2
	<i>Necessidade de insolação</i>	1	1	3
	<i>Normatização do sistema</i>	1	1	3
	<i>Adequação para uso intermitente</i>	1	1	3
<b>Operação e manutenção</b>	<i>Produção de efluentes</i>	2	3	3
	<i>Remoção de DBO</i>	2	3	3
	<i>Manutenção especializada</i>	3	3	2
	<i>Produção de lodo</i>	3	3	1
	<i>Limpeza do leito filtrante</i>	3	2	1
<b>Meio ambiente e comunidade</b>	<i>Aproveitamento de nutrientes</i>	3	3	1
	<i>Risco de contaminação de águas superficiais</i>	3	3	3
	<i>Risco de contaminação de águas subterrâneas</i>	3	3	3
	<i>Aceitação da comunidade</i>	2	2	3
<b>Avaliação econômica</b>	<i>Custo de Implantação (unitário)</i>	3	3	1
	<i>Custo de Manutenção (unitário; anual)</i>	3	3	2
<b>PONTUAÇÃO TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

Constatou-se que a alternativa mais adequada dentre as apresentadas é o tanque de evapotranspiração. No entanto, ressalta-se que essa alternativa não é adequada para as cinco propriedades de ocupação intermitente. Portanto, para essas propriedades é recomendada a solução convencional composta por fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro. Ressalta-se que a fossa séptica biodigestora apresentou pontuação bastante próxima ao tanque de evapotranspiração.

#### 4.4 CUSTO TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA ALTERNATIVA SELECIONADA

Os custos totais para implantação dos sistemas de tratamento de esgoto propostos são apresentados na Tabela 16.

**Tabela 16 – Custo total para implantação dos sistemas propostos na Comunidade de Maciel**

	<b>Custo unitário</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo total</b>
<i>Tanque de evapotranspiração – até 4 pessoas</i>	R\$ 1.034,57	25	R\$ 25.864,25
<i>Tanque de evapotranspiração – 5 pessoas</i>	R\$ 1.291,65	3	R\$ 3.874,95
<i>Tanque de evapotranspiração – 8 pessoas</i>	R\$ 1.617,28	2	R\$ 3.234,56
<i>Fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro – até 4 pessoas</i>	R\$ 2.626,85	5	R\$ 13.134,25
<b><i>Círculo de bananeiras para a Fazenda Conta História</i></b>	R\$ 296,98	1	R\$ 296,98
<b>Custo total para toda a Comunidade de Maciel</b>			<b>R\$ 46.404,99</b>

Fonte: Inovesa Soluções em Engenharia Ambiental (2018)

## 5 CONCLUSÃO

A Comunidade de Maciel localiza-se na microbacia hidrográfica do Córrego do Andaime, no distrito de São Bartolomeu. Foi realizado o cadastramento dos moradores e da situação atual do uso do solo, recursos hídricos, resíduos sólidos e pontos de erosão na comunidade. Constatou-se que apenas uma das 36 (trinta e seis) propriedades cadastradas possui disposição adequada dos esgotos sanitários gerados, na qual o sistema de tratamento é uma fossa séptica biodigestora modelo

Embrapa, localizada na Fazenda Conta História. No entanto, nesta propriedade as águas cinzas são dispostas diretamente no solo. Nas demais propriedades, são utilizadas fossas rudimentares, que apresentam risco de contaminação do lençol freático.

Foram então analisadas três alternativas para o esgotamento na comunidade em questão. Duas destas são tecnologias sociais, sendo a fossa séptica biodigestora modelo Embrapa associada ao círculo de bananeiras e o tanque de evapotranspiração associado ao círculo de bananeiras. Essas alternativas não são adequadas para as residências utilizadas só aos finais de semana, portanto elas poderiam atender a 28 (vinte e oito) propriedades levantadas.

A terceira alternativa analisada foi o sistema convencional de fossa séptica associada a filtro anaeróbio e sumidouro.

As soluções apresentadas foram analisadas de acordo com critérios de concepção, construção, operação, manutenção, meio ambiente e aceitação da comunidade. Esses critérios foram comparados por meio de uma pontuação atribuída a cada uma das soluções. A solução que apresentou maior pontuação foi o tanque de evapotranspiração, sendo assim, foi considerada a alternativa mais adequada para a maioria das residências da Comunidade de Maciel. Dentre as vantagens dessa tecnologia sobre as demais, destaca-se o fato desta ser uma tecnologia social e possuir menores custos de operação e manutenção, menor requerimento de área, aproveitamento de nutrientes do efluente tratado, baixo risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, baixa produção de lodo e ausência de efluente. Recomenda-se a implantação do TEvap para 30 (trinta) das 36 (trinta e seis) propriedades cadastradas na Comunidade de Maciel.

