



PRODUTO

D

Prognóstico



PMSB

Caxambu (MG)

O Plano Municipal de Saneamento Básico é composto pelos seguintes produtos:

A - Atividades Iniciais

B - Estratégias de Mobilização, Participação e Comunicação

C - Diagnóstico técnico-participativo

D - Prognóstico do Saneamento Básico

E - Programas, Projetos e Ações

F - Indicadores de Desempenho do PMSB

G - Resumo Executivo e Minuta do Projeto de Lei para aprovação do PMSB

ÓRGÃO FINANCIADOR

Fundação Nacional de Saúde

EXECUÇÃO

Projeto SanBas

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA)

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

APOIO

Município de Caxambu



APRESENTAÇÃO DO PROJETO SANBAS

O Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB é um instrumento de planejamento estratégico da política municipal que contribui para prevenção de doenças, proteção e promoção da saúde da população, bem como a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. O PMSB, conforme definido pela Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece a política federal e as diretrizes nacionais do saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2007), deve abarcar os quatro componentes do saneamento básico: 1) abastecimento de água; 2) esgotamento sanitário; 3) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; 4) drenagem urbana e manejo das águas pluviais, tendo como princípio o envolvimento e participação da população em todas as etapas de sua elaboração.

Além dos quatro componentes, o PMSB deve abranger toda a extensão territorial do município, ou seja, áreas urbanas e rurais. Desta forma, permite-se a contemplação das populações do campo, floresta e das águas, de áreas indígenas, de comunidades quilombolas e tradicionais, além das áreas onde residem populações específicas (favelas, ocupações irregulares, assentamentos precários, entre outras denominações). O horizonte temporal do Plano é de 20 anos, sendo revisado em periodicidade máxima de quatro anos, em conformidade com o Plano Plurianual (FUNASA, 2018a).

Buscando promover e executar ações e serviços de saúde pública, a Fundação Nacional de Saúde - Funasa tem atuado na capacitação e apoio à elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSBs. Nesse contexto, a Funasa firmou o Termo de Execução Descentralizada - TED nº 02/2016 com a Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, para desenvolvimento do estudo denominado “Capacitação e elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico em municípios com população de até 50.000 habitantes do estado de Minas Gerais: uma pesquisa-ação no campo tecnológico, do controle social, da comunicação e do empoderamento nas políticas públicas de saneamento básico”, doravante denominado Projeto SanBas.

Este estudo é mais uma contribuição da Linha de Pesquisa em Políticas Públicas e Gestão em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SMARH da Universidade Federal de Minas Gerais. Entre as contribuições desta Linha de Pesquisa, destacam-se a coordenação da elaboração do estudo “Panorama do saneamento no Brasil”, base para proposição do Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab, em 2013, uma parceria com o Ministério das

Cidades¹, universidades e sociedade civil; e a coordenação da pesquisa “Estudos para concepção, formulação e gestão do Programa Nacional de Saneamento Rural”, que subsidiou a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR, atualmente denominado Programa Saneamento Brasil Rural - PSBR (<https://saneamentobrasilrural.com.br/>), em parceria com a Funasa, universidades e movimentos sociais. No último estudo, foi gestado as bases do sistema de informação InfoSanBas (<https://infosanbas.org.br>) que, entre outras contribuições, subsidiou a escolha do nome do presente estudo, Projeto SanBas (<https://sanbas.eng.ufmg.br>).

O Projeto SanBas possibilitará ampliar as perspectivas do setor de saneamento no estado de Minas Gerais, trazendo o tema para o debate público, envolvendo representações dos diferentes segmentos sociais, dentre estes a sociedade civil organizada, instituições de ensino, poder público, prestadores de serviços, entre outros. Cabe ainda ressaltar o fundamental papel dos municípios selecionados para a efetivação do TED considerando seu suporte técnico e disponibilização de informações e documentos necessários à adequada elaboração do plano, bem como a participação da Fundação Nacional de Saúde, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, na construção do PMSB.

O Projeto SanBas, em razão de seu principal objeto, a elaboração de 30 PMSBs, apresenta mais uma ação direta da UFMG com resultados concretos para sociedade brasileira. No SanBas, mais uma vez, a Universidade vai ao encontro da sociedade brasileira ultrapassando seus muros em um intenso trabalho em parceria com gestores e comunidades locais nas mais diversas regiões do estado.

Para selecionar os 30 municípios a serem contemplados pelo referido TED, a Superintendência Estadual da Fundação Nacional de Saúde no Estado de Minas Gerais - Suest-MG estabeleceu critérios instituídos por meio da Portaria nº 576/2016. Dos 30 municípios contemplados, seis foram selecionados pela UFMG, em concordância com a Suest-MG, como casos de estudo para iniciação e embasamento do projeto no ano de 2019. Nesta seleção, utilizaram-se como critérios a presença de população indígena e/ou quilombola, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM, o estresse hídrico, a relação entre o tamanho das populações rurais e urbanas de cada município e a seleção de municípios de distintas regiões do estado de Minas Gerais. Os seis municípios que tiveram seus PMSBs elaborados, em 2019, foram: Bueno

¹ Em 1º de janeiro de 2019, o Ministério das Cidades - MCidades e o Ministério da Integração Nacional - MI foram fundidos e transformados em Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR.

Brandão e Monte Sião, na região Sul de Minas, Cachoeira de Pajeú e Itinga, na região do Vale do Jequitinhonha e Catuti e Pai Pedro, na região Norte de Minas. Todos os PMSBs dos seis municípios foram aprovados em audiência pública.

Nos anos de 2020 a 2022, o Projeto SanBas estará atuando em 24 municípios: Luislândia, Novorizonte, Rio Pardo de Minas, Grão Mogol, Botumirim, Itacarambi, Manga, Japonvar, Porteirinha e Taiobeiras na região Norte de Minas, Francisco Badaró, na região do Vale do Jequitinhonha, Cruzília, Estiva, Guaxupé, Lambari, Turvolândia, São Tomé das Letras, Caxambu e Itanhandu, na região Sul de Minas Gerais, Carmo do Rio Claro e Delfinópolis na região Sudoeste de Minas Gerais e nos municípios de Cristais, Pains e Cana Verde, na região Oeste de Minas Gerais.

Além da construção dos 30 PMSBs, outra importante contribuição científica, técnica e pedagógica, em construção no âmbito do projeto, é a *Série Selo Projeto SanBas* desenvolvida em parceria com a Funasa, com especialistas que atuam no Projeto, com consultadoras e colaboradores de campo, com o Coletivo às Margens, a Cooperativa Eita e a Aicó Culturas. A *Série Selo Projeto SanBas* envolve a construção de um Dicionário com 142 verbetes sobre temas relevantes para a universalização do saneamento nos municípios, a construção de um caderno ilustrado e a elaboração de notas técnicas. O Projeto SanBas também desenvolveu, em parceria com o Coletivo Às Margens, seis jogos utilizados em capacitações e oficinas realizadas nos municípios contemplados pelo Projeto.

O Projeto SanBas ainda atua em atividades destinadas à formação e à capacitação de recursos humanos e à agregação de especialistas para a UFMG e os municípios selecionados, de modo a contribuir para a execução de projetos de pesquisa, metodologias participativas, desenvolvimento tecnológico e inovação, com a capacitação de 31 estudantes de graduação da UFMG, 23 profissionais autônomos/bolsistas, 13 auxiliares técnicos municipais, duas estudantes de mestrado e um de doutorado.

O Projeto SanBas também pretende contribuir para a área de saneamento por meio da construção de novas formas de comunicação com a sociedade buscando humanizar o saneamento. Com este propósito, desenvolveu-se a identidade visual do projeto retratada na figura da Passarinha SanBas. O nome SanBas também reflete esta dimensão do Projeto, sendo uma identidade visual e um posicionamento ideológico na busca de que o saneamento alcance a sociedade brasileira, especialmente, os excluídos e as excluídas do acesso.

Na proposta desenvolvida, a marca do SanBas é baseada em uma história. Nesta história, SanBas é uma espécie de passarinha presente em todos os biomas brasileiros.



A passarinha SanBas é de canto muito apreciado, que se assemelha ao som de uma flauta e tem pequenas frases melódicas que se modificam de acordo com o ambiente. Em lugares onde há mais diversidade, seja no campo ou mesmo nas grandes cidades, seu canto transmite alegria. Em ambientes prejudicados pela ação humana devastadora, emite nítida tristeza. Por isso, é a ave símbolo da convivência com o ambiente. É um pássaro que se adapta bem a ambientes mais úmidos, como Amazônia, e também àqueles com regime de chuvas mais reduzidos, como semiárido. O que ela não consegue se adaptar é à água suja. Ela é extremamente sensível à contaminação das águas por agrotóxicos, metais pesados, poluentes presentes nos esgotos e nos resíduos. Outra característica do ambiente que muito influencia em sua presença, é a preservação da flora. Ela se afasta dos locais onde a flora se reduz apenas a algumas espécies; para ela isso é um sinal de grande risco. Em outras palavras, nossa personagem, funciona como um recurso comunicativo pedagógico para dialogar sobre um ambiente com ou sem saneamento. As condições para ela viver estão relacionadas às condições mais profundas para se considerar um ambiente saneamento: biodiversidade; ambiente livre de poluentes; ambiente em que pessoas, animais, vegetação, águas e natureza em geral convivem em harmonia.

Em seus três anos e meio de duração – 2019 a 2022 – o Projeto SanBas pretende contribuir para que os dezesseis princípios do saneamento básico no Brasil, instituídos pela Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) e apresentados a seguir, sejam de fato, materializados nos municípios.

I - universalização do acesso e efetiva prestação do serviço; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

II - integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e maximize a eficácia das ações e dos resultados; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

IV - disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

VII - eficiência e sustentabilidade econômica;

VIII - estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;

X - controle social;

XI - segurança, qualidade, regularidade e continuidade; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

XII - integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

XIII - redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reúso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

XIV - prestação regionalizada dos serviços, com vistas à geração de ganhos de escala e à garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços; (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

XV - seleção competitiva do prestador dos serviços; e (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

XVI - prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020).