Para as cinco propriedades restantes, que apresentam ocupação intermitente, é indicado o sistema convencional, composto por fossa séptica, filtro anaeróbio e sumidouro.

Recomenda-se que sejam realizados estudos para aferição do nível do lençol freático e ensaios de permeabilidade do solo nos locais de instalação dos sistemas de tratamento de esgoto na comunidade, para posteriormente ser realizada a locação

destes. Ressalta-se, ainda, que sete propriedades não foram consideradas no presente estudo, uma vez que os proprietários estavam ausentes e/ou não desejaram responder o formulário de cadastramento, portanto não foi possível obter informações a respeito do esgotamento sanitário em tais propriedades.

Destaca-se também a importância da mobilização social junto à comunidade, a fim de garantir a aceitação das tecnologias propostas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE BACIA HIDROGRÁFICA PEIXE VIVO, Agência Peixe Vivo. **CONTRATO DE GESTÃO IGAM Nº 002/2012. ATO CONVOCATÓRIO Nº 010/2016.** Disponível em <http://agenciapeixe vivo.org.br/>. Acesso em 20 out. 2017.

AGÊNCIA DE BACIA HIDROGRÁFICA PEIXE VIVO, Agência Peixe Vivo. **GED - Guia de Elaboração de Documentos.** Disponível em <http://cbhsaofrancisco.org.br/download/Guia%20de%20Elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20Documento%20%28GED%29%283%29.pdf>. Acesso em 20 out. 2017.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA – AGEITEC. **Árvore do Conhecimento – Solos Tropicais: Latossolos Vermelho-Amarelos.** Disponível em <[www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html)> Acesso em 28 fev. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13969: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7229: Projetos, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em 21 mai. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras**

**providências.** Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em 21 mai. 2018

BRASIL. Ministério da Saúde. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Brasília, 2017.

CHERNICHARO, C.A.L.. **Reatores Anaeróbios.** 2ª ed. Belo Horizonte: Ed. Ufmg, 2007. 5 v. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias).

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - Decreto 39.692 - **Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio da Velhas.** Disponível em: <http://www.cbhvelhas.org.br/images/CBHVELHAS/legislacao/decreto%20criacao%20cbh%20velhas.pdf>. Acesso em 20 out. 2017.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - DN N° 01/2012 - **Define as Unidades Territoriais Estratégicas – UTE, da bacia hidrográfica do Rio das Velhas.** Disponível em: [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL\\_CTIG\\_29\\_07\\_2009/5texto\\_consolidado\\_metodologia\\_cobranca.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL_CTIG_29_07_2009/5texto_consolidado_metodologia_cobranca.pdf). Acesso em 26 out. 2017.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - DN N° 02/2004. **Criação e funcionamento dos subcomitês.** Disponível em: <http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Textos%20mobilizacao/DNsobreossubcomites.pdf> . Acesso em 20 out. 2017.

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - DN N° 03/2009 - **Estabelece critérios e normas e define mecanismos básicos da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.** Disponível em: [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL\\_CTIG\\_29\\_07\\_2009/5texto\\_consolidado\\_metodologia\\_cobranca.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL_CTIG_29_07_2009/5texto_consolidado_metodologia_cobranca.pdf). Acesso em 26 out. 2017  
Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas - DN N° 04/2009 - **Altera a DN N°03/2009 O critérios e normas sobre Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.** Disponível em: [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL\\_CTIG\\_29\\_07\\_2009/5minuta\\_dn\\_04\\_2009.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/alexandre/CTIL_CTIG_29_07_2009/5minuta_dn_04_2009.pdf). Acesso em 26 out. 2017.

Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH-MG - DELIBERAÇÃO NORMATIVA CERH Nº 056 DE 2007. **Aprova a equiparação da entidade Associação Executiva de Apoio à Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo - AGB - Peixe Vivo à Agência de Bacia.** Disponível em: <http://agbpeixevivo.org.br/images/arquivos/legislacaoambiental/CERH/deliberacao%20normativa%20cerh-mg%20n%20056-2007.pdf>. Acesso em 26 out. 2017.

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, p.51-60, 2014. FapUNIFESP (SciELO).