EQUIPE ENVOLVIDA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS/PROJETO SANBAS	
Nome	Formação
Coordenação geral	
Uende Aparecida Figueiredo Gomes	Engenheira Ambiental, Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais
Gestão do projeto	
João Luiz Pena	Engenheiro Civil e Antropólogo, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Rafaela Priscila Sena do Amaral	Tecnóloga em Gestão Ambiental, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Consultores contratados	
Ana Luisa Sales Pereira Almeida	Engenheira Ambiental e Sanitarista, Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais
Andreiva Lauren Vital do Carmo	Engenheira Ambiental, com especialização em Gestão Ambiental e Mestre em Engenharia Civil – UFV
Bárbara Furtado Barra	Engenheira Ambiental
Bruno Guerra de Moura von Sperling	Bacharel e Mestrando em Geografia
Clarissa de Castro Lima Tribst	Engenheira Ambiental, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Cristiane Alcântara Hubner	Bióloga, com especialização em Educação Ambiental
Fábio Vassoler	Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia Ambiental
Gabriel Henrique Soares Almeida	Engenheiro Ambiental e Mestre em Engenharia Civil – UFV
Iany Cunha Albergaria	Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia Civil – UFV
Isabela Fernandes Guimarães	Engenheira Civil e pós-graduanda em Gerenciamento de Projetos
Jéssica Ayra Alves Silva Sant'Anna	Cientista Socioambiental, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Josiane Teresinha Matos de Queiroz	Graduada em Engenharia Civil com cursos de especialização em Educação Ambiental, Engenharia Sanitária e Ambiental e Engenharia de Segurança do Trabalho. Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Joyce Gonçalves Souza	Engenheira Civil, com especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental
Larissa Candian Ferreira	Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia Civil – UFV
Larissa Costa Silveira	Bióloga
Raíssa Santos Figueiredo	Engenheira Ambiental e Sanitarista, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Thais Lorraine dos Santos Moreira	Engenheira Ambiental
Victória Vieira de Castro Menegasse	Engenheira Ambiental e Sanitária
Vitor Carvalho Queiroz	Engenheiro Civil, Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS/PROJETO SANBAS	
Nome	Formação
Auxiliares técnicos	
Ademar Vieira da Cruz	Ensino médio completo (Francisco Badaró)
Amós Gonçalves dos Santos	Agrônomo (Itacarambi)
Arnaldo Warley Rodrigues	Ensino médio completo (Grão Mogol – atuou durante três meses)
Caio Máximo de Jesus	Ensino médio completo (Grão Mogol – atuou durante dois meses)
Cristóvão Alves da Silva	Administrador de Empresas e Especialização em Gestão Municipal (Botumirim)
Francélio Xavier Lopes	Tecnólogo em Administração Pública e Direito (Porteirinha)
Iago Agenor Cunha Gonçalves	Jornalista (Manga)
Jandes Ferreira Sales	Ensino médio completo (Taiobeiras)
José de Jesus Santos	Biólogo (Japonvar)
Lohana Kerolene Vieira da Silva	Advogada (São Tomé das Letras)
Mágda Milena Carioca Alvarenga	Estudante do curso de Engenharia Civil (Cana Verde)
Paula Aparecida Horácio da Silva	Ensino médio completo (Itanhandu)
Thaís Santos Branco Dijair	Estudante do curso de Agronomia (Caxambu)
Bolsistas de graduação	
Amanda Mascarenhas Loose	Graduanda em Engenharia Ambiental
Ana Carolina Pires Pereira	Graduanda em Engenharia Ambiental
Ana Júlia Rodrigues de Resende	Graduanda em Engenharia Ambiental
Anna Carolina Oliveira Rupf	Graduanda em Geologia
Camila Cristina dos Santos Alves Meloncini	Graduanda em Ciências Socioambientais
Clarice Flores Fialho	Graduanda em Arquitetura
Emily Helena de Mancilha	Graduanda em Engenharia Civil
Estela Natália Marinho Lopes de Melo	Graduanda em Engenharia Ambiental
Gabriel Rodrigues dos Anjos Silva	Graduando em Engenharia Ambiental
Lana Isabela Santos Felismino	Graduanda em Geografia
Lorena Andrade de Sousa	Graduanda em Engenharia Ambiental
Lorenzo Rocha Oliveira	Graduando em Engenharia Ambiental
Lucieny de Almeida Fagundes	Graduanda em Engenharia Ambiental
Marcelo Ribeiro Nascimento Araújo	Graduando em Engenharia Ambiental
Maria Clara Barbosa	Graduanda em Engenharia Ambiental
Paloma Géssica Marcelino Silva	Graduanda em Engenharia Ambiental
Rafaela Franco	Graduanda em Engenharia Ambiental
Roberta de Abreu Fantini Scarpelli	Graduanda em Ciências Socioambientais
Vitoria Ellen da Silva Oliveira	Graduanda em Engenharia Ambiental

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS/PROJETO SANBAS	
Nome	Formação
Estagiários voluntários	
Amael Notini Moreira Bahia	Graduando em Direito
Amanda Bahiense Wenceslau Proenca	Graduanda em Ciências Socioambientais
Mirelle Lopes Dias	Graduanda em Engenharia Ambiental
Bolsista de pós-graduação – Nível: Doutorado	
Marco Túlio da Silva Faria	Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SMARH/DESA/UFMG
Consultores externos	
Alan Freihof Tygel	Engenharia Eletrônica e de Computação, Doutor em Informática – Cooperativa Eita
Aline Furtado Franceschini	Arquiteta – Coletivo Às Margens
Antônio Marcos dos Santos	Cientista da Computação – NeST Digital
Bernardo Vaz	Enfermeiro e Designer gráfico – Aicó Culturas/Cooperativa Eita
Caio Guedes de Azevedo Mota	Estudante de Ciência da Computação – Plug & Boom
Camilla de Godoi	Graduada em Design Gráfico e pós-graduada em Design de Interação, com atuação em UI-UX (experiência de usuária/o) – Cooperativa Eita
Clara Garavello Baião de Amorim	Letras – Coletivo Às Margens
Gabriel Chaves Afonso Coutinho	Mestre em Ciência da Computação – Plug & Boom
Gustavo Ferreira de Souza	Física, Mestre em Engenharia – NeST Digital
Isabela Oliveira Izidoro	Arquiteta – Coletivo Às Margens
Nestor Vicente Soares Neto	Cientista da Computação – NeST Digital
Pedro Paulo Machado	Estudante de Engenharia da Computação – NeST Digital
Rosana Kirsch	Socióloga, Me. em Sociologia, atuação em especificação e gestão – Cooperativa Eita
Professores consultores	
José Irineu Rangel Rigotti	Geógrafo, Doutor em Demografia – Cedeplar/UFMG
Járvis Campos	Geógrafo, Doutor em Demografia – Universidade Federal do Rio Grande do Norte/DDCA

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE SUPERINTENDÊNCIA ESTADUAL DE MINAS GERAIS	
Nome	Função na Funasa
Edicleusa Veloso Moreira	Superintendente Estadual da Funasa em Minas Gerais (Suest/MG)
Adela Danieli de Oliveira	Educadora em Saúde
Ana de Oliveira Guedes	Educadora em Saúde
Bernardo Aleixo de Sousa Cruz	Engenheiro
Eduardo Albuquerque Pinto	Geólogo
Francisco Sérgio Abucater Lima	Chefe da Divisão de Administração – Diadm
Hélio Tadashi Yamada	Programador
Jaime Costa da Silva	Chefe do Serviço de Saúde Ambiental – Sesam
Luis Valarini Filho	Chefe da Divisão de Engenharia de Saúde Pública – Diesp
Luzete Dias do Nascimento	Educadora em Saúde
Pedro Castro Andrade Gontijo	Chefe da Seção de Educação em Saúde Ambiental – Saduc
Fábio Orfanó	Chefe Substituto do Serviço de Convênios – Secov
Roberto Carlos da Silva	Educador em Saúde

MEMBROS DO COMITÊ EXECUTIVO DO PMSB DE CAXAMBU	
PODER EXECUTIVO	
Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico	
Nome	Vínculo com a Prefeitura Municipal
Amaro Gadbemar	Secretário Municipal de Desenvolvimento Econômico
Elias Maciel da Silva	Motorista
Gilson Faria Muniz (A partir de janeiro de 2021)	Chefe da Central de Planejamento e Administração
Secretaria Municipal de Meio Ambiente	
Nome	Vínculo com a Prefeitura Municipal
Ana Paula Guimarães Paulino (Até dezembro de 2020 Como Secretária Municipal de Meio Ambiente. A partir de janeiro de 2021 lotada na Secretaria de Turismo e Cultura)	Secretária Municipal do Meio Ambiente
Emanuel Ferreira Porto	Fiscal de Meio Ambiente
Reynaldo Guedes Neto (A partir de janeiro de 2021)	Secretário Municipal do Meio Ambiente
Caio de Souza Constâncio Pereira (A partir de janeiro de 2021)	Diretor de Saneamento Ambiental
Secretaria Municipal de Turismo e Cultura	
Nome	Vínculo com a Prefeitura Municipal
Ana Paula Guimarães Paulino (A partir de janeiro de 2021)	Coordenadora da Preservação do Patrimônio Histórico e Cultural
Filipe Conde Alvez (A partir de janeiro de 2021)	Secretário Municipal de Turismo e Cultura
Secretaria Municipal de Saúde	
Nome	Vínculo com a Prefeitura Municipal
Rachel de Souza Silva Braga (Até dezembro de 2020)	Diretora da Vigilância em Saúde
Rodrigo Martins Bazani (Até dezembro de 2020)	Coordenador da Vigilância Sanitária e Ambiental

MEMBROS DO COMITÊ EXECUTIVO DO PMSB DE CAXAMBU	
PODER EXECUTIVO	
Fabio de Souza Santos (A partir de janeiro de 2021)	Fiscal Sanitário
João da Silva Ribeiro (A partir de janeiro de 2021)	Fiscal Sanitário
Secretaria Municipal de Educação	
Nome	Vínculo com a Prefeitura Municipal
Daniele Fernandes Ferreira (Até dezembro de 2020)	Diretora Pedagógica
Luana Aparecida Izaltino	Psicóloga
Rita Maria de Souza (A partir de dezembro de 2021)	Auxiliar no desenvolvimento infantil
Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social	
Nome	Vínculo com a Prefeitura Municipal
Patrick Gadben de Macedo Rocha	Secretário Municipal de Desenvolvimento Social
Natallie Pellechia	Monitora do CRAS
Prestador de serviços (COPASA)	
Nome	Instituição
Sérgio Araújo Cuconato	Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA
Alfeu Guimarães Gonçalves	Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA
Universidade Federal de Minas Gerais/Projeto SanBas	
Nome	Profissão
Clarissa de Castro Lima Tribst	Engenheira Ambiental
Marco Túlio da Silva Faria (Até dezembro de 2020)	Engenheiro Ambiental e Sanitarista
Thais Lorraine dos Santos Moreira (Até dezembro de 2020)	Engenheira Ambiental
Iany Cunha Albergaria (A partir de janeiro de 2021)	Engenheira Ambiental

MEMBROS DO COMITÊ DE COORDENAÇÃO	
SOCIEDADE CIVIL	
Nome	Bairro em que reside
Antônio Carlos Luiz (a partir de janeiro de 2021)	Santa Tereza
Manuel Carlos Moreira Gomes	Mombaça
Carlos Roberto da Silva	Caxambu Velho
Edson Vander Cunha Resende	Vila Santo Antônio
Lúcia Helena Franklin Ribeiro Ferreira (até dezembro de 2020)	Campo do Meio
Maria Helena Ferreira	Campo do Meio
Antônio Carlos Luiz	Santa Tereza
Francisco Carlos Ribeiro	Santa Tereza
Luciano Maciel de Brito	Santa Tereza
Francisca Paula Lopes Teixeira	Alto Santa Rita
José Julio de Sousa Filho	Santa Cruz
Mauro Francisco dos Santos	Santa Rita
Greilaine S. S. Martins	Jardim Alvorada
Prescilla Ferreira de Lima Machado	Jardim Alvorada
Alberto de Andrade e Silva	Belvedere
José Maria Vieira	Centro
Paulo Francisco Maciel	Parque Águas Cristalinas
Pedro Morais de Souza	Belvedere