ECOPLAN/SKILL. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas – Relatório 2B – Diagnóstico Específico das UTEs – Tomo I/IV.** 2015. Disponível em <[http://siga.cbhvelhas.org.br/publicacoesArquivos/siplan\\_pubMidia\\_Diagnostico\\_UTE\\_S\\_1\\_a\\_7.pdf](http://siga.cbhvelhas.org.br/publicacoesArquivos/siplan_pubMidia_Diagnostico_UTE_S_1_a_7.pdf)> Acesso em 1 mar. 2018.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS - EMATER - MG. **Tecnologia Social: Fossa Ecológica - TEvap.** Disponível em: <<http://tecnologiasocial.fbb.org.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A9155A54F06015614606B6E7376&inline=1>>. Acesso em: 1 mar. 2018.

FREITAS, S.M.A.C.; BACELLAR, L.A.P. Avaliação de Recarga de Aquíferos em Microbacias do Alto Rio das Velhas, Minas Gerais. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p.31-39, jun. 2013.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais em 2016.** Belo Horizonte: FEAM, 2017. 86 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Manual de saneamento.** 3 ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.

GALBIATI, A.F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração.** 2009. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento

Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GALINDO, N.; SILVA, W.T.L.; NOVAES, A.P.; GODOY, L.A.; SOARES, M.T.S.; GALVANI, F. **Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2010.

Lei Estadual N°13.199 - **Política Estadual de Recursos Hídricos** - Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>. Acesso em 20 out. 2017.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NOVAES, A.P.; SIMÕES, M.L.; NETO, L.M.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E.H.; SANTIAGO, G. NOGUEIRA, A.R.A. Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica. **Comunicado Técnico - Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Carlos, v. 46, p.1-5, 2002.

OTENIO, M.H.; SOUZA, F.F.C.; LIGÓRIO, P.P.L.; FAZZA, E.; SOARES, G.; BERNARDO, W.F.; MAGALHÃES, V.M.A. **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor**. Brasília: Embrapa, 2014.

PIMENTEL, A.J.; DE PAULA, D.M.M.; BORGES, D.M. **Soluções de saneamento básico para comunidades isoladas: estudo de caso no bairro Jardim Emburá - SP**. 2014. 106 f. Trabalho de Formatura (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SIGGINS, A.; BURTON, V.; ROSS, C.; LOWE, H.; HORSWELL, J. Effects of long-term greywater disposal on soil: A case study. **Science of the Total Environment**, v. 557-558, p.627-635, jul. 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

## ANEXO A

### Modelo de TTS utilizado no cadastramento da Comunidade de Maciel

**CADASTRO DA MOBILIZAÇÃO SOCIAL - TRABALHO TÉCNICO SOCIAL - TTS**

**PROJETO DE REVITALIZAÇÃO DE QUATRO MICROBACIAS INSERIDAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS E NA APA ESTADUAL CACHOEIRA DAS ANDORINHAS**

**1. IDENTIFICAÇÃO DO BENEFICIADO(A)**

Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_

RG e/ou CPF: \_\_\_\_\_

Apelido \_\_\_\_\_ Contato: \_\_\_\_\_

Nome do "Caseiro": \_\_\_\_\_

RG e/ou CPF: \_\_\_\_\_

Apelido: \_\_\_\_\_ Contato: \_\_\_\_\_

**2. INFORMAÇÕES DA PROPRIEDADE**

Nome do proprietário: \_\_\_\_\_

Endereço completo da propriedade: \_\_\_\_\_

Município: \_\_\_\_\_

Nome da propriedade (Fazenda, Rancho, Sítio etc): \_\_\_\_\_

Comunidade: \_\_\_\_\_

Área (ha): \_\_\_\_\_ Nº de moradores que residem na propriedade (incluindo o entrevistado) \_\_\_\_\_

o Coordenadas da propriedade (Lat. e Long.): \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_.

**3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA PROPRIEDADE**

Horticultura

Criação de suínos (granjas)

Piscicultura

Culturas anuais

Plantio de eucalipto

Bovinocultura de corte

Bovinocultura de leite

Alambique (indústria de cachaça)

Processamento da mandioca

Avicultura

Indústria de ração animal

Laticínios/Queijaria

Atividade de mineração

Irrigação - Método

Cultivo/horta

Sem atividade

Não respondeu

Outras: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

Matrizes: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

Nº cabeças: \_\_\_\_\_

Nº cabeças: \_\_\_\_\_

Produção anual: \_\_\_\_\_

Produção anual: \_\_\_\_\_

Qtde de aves: \_\_\_\_\_ Nº de galpões \_\_\_\_\_

Tonelada: \_\_\_\_\_

Produção anual: \_\_\_\_\_

Cultura/Área: \_\_\_\_\_

Área: \_\_\_\_\_

Especificações das atividades não fornecidas

**4. SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Nome(s) do(s) curso(s) d'água mais próximo(s): \_\_\_\_\_

#### 4.1 Qual a situação do curso d'água mais próximo?

- |  |   |  |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Assoreado     | <input type="checkbox"/> Poluído com lixo | <input type="checkbox"/> Sem mata ciliar |
| <input type="checkbox"/> APP protegida | <input type="checkbox"/> APP degradada    | <input type="checkbox"/> Com mata ciliar |

#### 4.2 Existem nascentes no terreno? Em caso de "Não" ou "Não Respondeu" siga para a pergunta 5.

- Sim  Não  Não respondeu

o Coordenadas da(s) nascente(s) - (Lat. e Long.): \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_.