Rubens Hipólito de Aquino	Observatório
Sonia Maria Nogueira de Souza	Belvedere
Vanessa Gomes Santos	Belvedere
Márcia da Silva Seixas	Sítio Santa Maria
Rangel Gazola de Miranda	Volta Grande
Renato Sales Brandão (a partir de janeiro de 2021)	Vista Alegre
Rosa Maria Dias dos Santos Pereira	Monjolinho
Conselho Municipal	
Nome	Conselho
Ademir Rogério Pedro	Conselho Municipal de Saúde
Prestadores de Serviços	
Nome	Instituição
Alfeu Guimarães Gonçalves	Companhia de Saneamento de Minas Gerais, COPASA
Sérgio Araújo Cuconato	Companhia de Saneamento de Minas Gerais, COPASA
Poder Executivo	
Nome	Secretaria
Emanuel Ferreira Porto	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
Flávio Antonio Pereira Rocha	Secretaria Municipal de Obras
Joaquim Luiz Santos Machado	Secretaria Municipal de Planejamento Urbano
Liana Bahia Diniz	Secretaria Municipal de Turismo e Cultura
Nelson Monteiro dos Santos	Secretaria Municipal de Obras
Poder Legislativo	
Nome	Função
Fábio Curi Haugen	Vereador municipal
Mário Luiz Alves (Até dezembro de 2020)	Vereador municipal
Renato Sales Brandão (Até dezembro de 2020)	Vereador municipal
Gilson Rodrigues de Souza (A partir de janeiro de 2021)	Vereador municipal
Arnaldo José Ribeiro (A partir de janeiro de 2021)	Vereador municipal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. CENÁRIO DE REFERÊNCIA PARA A GESTÃO DOS SERVIÇOS	3
2.1. ESTUDO DE CENÁRIOS	3
2.1.1. <i>Metas de prazo imediato, curto, médio e longo</i>	<i>7</i>
2.1.2. <i>Definição das funções de planejamento, regulação, fiscalização, prestação dos serviços e controle social.....</i>	<i>17</i>
2.1.2.1. Definição das funções de planejamento	19
2.1.2.2. Definição das funções de prestação dos serviços	24
2.1.2.3. Definição das funções de regulação e fiscalização.....	27
2.1.2.4. Definição das funções de controle social	30
2.2. SITUAÇÃO DEMOGRÁFICA E PROJEÇÃO POPULACIONAL DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU: SUBSÍDIOS PARA ELABORAÇÃO DO PMSB.....	31
2.2.1. <i>Métodos para a projeção municipal: Cedeplar/UFMG e UFRN.....</i>	<i>34</i>
2.2.2. <i>Comparação dos resultados das duas projeções: Cedeplar/UFMG e UFRN.....</i>	<i>35</i>
2.2.3. <i>Seleção da projeção populacional municipal</i>	<i>38</i>
2.3. POPULAÇÃO FLUTUANTE.....	46
3. OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA OS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO	48
3.1. OBJETIVOS PARA POTENCIALIZAR FORTALEZAS E OPORTUNIDADES E SUPERAR AS DEFICIÊNCIAS E AUSÊNCIAS IDENTIFICADAS NO DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO.....	48
3.2. OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES IDENTIFICADAS NO DIAGNÓSTICO E NO PROGNÓSTICO.....	57
4. ORIENTAÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO	69
4.1. PARTICIPAÇÃO SOCIAL E GESTÃO DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO.....	70
4.2. CONSÓRCIO PÚBLICO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DE SANEAMENTO BÁSICO.....	73
4.2.1. <i>Orientações gerais para formação de consórcios públicos intermunicipais</i>	<i>75</i>
4.2.2. <i>Experiências exitosas de consórcios públicos em Minas Gerais</i>	<i>78</i>
5. PROSPECTIVAS TÉCNICAS.....	80
5.1. SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	80
5.1.1. <i>Alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada</i>	<i>80</i>
5.1.1.1. Critérios de decisão das soluções técnicas de abastecimento de água para consumo humano ..	82
5.1.1.2. Sistemas coletivos e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água ..	85
5.1.1.3. Etapas de sistemas coletivos de abastecimento de água para consumo humano	88
5.1.1.4. Etapas das soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano	95

5.1.2. <i>Projeção de demandas por serviços de abastecimento de água</i>	100
5.1.2.1. Demanda de água para os sistemas coletivos existentes no município	100
5.1.2.2. Demanda de água para localidades com potencial de implantação de sistemas coletivos.....	110
5.1.2.3. Demanda de água para soluções alternativas (coletivas ou individuais)	113
5.1.2.4. Demanda de água para a população flutuante	116
5.1.3. <i>Principais mananciais passíveis de utilização para o abastecimento de água</i>	118
5.1.4. <i>Definição das alternativas de mananciais para atendimento à demanda calculada</i>	122
5.1.5. <i>Cobrança pelos serviços prestados com base nos requisitos legais sobre sustentabilidade econômico-financeira</i>	122
5.2. SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	124
5.2.1. <i>Alternativas técnicas de engenharia para sistemas de esgotamento sanitário</i>	125
5.2.1.1. Soluções coletivas	126
5.2.1.2. Soluções individuais.....	135
5.2.1.3. Normas brasileiras.....	145
5.2.2. <i>Projeções de demanda por serviços de esgotamento sanitário</i>	146
5.2.2.1. Demandas para o sistema coletivo de esgotamento sanitário existente	147
5.2.2.2. Demanda para localidades com potencial de implantação de sistemas coletivos.....	154
5.2.2.3. Demanda por soluções individuais.....	157
5.2.3. <i>Estimativas de carga e concentração de demanda bioquímica de oxigênio e coliformes termotolerantes</i>	159
5.2.3.1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	159
5.2.3.2. Coliformes termotolerantes	167
5.2.4. <i>Comparação das alternativas de tratamento dos esgotos sanitários</i>	174
5.2.5. <i>Cobrança pelos serviços prestados de esgotamento sanitário com base nos requisitos legais sobre sustentabilidade econômico-financeira</i>	180
5.3. SERVIÇOS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	182
5.3.1. <i>Plano diretor de drenagem e o PMSB</i>	183
5.3.2. <i>Ciclo hidrológico</i>	184
5.3.3. <i>Bacia hidrográfica</i>	185
5.3.4. <i>Bacias urbanas compartilhadas</i>	188
5.3.5. <i>Diretrizes/medidas de controle e estratégias para os serviços públicos de manejo de águas pluviais e drenagem</i>	189
5.3.6. <i>Soluções tecnológicas de manejo de águas pluviais e drenagem</i>	190
5.3.6.1. Microdrenagem	191
5.3.6.2. Macrodrenagem.....	193
5.3.6.3. Soluções baseadas na natureza	195
5.3.6.4. Alternativas tecnológicas	197
5.3.6.5. Captação de água de chuva para fins menos nobres.....	223
5.3.6.6. Exemplos de alternativas para retenção de resíduos sólidos	225
5.3.6.7. Cobrança pelos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana	226

5.4. GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	228
5.4.1. Estimativas de geração de resíduos sólidos urbanos no horizonte de planejamento e avaliação da capacidade de atendimento à demanda	231
5.4.2. Alternativas técnicas a serem adotadas nos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e limpeza pública.....	235
5.4.2.1. Ausência de mercado de recicláveis e ausência de demanda por aproveitamento de orgânicos.....	239
5.4.2.2. Demanda por aproveitamento de orgânicos e ausência de mercado de recicláveis	241
5.4.2.3. Presença de mercado de recicláveis e ausência de demanda por aproveitamento de orgânicos.....	243
5.4.2.4. Presença de mercado de recicláveis e demanda por aproveitamento de orgânicos	245
5.4.2.5. Especificações mínimas e procedimentos operacionais para o manejo de resíduos sólidos e para a limpeza pública.....	247
5.4.2.6. Energia limpa no manejo de resíduos sólidos	256
5.4.2.7. Considerações sobre o município de Caxambu	257
5.4.3. Critérios para pontos de apoio ao sistema na área de planejamento	258
5.4.4. Formas de participação da prefeitura na coleta seletiva	262
5.4.5. Identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.....	263
5.4.6. Metodologia para o cálculo dos custos e cobrança dos serviços prestados com base nos requisitos legais sobre sustentabilidade econômico-financeira dos serviços.....	266
5.4.7. Regras para o gerenciamento de resíduos sólidos no município.....	274
5.4.7.1. Regras para o transporte de resíduos sólidos.....	275
5.4.7.2. Critérios de escolha da área para destinação e disposição final ambientalmente adequadas de resíduos inertes	278
5.4.7.3. Valorização energética de resíduos sólidos	280
5.4.8. Formas de participação da prefeitura municipal na logística reversa	281
6. AÇÕES EMERGENCIAIS E CONTINGENCIAIS	284
6.1. ATORES ENVOLVIDOS NA OPERACIONALIZAÇÃO DAS AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO.....	285
6.2. PLANOS LOCAIS DE RISCOS.....	292
6.3. AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	298
6.4 AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	316
6.5. AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE LIMPEZA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	322
6.6. AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	327
6.7. AÇÕES DE CONTINGÊNCIA PARA O SANEAMENTO BÁSICO, RELACIONADAS À COVID-19.....	332

REFERÊNCIAS	337
ANEXOS	353
ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES - COBRADE.....	353
ANEXO B – CONSIDERAÇÕES DA SRA. VANESSA GOMES SANTOS.....	360
ANEXO C – PARECER DE APROVAÇÃO PRODUTO D DO COMITÊ DE COORDENAÇÃO.....	363

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – ODS RELACIONADOS DIRETA E/OU TRANSVERSALMENTE COM O SANEAMENTO BÁSICO.....	7
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE CAXAMBU	8
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DE ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PMSB.....	23
FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO, SEGUNDO O SNIS	26
FIGURA 5 – POPULAÇÃO OBSERVADA EM 2010 E ESTIMADA EM 2019, E RESULTADOS DO MAPEAMENTO POR IMAGENS DE SATÉLITE GOOGLE EARTH – SETORES CENSITÁRIOS DE CAXAMBU	39
FIGURA 6 – DIFERENÇA PERCENTUAL DA POPULAÇÃO PROJETADA NOS QUINQUÊNIOS ENTRE 2015 E 2040, EM RELAÇÃO À POPULAÇÃO DE 2010, PARA O MUNICÍPIO DE CAXAMBU	43
FIGURA 7 – EXEMPLO DE AUSÊNCIA DE PARTICIPAÇÃO SOCIAL COMO FATOR DE COMPROMETIMENTO DOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	71
FIGURA 8 – GESTÃO MULTIESCALAR NAS DIMENSÕES DOMICILIAR/LOCAL, MUNICIPAL, REGIONAL, ESTADUAL E FEDERAL	72
FIGURA 9 – BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS	76
FIGURA 10 – CRITÉRIOS AVALIADOS PARA FORMAÇÃO DOS ARRANJOS TERRITORIAIS ÓTIMOS - ATOS.	78
FIGURA 11 – SOLUÇÃO ALTERNATIVA INDIVIDUAL COM CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E CLORAÇÃO DOMICILIAR	86
FIGURA 12 – SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA - ILUSTRAÇÃO DA SALTA-Z PARA REMOÇÃO DE FERRO E MANGANÊS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	87
FIGURA 13 – SISTEMA COLETIVO COM DISTRIBUIÇÃO POR REDE - CAPTAÇÃO EM MANANCIAL DE SUPERFÍCIE E REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	87
FIGURA 14 – UNIDADES DE UM SISTEMA COLETIVO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA).....	88
FIGURA 15 – SOLUÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA INDICADAS PARA OS SISTEMAS COLETIVOS DE ABASTECIMENTO EXISTENTES EM CAXAMBU	91
FIGURA 16 – SOLUÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA INDICADAS PARA AS SOLUÇÕES INDIVIDUAIS DE ABASTECIMENTO EM CAXAMBU	96
FIGURA 17 – VAZÕES NAS DIVERSAS UNIDADES DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	106
FIGURA 18 – LAGOA DE MATURAÇÃO I DA ETE CAXAMBU	127
FIGURA 19 – LAGOA DE MATURAÇÃO II DA ETE CAXAMBU	128
FIGURA 20 – ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA SISTEMAS COLETIVOS..	129
FIGURA 21 – ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA SISTEMAS INDIVIDUAIS SEM VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	137
FIGURA 22 – ALTERNATIVAS TÉCNICAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA SISTEMAS INDIVIDUAIS COM VEICULAÇÃO HÍDRICA.....	138
FIGURA 23 – LOCALIZAÇÃO DE MONJOLINHO E DA ETE CAXAMBU	157
FIGURA 24 – DIVISÃO DO ACESSO AOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PELA POPULAÇÃO ...	160

FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS BACTÉRIAS E DOS INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL	169
FIGURA 26 – CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	175
FIGURA 27 – ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DESCENTRALIZADAS	176
FIGURA 28 – FATORES PARA ESCOLHA DA TECNOLOGIA MAIS APROPRIADA PARA ÁREAS RURAIS	177
FIGURA 29 – INTERAÇÃO DOS TRÊS EIXOS ESTRATÉGICOS DO SANEAMENTO BÁSICO NAS ÁREAS RURAIS E SUAS RESPECTIVAS ATRIBUIÇÕES, REQUISITOS E MEIOS EDUCACIONAIS, PARA OS DIVERSOS ATORES	179
FIGURA 30 – ILUSTRAÇÃO CICLO HIDROLÓGICO	185
FIGURA 31 – BACIAS NÃO URBANIZADAS	186
FIGURA 32 – BACIA URBANIZADA	187
FIGURA 33 – CORTE TRANSVERSAL DE ESQUEMA DE REDES DE INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO BÁSICO.....	191
FIGURA 34 – EXEMPLO DE SARJETA: SARJETA TRIANGULAR	192
FIGURA 35 – TIPOS DE BOCAS DE LOBO	192
FIGURA 36 – ESQUEMA DE REDE DE MICRODRENAGEM	193
FIGURA 37 – CANAL ABERTO.....	194
FIGURA 38 – GALERIA DE DRENAGEM.....	194
FIGURA 39 – EXEMPLO DE BUEIRO: BUEIRO CELULAR DUPLO DE SEÇÃO QUADRADA	195
FIGURA 40 – SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA A ESCALA PERIDOMICÍLIO	199
FIGURA 41 – EXEMPLOS DE TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO.....	201
FIGURA 42 – TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO EM PASSEIOS	201
FIGURA 43 – EXEMPLOS DE VALAS DE INFILTRAÇÃO	202
FIGURA 44 – VALA DE INFILTRAÇÃO COM CANALETA DE CONCRETO.....	203
FIGURA 45 – FLUXO DE ÁGUA EM UM POÇO DE INFILTRAÇÃO.....	204
FIGURA 46 – POÇO DE INFILTRAÇÃO CAMPUS UFSCAR.....	204
FIGURA 47 – ESQUEMA DE UM TELHADO VERDE	205
FIGURA 48 – CAMADAS QUE COMPÕEM UM TELHADO VERDE.....	206
FIGURA 49 – PROJETO TIPO DE UM MICRORRESERVATÓRIO.....	206
FIGURA 50 – IMAGEM E PLANTA DE UMA BACIA DE DETENÇÃO.....	207
FIGURA 51 – ILUSTRAÇÃO DE UMA BACIA DE RETENÇÃO	208
FIGURA 52 – ILUSTRAÇÃO BACIA DE RETENÇÃO - PARQUE 1º DE MAIO	209
FIGURA 53 – PAVIMENTO COM DUAS CAMADAS SOB O REVESTIMENTO	211
FIGURA 54 – BLOCOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO VAZADOS, PREENCHIDOS COM GRAMÍNEAS	212
FIGURA 55 – GEOCÉLULAS PLÁSTICAS.....	212
FIGURA 56 – BLOCOS DE CONCRETOS INTERTRAVADOS ASSENTADOS SOBRE BERÇO DE AREIA.....	213
FIGURA 57 – FUNCIONAMENTO DO CONCRETO POROSO.....	214
FIGURA 58 – CONCRETO ASFÁLTICO POROSO	214
FIGURA 59 – PLANTIO DE VEGETAÇÃO JUNTO ÀS MARGENS	216
FIGURA 60 – PROTEÇÃO DE MARGENS COM CANTEIRO LATERAL	217

FIGURA 61 – TERRAMESH (TELA VEGETAL) UTILIZADA PARA A CONTENÇÃO DE TALUDES EM CÓRREGO	217
FIGURA 62 – ENROCAMENTO UTILIZADO PARA REVESTIMENTO DO LEITO E DAS MARGENS DO CÓRREGO	218
FIGURA 63 – GABIÕES UTILIZADOS PARA A CONTENÇÃO DE ENCOSTAS.....	218
FIGURA 64 – PARQUE ECOLÓGICO DO TIETÊ, SÃO PAULO – FOTO AÉREA.....	220
FIGURA 65 – ÁREA DE RECREAÇÃO DO PARQUE ECOLÓGICO DO TIETÊ, SÃO PAULO.....	220
FIGURA 66 – PARQUE DAS NAÇÕES INDÍGENAS, CAMPO GRANDE - MS.....	221
FIGURA 67 – VISTA DO PARQUE DAS NAÇÕES INDÍGENAS.....	221
FIGURA 68 – PARQUE LINEAR NOSSA SENHORA DA PIEDADE, BELO HORIZONTE.....	222
FIGURA 69 – PARQUE MUNICIPAL 1º DE MAIO, BELO HORIZONTE.....	222
FIGURA 70 – CROQUI DE SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA IMPLANTADO PELO ESF	224
FIGURA 71 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA IMPLANTADO PELO ESF-SP	224
FIGURA 72 – BOCA DE LOBO INTELIGENTE.....	225
FIGURA 73 – REDE PARA RETER RESÍDUOS SÓLIDOS	226
FIGURA 74 – COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS RELATIVOS À COLETA CONVENCIONAL EM CAXAMBU	232
FIGURA 75 – ORDEM DE PRIORIDADE NA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	238
FIGURA 76 – SERVIÇO PÚBLICO OPERANDO COM A DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA DA TOTALIDADE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS GERADOS NO MUNICÍPIO	240
FIGURA 77 – SERVIÇO PÚBLICO OPERANDO COM TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA DE REJEITOS	242
FIGURA 78 – SERVIÇO PÚBLICO OPERANDO COM DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS RECICLÁVEIS .	244
FIGURA 79 – SERVIÇO PÚBLICO OPERANDO COM DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS E ORGÂNICOS E DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA DE REJEITOS	246
FIGURA 80 – REPRESENTAÇÃO DAS ETAPAS DOS PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA SERVIÇOS PÚBLICOS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	255
FIGURA 81 – MODELO DE PONTO DE APOIO.....	260
FIGURA 82 – PONTO DE APOIO UTILIZADO NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE.....	260
FIGURA 83 – PLANTA E CORTE DO MODELO DE PONTO DE APOIO UTILIZADO NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE	261
FIGURA 84 – SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA RELACIONADAS AOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO	284
FIGURA 85 – ELEMENTOS QUE DEVEM SER CONSIDERADOS NA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	294
FIGURA 86 – CONTEÚDO MÍNIMO DO PLANO DE RACIONAMENTO	308
FIGURA 87 – OBJETIVOS DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA	310
FIGURA 88 – ETAPAS DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA ABRANGIDAS NO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA	310

FIGURA 89 – ETAPAS ESPECÍFICAS DO DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA).....	311
FIGURA 90 – ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA (PSA)	314

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CENÁRIOS PLAUSÍVEIS PARA A POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL - VERSÃO REVISADA DO PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - PLANSAB EM 2019.....	5
TABELA 2 – INDICADORES SELECIONADOS PARA ESTABELECIMENTO DAS METAS PARA O PMSB DE CAXAMBU.....	9
TABELA 3 – REFERÊNCIAS UTILIZADAS PARA ESTABELECER AS METAS DE MÉDIO PRAZO DO PMSB DE CAXAMBU.....	12
TABELA 4 – EVOLUÇÃO DAS METAS ADOTADAS NO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE CAXAMBU, PARA OS PRAZOS IMEDIATO, CURTO, MÉDIO E LONGO.....	14
TABELA 5 – ASPECTOS DA POLÍTICA MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO QUE DEVEM SER REGULAMENTADOS POR LEI	19
TABELA 6 – ETAPAS E RESPECTIVOS PRODUTOS QUE COMPÕE O PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO - PMSB DE CAXAMBU	20
TABELA 7 – POPULAÇÃO TOTAL, URBANA E RURAL DE 2000 E 2010, E TAXA MÉDIA GEOMÉTRICA ANUAL DE CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO.....	35
TABELA 8 – RESULTADOS DAS PROJEÇÕES POPULACIONAIS PELOS MÉTODOS UFRN E CEDEPLAR/UFGM	35
TABELA 9 – DIFERENÇAS ABSOLUTAS E RELATIVAS ENTRE A POPULAÇÃO PROJETADA PELA UFRN E CEDEPLAR/UFGM	36
TABELA 10 – POPULAÇÃO OBSERVADA EM 2010 E ESTIMADA EM 2019, E RESULTADOS DO MAPEAMENTO POR IMAGENS DE SATÉLITE GOOGLE EARTH – SETORES CENSITÁRIOS DE CAXAMBU	39
TABELA 11 – PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO POR SETORES CENSITÁRIOS ENTRE 2010 E 2040 - CAXAMBU....	44
TABELA 12 – INFORMAÇÕES TURÍSTICAS E POPULAÇÃO FLUTUANTE DE CAXAMBU	46
TABELA 13 – OBJETIVOS PARA AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES IDENTIFICADAS EM RELAÇÃO AO DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL	49
TABELA 14 – OBJETIVOS PARA AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES IDENTIFICADAS EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	51
TABELA 15 – OBJETIVOS PARA AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES IDENTIFICADAS EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	52
TABELA 16 – OBJETIVOS PARA AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES IDENTIFICADAS EM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	54
TABELA 17 – OBJETIVOS PARA AS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES IDENTIFICADAS EM RELAÇÃO À GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	55
TABELA 18 – OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA O DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL	57
TABELA 19 – OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA...	59
TABELA 20 – OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA OS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO...	62
TABELA 21 – OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA OS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS	64
TABELA 22 – OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA A GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS	66

TABELA 23 – AÇÕES DE SANEAMENTO BÁSICO, GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LOGÍSTICA REVERSA QUE PODEM SER DESENVOLVIDAS EM CONSÓRCIOS PÚBLICOS.....	75
TABELA 24 – INSTRUMENTOS DE ORIENTAÇÃO PARA FORMAÇÃO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS INTERMUNICIPAIS	77
TABELA 25 – LISTA DE MUNICÍPIOS QUE COMPÕEM O CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS - CISAB.....	79
TABELA 26 – CATEGORIAS DE INSTALAÇÕES PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	86
TABELA 27 – FORMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	89
TABELA 28 – CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE TRATAMENTO DE ÁGUA INDICADO PARA A ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	92
TABELA 29 – CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA INDICADOS PARA A ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	97
TABELA 30 – VARIÁVEIS UTILIZADAS NOS CÁLCULOS DE DEMANDA DE ÁGUA PARA A SEDE MUNICIPAL DE CAXAMBU.....	103
TABELA 31 – PRINCIPAIS VALORES ADOTADOS PARA A REALIZAÇÃO DO PROGNÓSTICO DOS SISTEMAS COLETIVOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EXISTENTES	105
TABELA 32 – AVALIAÇÃO DE DEMANDAS PELOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, PROJETADAS DE 2022 A 2041, PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA SEDE DE CAXAMBU	109
TABELA 33 – DEMANDAS PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, PROJETADAS DE 2022 A 2041, PARA A LOCALIDADE DE MONJOLINHO.....	112
TABELA 34 – DEMANDAS PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, PROJETADAS DE 2022 A 2041, PARA A LOCALIDADE DE SÍTIO LARANJEIRAS	113
TABELA 35 – NÍVEIS DE ACESSO À ÁGUA, SEGUNDO A ESTIMATIVA DE VOLUME DE ÁGUA COLETADO, DISTÂNCIA PERCORRIDA, NECESSIDADES ATENDIDAS E CONSEQUENTES EFEITOS À SAÚDE	115
TABELA 36 – DEMANDA MÁXIMA DE ÁGUA PARA A POPULAÇÃO ATENDIDA POR SOLUÇÕES ALTERNATIVAS (COLETIVAS OU INDIVIDUAIS)	116
TABELA 37 – DEMANDA DE ÁGUA NO BAIRRO CENTRO* PARA A POPULAÇÃO FLUTUANTE NO MUNICÍPIO DE CAXAMBU.....	118
TABELA 38 – CARACTERÍSTICAS DOS POSSÍVEIS MANANCIAIS SUPERFICIAIS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA FUTURO NO MUNICÍPIO DE CAXAMBU.....	119
TABELA 39 – TARIFAS SOCIAIS APLICÁVEIS AOS USUÁRIOS DA COPASA PARA SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	123
TABELA 40 – DIRETRIZES E ESTRATÉGIAS PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	125
TABELA 41 – TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO PARA SISTEMAS COLETIVOS.....	130
TABELA 42 – CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA DA SOLUÇÃO TÉCNICA	135
TABELA 43 – TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS PARA SISTEMAS INDIVIDUAIS	139
TABELA 44 – VARIÁVEIS UTILIZADOS NO CÁLCULO DE DEMANDA DO SISTEMA COLETIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE CAXAMBU	148
TABELA 45 – VALORES APROXIMADOS DE TAXAS DE INFILTRAÇÃO EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO.....	149

TABELA 46 – INFORMAÇÕES SOBRE O SERVIÇO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E A COBERTURA DE ATENDIMENTO.....	150
TABELA 47 – PRINCIPAIS VALORES ADOTADOS PARA A REALIZAÇÃO DO PROGNÓSTICO DO SISTEMA COLETIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU OPERADO PELA COPASA	151
TABELA 48 – DEMANDAS DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA ÁREA URBANA DE CAXAMBU	153
TABELA 49 – DEMANDAS PELOS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA AS LOCALIDADES MONJOLINHO E SÍTIO LARANJEIRAS VÁLIDAS PARA O HORIZONTE DE PLANEJAMENTO DO PMSB	156
TABELA 50 – VAZÃO MÉDIA DE CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTOS PARA A POPULAÇÃO ATENDIDA POR SOLUÇÕES INDIVIDUAIS	158
TABELA 51 – EFICIÊNCIAS TEÓRICAS ADOTADAS PARA SOLUÇÕES INDIVIDUAIS.....	161
TABELA 52 – EFICIÊNCIAS TEÓRICAS ADOTADAS PARA SOLUÇÕES COLETIVAS	162
TABELA 53 – ESTIMATIVA DE CARGA ORGÂNICA PARA A POPULAÇÃO URBANA.....	165
TABELA 54 – ESTIMATIVA DE CARGA ORGÂNICA PARA A POPULAÇÃO RURAL DE MONJOLINHO E SÍTIO LARANJEIRAS CONSIDERANDO A MAIOR DEMANDA PARA O HORIZONTE DE PLANEJAMENTO DO PMSB	166
TABELA 55 – DOENÇAS DE TRANSMISSÃO HÍDRICA E VIA FECAL-ORAL	167
TABELA 56 – PADRÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 PARA O PARÂMETRO COLIFORMES TERMOTOLERANTES, CONFORME A CLASSE DE ENQUADRAMENTO DO CORPO D'ÁGUA.....	170
TABELA 57 – EFICIÊNCIAS TÍPICAS (VALORES DE PROJETO) DE DIFERENTES SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NA REMOÇÃO DE COLIFORMES	171
TABELA 58 – NÍVEIS DE TRATAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	172
TABELA 59 – PRINCIPAIS PROCESSOS PARA A REMOÇÃO DE ORGANISMOS PATOGENICOS NO TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	173
TABELA 60 – BAIRROS URBANOS EM ÁREAS DE MAIOR DECLIVIDADE POR MICROBACIA.....	200
TABELA 61 – TERMINOLOGIA APLICADA A PAVIMENTOS PERMEÁVEIS	210
TABELA 62 – CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS COMPONENTES DA GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ESCALA MUNICIPAL	229
TABELA 63 – EQUAÇÕES APLICADAS PARA ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	231
TABELA 64 – ESTIMATIVAS DAS MASSAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO MUNICÍPIO NO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO	233
TABELA 65 – ETAPAS OPERACIONAIS DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, COM RELAÇÃO À FRAÇÃO DE RESÍDUO DOMÉSTICO.....	236
TABELA 66 – DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DE LIMPEZA PÚBLICA, COM RELAÇÃO AO TIPO DE RESÍDUO RECOLHIDO	236
TABELA 67 – ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA SERVIÇOS PÚBLICOS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	248
TABELA 68 – ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PARA SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA	254

TABELA 69 – CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO ..	264
TABELA 70 – PRINCIPAIS ASPECTOS DO MANIFESTO DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS EM NÍVEL NACIONAL E ESTADUAL	277
TABELA 71 – DEFINIÇÕES E CRITÉRIOS RELATIVOS À DESTINAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E RESÍDUOS VOLUMOSOS.....	279
TABELA 72 – FONTES DE INFORMAÇÃO DE INSTITUIÇÕES PÚBLICAS GOVERNAMENTAIS SOBRE SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA	282
TABELA 73 – ATORES ENVOLVIDOS NA OPERACIONALIZAÇÃO DAS AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE CAXAMBU	287
TABELA 74 – PRINCIPAIS CONCEITOS DA ÁREA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL E DE GESTÃO DE RISCO	292
TABELA 75 – MATERIAIS DE APOIO PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DE CONTINGÊNCIA.....	294
TABELA 76 – ESTADO DE CALAMIDADE PÚBLICA - ECP VIGENTE NO MUNICÍPIO DE CAXAMBU EM 2020	296
TABELA 77 – AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	301
TABELA 78 – LEGISLAÇÕES RELACIONADAS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA E À QUALIDADE DA ÁGUA	315
TABELA 79 – AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	318
TABELA 80 – AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	323
TABELA 81 – AÇÕES DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DO MUNICÍPIO DE CAXAMBU	328
TABELA 82 – AÇÕES DE CONTINGÊNCIA PARA OS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO, RELACIONADAS À PANDEMIA DE COVID-19	334

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURA

AA – Abastecimento de Água

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACs – Agentes Comunitários de Saúde

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APP – Área de Preservação Permanente

Arsae-MG – Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais

ASPP – Aterro Sanitário de Pequeno Porte

ATO – Arranjos Territoriais Ótimos

CadÚnico – Cadastro Único para Programas Sociais

CC – Comitê de Coordenação

CDF – Certidão de Destinação Final

CE – Comitê Executivo

Cedae-RJ – Companhia Estadual de Água e Esgotos do Rio de Janeiro

Cedeplar – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional

Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais S.A.

Cempre – Compromisso Empresarial para Reciclagem

Cerh-MG – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais

Cimams – Consórcio Intermunicipal Multifinalitário da Área Mineira da Sudene

Cisab – Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais

CMDRS – Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável

Cobrade – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

Codanorte – Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Ambiental Sustentável do Norte de Minas

Codema – Conselho Municipal de Conservação e Defesa do Meio Ambiente

Comdec – Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil

Comsab – Conselho Municipal de Saneamento Básico

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Conpdec – Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil

Cooperativa Eita – Cooperativa de Trabalho em Educação, Informação e Tecnologia para Autogestão

Copam – Conselho Estadual de Política Ambiental

Copanor – Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A

Copasa – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Cras – Centro de Referência de Assistência Social

CT – Custo Total

CTR – Controle de Transporte de Resíduos

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

Diadm – Divisão de Administração

Diesp – Divisão de Engenharia de Saúde Pública

DMR – Declaração de Movimentação de Resíduos

DN – Deliberação Normativa

Dnit – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ECO – Economias Existentes

ECP – Estado de Calamidade Pública

Emater-MG – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ES – Esgotamento Sanitário

ESF – Estratégia Saúde da Família

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

Feam – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FFC – Fator de Frequência de Coleta

FMSB – Fundos Municipais de Saneamento Básico

FSesp – Fundação Serviço Especial de Saúde

Funasa – Fundação Nacional de Saúde

GTI Plansab – Grupo de Trabalho Interinstitucional do Plansab

Ibam – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDE-Sisema – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IEF – Instituto Estadual de Florestas

Igam – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Inbra – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INCT ETEs Sustentáveis – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto

IP – Índice de Perdas

IPD – Índice de Perdas Desejável

Ipeta – Índice de perdas na Estação de Tratamento de Água

IQA – Índice de Qualidade das Águas

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

MAP – Manejo de Águas Pluviais

MC – Ministério das Cidades

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

ME – Ministério da Economia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS – Ministério da Saúde

MSD – Melhorias Sanitárias Domiciliares

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

PAE – Plano de Ação de Emergência

PEAD – Polietileno de alta densidade

PERS – Política Estadual de Resíduos Sólidos

Pesb – Plano Estadual de Saneamento Básico

PEV – Ponto de Entrega Voluntária

PGRSS – Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde

PIB – Produto Interno Bruto

Planasa – Plano Nacional de Saneamento

Plancon – Plano de Contingência

Plansab – Plano Nacional de Saneamento Básico

PMGIRS – Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PMSS – Programa de Modernização do Setor de Saneamento Básico

Pnad – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNSR – Programa Nacional de Saneamento Rural

POAs – Processos oxidativos avançados

PPA – Plano Plurianual

PRGIRSU – Plano de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos

PSA – Plano de Segurança da Água

PSBR – Programa Saneamento Brasil Rural

qpc – Cota per capita

RAC – Reator anaeróbio compartimentado

Rimas – Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas

RCC – Resíduos da Construção Civil

ReCESA – Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

REE – Resíduo Eletroeletrônicos

RS – Resíduos Sólidos

RSD – Resíduos Sólidos Domiciliares

RSS – Resíduos de Serviços de Saúde

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RV – Resíduos Volumosos

S2iD – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

Saae – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SAC – Sistemas alagados construídos

Saduc – Seção de Educação em Saúde Ambiental

SBNs – Soluções Baseadas na Natureza

SE – Situação de Emergência

Secov – Serviço de Convênios

Sedec – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

Selur – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana

Semad – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

Sesam – Serviço de Saúde Ambiental

Siagas – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIGs – Sistemas de Informações Geográficas

SM – Setores de Mobilização

SMARH – Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SMS – Secretaria Municipal de Saúde

Simisab – Sistema Municipal de Informações sobre Saneamento

Sinasa – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico

Sinir – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos

Sinpdec – Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

Sisnama – Sistema Nacional de Meio Ambiente

Snis – Sistema Nacional de Informações em Saneamento

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

Suasa – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

Suest-MG – Superintendência Estadual da Fundação Nacional de Saúde no Estado de Minas Gerais

Supram Norte de Minas – Superintendência Regional de Regularização Ambiental Norte de Minas

TED – Termo de Execução Descentralizada

TCL – Tarifa de Coleta de Lixo

TR – Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico

UASB – Reator anaeróbio de fluxo ascendente

UC – Unidade de Conservação

UCR – Unidade de Coleta de Resíduos

UF – Unidade da Federação

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFV – Universidade Federal de Viçosa

Unicef – Fundo das Nações Unidas para a Infância

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

UPGRH JQ1 – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos Alto Rio Jequitinhonha

UTC – Unidade de Triagem e Compostagem

UV – Ultravioleta

WHO – *World Health Organization*

1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta as atividades que compõem o Produto D, conforme estabelecido pelo Termo de Referência da Fundação Nacional de Saúde (TR Funasa) para a elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico, versão 2018.