- Se SIM, quantas? \_\_\_\_\_
- Dentre as nascentes existentes, quantas não estão cercadas? \_\_\_\_\_
- Há viabilidade de cercamento em quantas das nascentes não cercadas? \_\_\_\_\_
- Dentre as nascentes existentes, quantas possuem vegetação: \_\_\_\_\_
- Há pisoteio de gado nas nascentes?

- Sim  Não  Não respondeu

#### 5. INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO (ÁGUA E ESGOTO) - USO

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Criação de animais | <input type="checkbox"/> Uso doméstico         | <input type="checkbox"/> Agroindústria |
| <input type="checkbox"/> Lazer              | <input type="checkbox"/> Indústria             | <input type="checkbox"/> Mineração     |
| <input type="checkbox"/> Irrigação          | <input type="checkbox"/> Piscicultura/pesca    | <input type="checkbox"/> Não respondeu |
| <input type="checkbox"/> Cultivo/horta      | <input type="checkbox"/> Abastecimento público | <input type="checkbox"/> Outras: _____ |

#### 5.1 Resíduos sólidos gerados na propriedade

- |  |                                     |  |
|--|-------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Dejetos animais | <input type="checkbox"/> Industrial | <input type="checkbox"/> Não respondeu |
| <input type="checkbox"/> Doméstico       | <input type="checkbox"/> Mineração  | <input type="checkbox"/> Outros: _____ |

#### 5.2 Destino dos resíduos sólidos gerados na propriedade

- |   |  |  |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Aterro sanitário | <input type="checkbox"/> "Bota fora"/ terreno baldio | <input type="checkbox"/> Não respondeu |
| <input type="checkbox"/> Coleta seletiva  | <input type="checkbox"/> Enterrado ou queimado       | <input type="checkbox"/> Outro _____   |

#### 5.3 Destino dos efluentes gerados na propriedade

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Fossa séptica          | <input type="checkbox"/> Não respondeu |
| <input type="checkbox"/> Fossa negra            | <input type="checkbox"/> Outro _____   |
| <input type="checkbox"/> Direto no curso d'água |  |

Obs.: Em caso de resposta “Direto no curso d’água”:

- Coordenadas do ponto de lançamento dos efluentes (Lat. e Long.): \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_.
- Quantidade de efluentes gerados: \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>/dia.

#### 5.4 Origem das águas utilizadas

- Açude/barramento - Quantos: \_\_\_\_\_
- Canal de derivação - Quantos: \_\_\_\_\_
- Poço artesiano - Quantos: \_\_\_\_\_
- Direto do curso de água - Quantos: \_\_\_\_\_
- Mina a céu aberto - Quantas: \_\_\_\_\_
- Não respondeu
- Cisterna - Quantas: \_\_\_\_\_
- Outra: \_\_\_\_\_
- Coordenadas (Lat. e Long.): \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_.

#### DADOS DA VAZÃO DE CAPTAÇÃO:

Uso da água:

Vazão média (m<sup>3</sup>/h): \_\_\_\_\_

Período (dia/mês): \_\_\_\_\_

#### 6. Controle de erosão e abastecimento do lençol

Situação de cacimbas e estradas

- Já existe cacimba no terreno? Em caso de “Não” ou “Não Respondeu” siga para a pergunta 7.  
 Sim  Não  Não respondeu
- Se sim, quantas? \_\_\_\_\_
- Há necessidade de limpeza nas cacimbas existentes? Em caso de “Não” ou “Não Respondeu” siga para a pergunta 7.  
 Sim  Não  Não respondeu
- Quantas cacimbas necessitam de limpeza? \_\_\_\_\_

#### 7. EXISTEM PONTOS CRÍTICOS NA ESTRADA? (Ex.: Erosão, atoleiro, etc)

- Sim  Não  Não respondeu

\_\_\_\_\_  
Cadastrado(a)

\_\_\_\_\_  
Mobilizador(a) Social

Prudente de Morais, nº 287, Sala 1710 - Bairro Santo Antônio  
CEP: 30.350-093 - Belo Horizonte/MG - Telefone: + 55 (31) 2510-2700