O desenvolvimento do Produto D - Prognóstico do Saneamento Básico do PMSB de Caxambu se guiou pela:

- (i) apresentação de um cenário de referência para a gestão dos serviços;
- (ii) estabelecimento de metas para os componentes do saneamento e para o desenvolvimento institucional;
- (iii) projeção populacional das áreas urbanas e rurais;
- (iv) definição dos objetivos a serem alcançados pelo PMSB; e
- (v) perspectivas técnicas para os quatro componentes do saneamento.

As diretrizes e alternativas propostas para a universalização dos serviços de saneamento estão embasadas nos levantamentos realizados na fase de Diagnóstico e na análise do cenário apresentado, considerando-se um horizonte de planejamento de 20 anos. As demandas e metas de atendimento foram distribuídas pelo horizonte de planejamento do Plano (20 anos), sendo estratificadas em horizontes parciais, sendo:

- Prazo Imediato: até três anos, sendo de 2022 a 2024;
- Curto prazo: entre 4 e 8 anos, sendo de 2025 a 2029;
- Médio prazo: entre 9 e 12 anos, sendo de 2030 a 2033;
- Longo prazo: entre 13 e 20 anos, sendo de 2034 a 2041.

Além do cenário, a projeção populacional é um dos importantes aspectos trabalhados nesse produto. As projeções populacionais têm como objetivo subsidiar o planejamento das ações imediatas, e de curto, médio e longo prazo. Nesse sentido, buscou-se desenvolver uma metodologia mais adequada à realidade de municípios de pequeno porte, sendo para tanto, utilizada uma metodologia inovadora.

O presente documento apresenta ainda a proposição de alternativas técnicas para atendimento da demanda pelos serviços saneamento, que atendam às metas e objetivos traçados. É importante destacar que não cabe ao Produto D – Prognóstico deste PMSB apresentar soluções de tecnologias de tratamento definitivas, sendo portanto, apresentadas algumas alternativas de concepção que existem atualmente e são condizentes com a realidade do município de

Caxambu, cabendo o detalhamento e a definição da melhor tecnologia e solução aos projetos futuros que estão propostos no Produto E do PMSB. Cabe destacar que além das perspectivas técnicas, o documento apresenta as possibilidades de eventos de emergência e contingência para cada componente do saneamento básico, sendo posteriormente propostos as ações e procedimentos a serem tomados, em caso de ocorrência deste tipo de evento.

Espera-se que o cenário de referência, as projeções (populacional de demanda) e as alternativas técnicas apresentadas subsidiem a definição dos programas, projetos e ações necessários para o atendimento dos objetivos propostos.

2. CENÁRIO DE REFERÊNCIA PARA A GESTÃO DOS SERVIÇOS

2.1. Estudo de cenários

Segundo o Plano Nacional de Saneamento (Plansab), em todo o mundo, cada vez mais tem sido empregadas técnicas de elaboração de cenários para o planejamento estratégico. Nesse contexto, a análise de cenários orientou tanto a primeira versão do Plansab, publicada em dezembro de 2013 pelo então Ministério das Cidades – MCIDADES (MCIDADES, 2013)², bem como sua revisão, cuja versão foi submetida aos conselhos de políticas correlatas, em julho de 2019 pelo Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR (MDR, 2019).

A estrutura dos cenários previstos no Plansab constitui-se de cinco condicionantes críticas para a política de saneamento básico no Brasil, que procuram retratar as variáveis mais impactantes na política:

1. quadro macroeconômico;
2. papel do Estado, legislação e desenvolvimento institucional;
3. gestão e desenvolvimento social;
4. nível de investimentos no setor saneamento;
5. matriz tecnológica, meio ambiente e disponibilidade hídrica.

Para cada condicionante são previstas hipóteses de desenvolvimento futuro que retratam os cenários, por meio de previsões de caráter qualitativo e de indicadores que estimam resultados concretos (MCIDADES, 2013, MDR, 2019).

Na tarefa de revisão dos cenários de referência, conforme consta na versão revisada do Plansab (MDR, 2019), o primeiro passo foi revisitar o estudo originalmente elaborado que orientou todo o processo. Neste contexto, de acordo com Britto, Heller e Rezende (2020), na revisão, embora se observe a lacuna de um fraco alinhamento com os princípios dos direitos humanos à água e ao esgotamento sanitário, aos quais o Brasil aderiu, em 2010, é mantida a lógica de planejamento pautada em uma visão estratégica do futuro. Os cenários de planejamento foram atualizados, de forma a se ajustarem à realidade esperada nos próximos anos de sua vigência, já antevista na versão original do Plansab, mas tratada como um cenário alternativo (BRITTO, REZENDE, HELLER, 2020).

² Ministério das Cidades até janeiro de 2019, atual Ministério do Desenvolvimento Regional.

Conforme discutido por Braga, Heller e Rezende (2020), na etapa prospectiva do Plansab, foram encontrados cerca de 40 mil cenários futuros potenciais e, com a utilização de instrumental técnico apropriado, esse número foi reduzido. Ao final, um grupo de especialistas e autoridades públicas foi convidado a escolher os três cenários mais plausíveis, acabando por eleger os que mais privilegiariam os valores sociais (BRAGA, HELLER e REZENDE, 2013).

Na versão revisada do Plansab, a partir de decisão prévia dos atores responsáveis pela política de saneamento básico, representados pelo Grupo de Trabalho Interinstitucional (GTI) Plansab, optou-se por ampliar as diferenças entre os cenários de forma a identificar três realidades futuras distintas e com impactos variados sobre a política pública de saneamento. Assim, o primeiro cenário, otimista, que responde pelo maior potencial de universalização no menor prazo possível, com qualidade e equidade adequadas, é denominado ‘Cenário Universalização’. O segundo cenário, intermediário, que tem potencial de elevar significativamente o nível de acesso aos serviços, melhorando a qualidade e equidade atuais, é denominado ‘Cenário Busca da Universalização’. Por sua vez, o terceiro cenário, pessimista, que prevê um futuro de grandes dificuldades para o setor com baixo crescimento do acesso, e qualidade e equidade limitadas, é denominado ‘Cenário Distante da Universalização’. Identificados os cenários, verificou-se a necessidade de se fazer algumas adequações nas hipóteses originais, tanto naquelas que preveem o futuro do condicionante macroeconômico quanto nas que qualificam as condições institucionais e socioambientais, conforme mostrado na Tabela 1, a seguir (MDR, 2019).

Tabela 1 – Cenários plausíveis para a política de saneamento básico no Brasil - versão revisada do Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab em 2019

Condicionantes	Cenário Universalização	Cenário Busca da Universalização	Cenário Distante da Universalização
Quadro Macroeconômico	Elevado crescimento, sem gerar pressões inflacionárias, com uma relação dívida/PIB decrescente	Moderado crescimento, expansão modesta da taxa de investimento e ocorrência de pressão inflacionária	Menor crescimento, menor expansão da taxa de investimento e maior pressão inflacionária
Papel do Estado (Modelo de Desenvolvimento) / Marco Regulatório / Relação Interfederativa	Estado provedor e condutor dos serviços públicos com participação do setor privado e forte cooperação entre os entes federativos	Redução do papel do Estado, participação do setor privado em funções públicas essenciais e moderada cooperação entre os entes	Estado mínimo com mudanças nas regras regulatórias e conflitos na relação interfederativa
Gestão, Gerenciamento, Estabilidade e Continuidade de Políticas Públicas/ Participação e Controle Social	Avanços na capacidade de gestão com continuidade entre mandatos	Políticas de estado contínuas e estáveis	Prevalência de políticas de governo
Investimento no Setor	Crescimento do patamar dos investimentos públicos e privados submetidos ao controle social	Aumento dos investimentos públicos e privados, parcialmente com critérios de planejamento, insuficientes para a universalização	Diminuição do atual patamar de investimentos públicos e privados aplicados sem critérios
Matriz Tecnológica/ Disponibilidade de Recursos Hídricos	Desenvolvimento de tecnologias apropriadas e ambientalmente sustentáveis	Adoção parcial de tecnologias sustentáveis de forma dispersa	Soluções não compatíveis com as demandas e com as tendências internacionais

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR, 2019

Ao simular as condições de cada cenário, dentre os três plausíveis, foi possível identificar o Cenário Busca da Universalização como provável de ocorrer no horizonte do Plano e suficiente para implementar o planejamento proposto, sendo assim adotado como base para a política de saneamento básico do País para os próximos anos (MDR, 2019). Os outros dois, Cenário Universalização e Cenário Distante da Universalização, são descritos e mantidos como referências para o monitoramento e orientação das tomadas de decisões durante a implementação do Plansab.

O Cenário Busca da Universalização partiu da premissa de que a economia brasileira apresentará um crescimento moderado no período 2019 a 2033, durante o qual, mesmo com dificuldades na implementação das reformas estruturais necessárias, os maiores gargalos existentes seriam superados – sobretudo na área de infraestrutura econômica – de forma a assegurar o médio crescimento previsto. Tal desempenho possibilitará, assim, um crescimento no patamar de investimentos em saneamento básico que, embora insuficientes para alcançar a

universalização, terá condições de melhorar significativamente o nível de acesso e a qualidade dos serviços. Tais características tornam esse cenário factível para a política de saneamento básico do Brasil no período de 2019 a 2033, o que justifica a sua escolha como cenário base para a versão revisada do Plansab (MDR, 2019).

Outro importante material que orienta a definição dos cenários de planejamento no município de Caxambu, refere-se ao estudo que embasou a elaboração do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), atualmente denominado de Programa Saneamento Brasil Rural (PSBR). Neste contexto, cabe destacar que, visando à formulação do PSBR, foi desenvolvida, entre fevereiro de 2015 e agosto de 2019, a pesquisa intitulada “*Estudos para concepção, formulação e gestão do Programa Nacional de Saneamento Rural*”. A pesquisa, assim como o Projeto SanBas, foi desenvolvida no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), iniciando em fevereiro de 2015, após a aprovação do Termo de Execução Descentralizada nº 01, processo nº: 25100.018.635/2014-70. Esse termo também estabeleceu parceria entre a UFMG e a Fundação Nacional de Saúde (Funasa).

Ressalta-se ainda que o PSBR (FUNASA, 2019) não se orientou por diferentes cenários. No único cenário do PSBR, o horizonte de curto prazo (2019 a 2023) não considera grandes investimentos em medidas estruturais, sendo nesse período incentivadas as ações relacionadas à gestão (medidas estruturantes). No horizonte de médio prazo (2024-2028), ocorre um pequeno aumento no ritmo de crescimento dos investimentos, principalmente em medidas estruturantes, esperando-se que essas ações favoreçam a adesão às soluções implantadas e sua apropriação pelos usuários. E, por fim, no horizonte de longo prazo (2029-2038), permanecem os baixos investimentos em medidas estruturais, não sendo alcançada a universalização do atendimento por serviços de saneamento básico ao final do prazo.

Nesse contexto, a Equipe da UFMG/Projeto SanBas, em decisão conjunta com a Superintendência Estadual da Fundação Nacional de Saúde no Estado de Minas Gerais - Suest-MG, optou por utilizar, como balizadoras do processo de planejamento, as premissas da versão revisada do Plansab (MDR, 2019) e do PSBR (FUNASA, 2019a). Assim não foi construído um cenário de planejamento em saneamento básico para Caxambu, no entanto, ressalta-se que para a proposição de metas a realidade do saneamento no município foi considerada.

As metas definidas pelo Plansab (2019) e PSBR (FUNASA, 2019) e que orientam o presente processo de planejamento são apresentadas no item 2.1.1.

2.1.1. Metas de prazo imediato, curto, médio e longo

O Decreto nº 7.217 de 2010 (artigo 25, inciso II) estabelece que o Plano Municipal de Saneamento Básico deve abranger, dentre outros tópicos, metas de curto, médio e longo prazos, buscando a universalização dos serviços, sendo, para tanto, observada a compatibilidade com os demais planos setoriais (BRASIL, 2010).

Em âmbito internacional, a universalização do acesso ao saneamento básico é reafirmada com a criação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, pela Organização das Nações Unidas - ONU, na qual foram estabelecidas 169 metas e 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS (ONU, 2015; FUNASA, 2019). Dentre os objetivos definidos, alguns relacionam-se direta e/ou transversalmente com o saneamento básico, tal como pode ser observado na Figura 1. Ressalta-se o compromisso com a universalização do acesso ao saneamento básico, em especial à água potável, em quantidade e qualidade suficientes, e ao esgotamento sanitário (ODS 6). Além desse, outros objetivos perpassam e tangem o saneamento, como por exemplo a relação saneamento e energia limpa para o desenvolvimento sustentável (ODS 7) e o alcance de padrões de produção e consumo sustentáveis, que refletem numa gestão sustentável e incentivos à prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos (ODS 12) (ONU, 2015; FUNASA, 2019; IBGE, 2020).

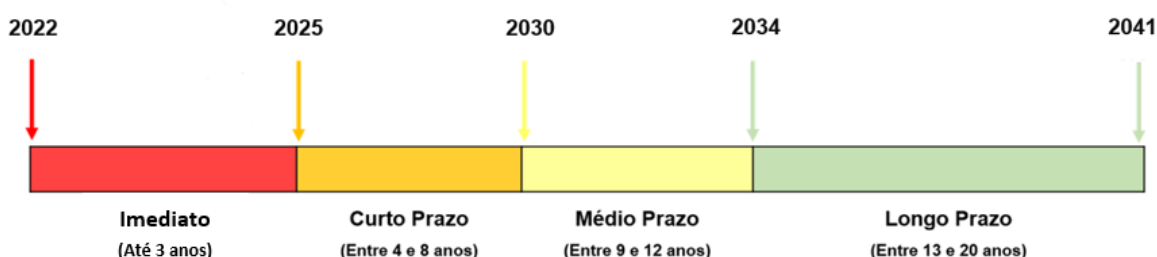
Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS relacionados direta e/ou transversalmente com o saneamento básico



Fonte: ODSBrasil, 2020

Segundo a Funasa (2018), as metas devem ser mensuráveis, preferencialmente apoiada em indicadores, e devem ser propostas de forma gradual, buscando o alcance dos objetivos ao longo dos 20 anos que perfazem o horizonte do planejamento. Tomando-se como referência o TR da Funasa para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico (2018), o horizonte de planejamento do PMSB de Caxambu foi intercalado em prazos, sendo imediato, curto, médio e longo, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Distribuição do horizonte de planejamento do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu



Fonte: Adaptado de Funasa, 2018

Como ponto de partida para estabelecimento das metas, foram selecionados os indicadores, tomando-se como referência a versão revisada do Plansab (MDR, 2019). Nesta versão revisada foram propostos 29 indicadores e destes, 12 foram selecionados para o Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu, sendo quatro referentes ao abastecimento de água, quatro ao esgotamento sanitário, três ao manejo de resíduos sólidos e um ao manejo das águas pluviais, conforme apresentado na Tabela 2. Além disso, foi selecionado um indicador do Programa Saneamento Brasil Rural (FUNASA, 2019a), referente ao manejo de águas pluviais, nomeado e adaptado como MAP2 neste documento.

A Tabela 2 apresenta o detalhamento dos indicadores selecionados para o estabelecimento das metas para o PMSB de Caxambu. Ressalta-se que os indicadores selecionados no presente documento foram aqueles considerados mais representativos para mensurar a universalização dos serviços, observados os princípios fundamentais de prestação dos serviços de forma adequada à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à sustentabilidade econômica. No entanto, outros indicadores deverão ser utilizados para monitoramento e avaliação, tanto dos serviços de saneamento básico, quanto da execução do PMSB em Caxambu, conforme abordado no Produto F – Indicadores de Desempenho do PMSB.

Tabela 2 – Indicadores selecionados para estabelecimento das metas para o PMSB de Caxambu

Componente	Cálculo do indicador
ABASTECIMENTO DE ÁGUA	AA1. Número de domicílios urbanos e rurais abastecidos com água por rede de distribuição com canalização interna ou na propriedade, ou por poço ou nascente com canalização interna / Total de domicílios (Fonte: Censo)
	AA2. Número de domicílios urbanos abastecidos com água por rede de distribuição com canalização interna ou na propriedade, ou por poço ou nascente com canalização interna / Total de domicílios urbanos (Fonte: Censo)
	AA3. Número de domicílios rurais abastecidos com água por rede de distribuição com canalização interna ou na propriedade, ou por poço ou nascente com canalização interna / Total de domicílios rurais (Fonte: Censo)
	AA4. (Volume de água disponibilizado na distribuição - Volume de água consumido - Volume de água de serviços) / Volume de água disponibilizado na distribuição (Fonte: SNIS)
ESGOTAMENTO SANITÁRIO	ES1. Número de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários / Total de domicílios (Fonte: Censo)
	ES2. Número de domicílios urbanos servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários / Total de domicílios urbanos (Fonte: Censo)
	ES3. Número de domicílios rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para os excretas ou esgotos sanitários / Total de domicílios rurais (Fonte: Censo)
	ES4. Volume de esgoto coletado tratado / Volume de esgoto coletado (Fonte: SNIS)
MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	RS1. Número de domicílios urbanos e rurais atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos urbanos / Total de domicílios (Fonte: Censo)
	RS2. Número de domicílios urbanos atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos urbanos / Total de domicílios urbanos (Fonte: Censo)
	RS3. Número de domicílios rurais atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos urbanos / Total de domicílios rurais (Fonte: Censo)
MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	MAP1. Número de domicílios não sujeitos a riscos de inundações na área urbana / Total de domicílios urbanos (Fonte: SNIS)
	MAP2. Número de domicílios urbanos localizados em vias com pavimento, meio fio e bocas de lobo / Total de domicílios urbanos (Fonte: Censo)

¹ Cabe ressaltar que a coleta de resíduos sólidos não necessariamente culmina em uma destinação ambientalmente adequada de resíduos, sendo essa pauta enfatizada no item 5.4 do presente documento, voltado às perspectivas técnicas de resíduos sólidos.

Fonte: Adaptado de MDR, 2019; PSBR, 2019.

Após a definição dos indicadores a serem utilizados, partiu-se para o preenchimento da tabela de metas para o município de Caxambu (Tabela 3). Na tabela em questão, para os indicadores que têm como fonte o Censo Demográfico (AA1; AA2; AA3; AA4; ES1; ES2; ES3; RS1; RS2 e RS), tendo em vista a defasagem dos dados (dez anos, considerando o período de 2010, ano do último Censo, a 2020, ano de elaboração do PMSB), foi realizado um cálculo da estimativa dos valores desses indicadores para o ano de 2017. A escolha do ano de 2017 como ano base, deu-se em razão deste ser o ano base dos indicadores apresentados na versão revisada do Plansab (MDR, 2019), não havendo outra fonte mais atualizada que expresse os valores desses indicadores.

A estimativa do dado para o município foi calculada tendo como referência os percentuais de crescimento de cada indicador, no período de 2010 a 2017, sendo considerados os valores da região do país na qual Caxambu está inserido. Assim, as taxas de crescimento dos indicadores para a região Sudeste no período mencionado, foram aplicadas sobre os valores do município no ano de 2010, obtendo-se as estimativas desses para o ano de 2017, este considerado o ano base dos indicadores. Cabe ressaltar que os valores estimados para 2017 passaram por uma consulta junto aos Comitês Executivo e de Coordenação do PMSB de Caxambu, que ratificaram que as estimativas eram próximas à realidade do município naquele ano. Ressalta-se que, apesar de o indicador MAP2 ter o Censo Demográfico como fonte de informação, não foi possível calcular a estimativa deste, uma vez que ele não faz parte dos indicadores apresentados no Plansab (MDR, 2019). Assim, o ano de 2010 foi considerado como o ano base, em razão da inexistência desse dado em outra fonte. Cabe ressaltar a necessidade da revisão do PMSB ser realizada logo após a publicação dos dados do Censo Demográfico de 2022, de modo a atualizar os dados aqui apresentados, conforme será previsto nas ações do plano.

Para os indicadores que têm como fonte de referência o Sistema Nacional de Informações em Saneamento (Snis), foi realizada consulta ao sistema para verificação do valor do indicador referente ao ano 2018, último ano com dados disponíveis.

A partir dos dados do ano base de cada indicador, foram estabelecidas as metas a serem alcançadas pelo município de Caxambu, observando-se os prazos apresentados no item 2.1.1 sendo prazo imediato (até o ano de 2024), curto (até o ano de 2029), médio (até o ano de 2033) e longo (até o ano de 2041). O estabelecimento de metas deve se balizar por cenários de referência, os quais orientam o processo de planejamento. Conforme já mencionado, o presente PMSB tem como balizador as premissas do cenário de “Busca da Universalização” da versão revisada do Plansab (MDR, 2019) e do cenário de referência do PSBR (2019). Assim, considerando que o Plano Municipal de Saneamento Básico deve estar articulado com os planos nacional e estadual do setor, as metas do presente PMSB serão orientadas pelas metas dos dois documentos mencionados. Tendo em vista que o Plano Estadual de Saneamento Básico (Pesb) do estado de Minas Gerais teve sua elaboração iniciada em junho de 2020 e não se encontra concluído, razão pela qual não foi possível utilizar os dados do referido plano.

As metas apresentadas no Plansab são de quase universalização até o ano de 2033 e do PSBR até o ano de 2038. Desta forma, considerando, que o PMSB de Caxambu tem seu horizonte de planejamento até o ano de 2041, adotou-se que até o final deste horizonte (metas de longo

prazo) o município deverá atingir o valor de 100% para todos os indicadores selecionados, uma vez que o PMSB deve buscar a universalização dos serviços. Para definição das metas de médio prazo, o valor do ano base de cada indicador do PMSB foi comparado aos valores do ano base dos indicadores do Plansab (A1, A2, A3, A6, E1, E2, E3, E4, R1, R2, R3 e D2), sendo verificada a proximidade dos valores do município em relação aos valores do Brasil, e da região Sudeste (na qual o município de Caxambu está localizado). Assim, após verificação da aproximação, a meta do final do horizonte de planejamento do Plansab (2033) para a área de abrangência identificada como mais próxima (Brasil ou Sudeste), foi adotada como meta de médio prazo (2033) para o município. A título de exemplo, o valor do ano base (2017) do indicador RS2 para o município de Caxambu foi de 99,3%, enquanto os valores desse mesmo indicador, em 2017, para o Brasil e regiões Sudeste e Nordeste foram, respectivamente, 97,9% e 98,9%. Como observa-se, o valor do município se aproximou mais do valor referente à região Sudeste. Assim, como meta de médio prazo do PMSB (2033), adotou-se a meta de longo prazo (2033) do Plansab para a região Sudeste (100,0%).

Os indicadores AA3, ES3 e RS3 do PMSB, que se referem a domicílios na área rural, além dos valores dos indicadores do Plansab (A3, E3 e R3), foram também comparados aos valores do ano base dos indicadores AA, ES e MRS do PSBR, sendo considerados para comparação os valores referentes ao Brasil e região Sudeste, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente, quando se menciona os indicadores do Plansab. Da mesma forma que para o Plansab, o final do horizonte de planejamento do PSBR foi o adotado como a meta de médio prazo do PMSB. Assim, a partir dessas comparações, foi possível selecionar a meta de referência de médio prazo, para cada um dos indicadores selecionados para o presente PMSB. Por sua vez, as metas de prazo imediato e curto foram calculadas de maneira proporcional, no período compreendido entre o ano base e a meta de médio prazo.

Tabela 3 – Referências utilizadas para estabelecer as metas de médio prazo do PMSB de Caxambu

Indicador	Referência para as metas de médio prazo do município de Caxambu	
	Fonte utilizada	Meta (%)
AA1. % de domicílios urbanos e rurais abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente	Plansab – Brasil (2033)	100,0
AA2. % de domicílios urbanos abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente	Plansab – Sudeste (2033)	100,0
AA3. % de domicílios rurais abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente	Plansab – Sudeste (2033)	100,0
AA4. % do índice de perdas de água na distribuição	Plansab – Sudeste (2038)	29,0
ES1. % de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora de esgotos ou rede pluvial ou fossa séptica para as excretas ou esgotos sanitários ¹	-	100,0
ES2. % de domicílios urbanos servidos por rede coletora de esgotos ou rede pluvial ou fossa séptica para as excretas ou esgotos sanitários ²	-	100,0
ES3. % de domicílios rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para as excretas ou esgotos sanitários	Plansab – Sudeste (2033)	93,0
ES4. % de tratamento de esgoto coletado ³	-	100,0
RS1. % de domicílios urbanos e rurais atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos	Plansab – Sudeste (2033)	99,4
RS2. % de domicílios urbanos atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos	Plansab – Sudeste (2033)	100,0
RS3. % de domicílios rurais atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos	Plansab – Sudeste (2033)	92,0
MAP1. % de domicílios não sujeitos a risco de inundações na área urbana	Plansab – Brasil (2033)	97,9
MAP2. % de domicílios urbanos localizados em vias com pavimento, meio fio e bocas de lobo ⁴	PSBR - Sudeste (2038)	45,0

Fonte: Adaptado de IBGE, 2010; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019; Funasa, 2019

Por sua vez, as metas de curto prazo foram calculadas de maneira proporcional, no período compreendido entre o ano base e a meta de médio prazo. Em relação às metas de prazo imediato, optou-se por manter na tabela apenas as metas relacionadas àqueles indicadores que já apresentam valor de 100% no ano base. Para os demais, optou-se por não incluir meta, tendo em vista que os primeiros anos de execução do PMSB devem ser focado em ações estruturantes, ou seja, realização de levantamentos, estudos, projetos, organização institucional, entre outras, que possam viabilizar a execução de ações estruturais, que por sua vez, refletirão no aumento dos índices de atendimento.

Cabe destacar que, em relação ao indicador AA4 foi verificado também o Índice de Perdas Desejável (IPD) ótimo no longo prazo, estabelecido na Nota Técnica nº 02/2019 da Gerência

de Regulação Tarifária da Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE, 2019). No documento mencionado, o município de Caxambu integra o Grupo 2, para o qual foi estabelecida a meta de IPD igual a 30,1%. Assim, tendo em vista que o índice atual do município (21,0%) já é menor que o IPD para municípios do Grupo 2 (30,1%), considerou-se que o sistema da Copasa em Caxambu buscaria atender, no longo prazo (2041), o índice de 18,3%, menor índice já alcançado pelo sistema. Optou-se por utilizar esse documento como referência para a Copasa, uma vez que, para se chegar nesses valores foram realizados estudos e discussões entre a Companhia e a Arsae, sendo essas metas já estabelecidas e acordadas entre ambas as instituições.

Cabe ainda uma observação em relação aos indicadores AA1, AA2, AA3, ES1, ES2 e ES3. Recentemente foi publicada a Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico (Lei Federal nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007). Nesta atualização, foram previstas metas a serem cumpridas pelos prestadores de serviços, quando da celebração de contratos para tal (BRASIL, 2020):

Art. 11-B. Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 1º Os contratos em vigor que não possuírem as metas de que trata o caput deste artigo terão até 31 de março de 2022 para viabilizar essa inclusão. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 2º Contratos firmados por meio de procedimentos licitatórios que possuam metas diversas daquelas previstas no caput deste artigo, inclusive contratos que tratem, individualmente, de água ou de esgoto, permanecerão inalterados nos moldes licitados, e o titular do serviço deverá buscar alternativas para atingir as metas definidas no caput deste artigo, incluídas as seguintes: (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

I - prestação direta da parcela remanescente; (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

II - licitação complementar para atingimento da totalidade da meta; e (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

III - aditamento de contratos já licitados, incluindo eventual reequilíbrio econômico-financeiro, desde que em comum acordo com a contratada. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 3º As metas de universalização deverão ser calculadas de maneira proporcional no período compreendido entre a assinatura do contrato ou do termo aditivo e o prazo previsto no caput deste artigo, de forma progressiva, devendo ser antecipadas caso as receitas advindas da prestação eficiente do serviço assim o permitirem, nos termos da regulamentação. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 4º É facultado à entidade reguladora prever hipóteses em que o prestador poderá utilizar métodos alternativos e descentralizados para os serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto em áreas rurais, remotas ou em núcleos urbanos informais consolidados, sem prejuízo da sua cobrança, com vistas a garantir

a economicidade da prestação dos serviços públicos de saneamento básico. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 5º O cumprimento das metas de universalização e não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento deverá ser verificado anualmente pela agência reguladora, observando-se um intervalo dos últimos 5 (cinco) anos, nos quais as metas deverão ter sido cumpridas em, pelo menos, 3 (três), e a primeira fiscalização deverá ser realizada apenas ao término do quinto ano de vigência do contrato. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 6º As metas previstas neste artigo deverão ser observadas no âmbito municipal, quando exercida a titularidade de maneira independente, ou no âmbito da prestação regionalizada, quando aplicável. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 7º No caso do não atingimento das metas, nos termos deste artigo, deverá ser iniciado procedimento administrativo pela agência reguladora com o objetivo de avaliar as ações a serem adotadas, incluídas medidas sancionatórias, com eventual declaração de caducidade da concessão, assegurado o direito à ampla defesa. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 8º Os contratos provisórios não formalizados e os vigentes prorrogados em desconformidade com os regimentos estabelecidos nesta Lei serão considerados irregulares e precários. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 9º Quando os estudos para a licitação da prestação regionalizada apontarem para a inviabilidade econômico-financeira da universalização na data referida no caput deste artigo, mesmo após o agrupamento de Municípios de diferentes portes, fica permitida a dilação do prazo, desde que não ultrapasse 1º de janeiro de 2040 e haja anuência prévia da agência reguladora, que, em sua análise, deverá observar o princípio da modicidade tarifária. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

Nesse contexto, em relação aos valores dos indicadores AA1, AA2, AA3, ES1, ES2 e ES3, compatibilizaram-se as metas do Plansab (referência para esse PMSB) com as metas estabelecidas na lei mencionada, tendo em vista que estas metas já se encontravam semelhantes. Para a revisão do presente PMSB, sugere-se que sejam realizados estudos detalhados de viabilidade econômico-financeira, a fim de verificar a viabilidade ou não da universalização até o ano de 2033, haja vista que, no âmbito do presente PMSB serão realizados apenas estudos simplificados, especialmente em razão da ausência de dados necessários para estudos detalhados. Assim, após a realização dos estudos, para os casos em que for constatada a viabilidade nesse período, deve-se proceder à revisão das metas aqui apresentadas.

Considerando as premissas apresentadas, as metas adotadas no PMSB de Caxambu para os prazos imediato, curto, médio e longo, podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Evolução das metas adotadas no Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu, para os prazos imediato, curto, médio e longo

Indicador		Fonte	Ano	Meta (%)
ABASTECIMENTO DE ÁGUA	AA1. % de domicílios urbanos e rurais abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente	Censo	2010	99,8
		Ano base	2017	100,0
		Metas do PMSB	2024	100,0
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0

Indicador		Fonte	Ano	Meta (%)
	AA2. % de domicílios urbanos abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente	Censo	2010	99,8
		Ano base	2017	99,9
		Metas do PMSB	2024	100,0
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0
	AA3. % de domicílios rurais abastecidos com água por rede de distribuição ou por poço ou nascente	Censo	2010	100,0
		Ano base	2017	100,0
		Metas do PMSB	2024	100,0
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0
	AA4. % do índice de perdas de água na distribuição	Prestador		Copasa
		Ano base (SNIS)	2018	21,0
			2024	20,0
			2029	19,0
			2033	18,7
			2041	18,3
ESGOTAMENTO SANITÁRIO	ES1 % de domicílios urbanos e rurais servidos por rede coletora ou fosse séptica para as excretas ou esgotos sanitários	Censo	2010	98,3
		Ano base	2017	100,0
		Metas do PMSB	2024	100,0
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0
	ES2. % de domicílios urbanos servidos por rede coletora ou fossa séptica para as excretas ou esgotos sanitários	Censo	2010	99,0
		Ano base	2017	100,0
		Metas do PMSB	2024	100,0
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0
	ES3. % de domicílios rurais servidos por rede coletora ou fossa séptica para as excretas ou esgotos sanitários	Censo	2010	63,0
		Ano base	2017	82,3
		Metas do PMSB	2024	87,0
			2029	90,3
			2033	93,0
			2041	100,0
	ES4. % de tratamento de esgoto coletado	Ano base (SNIS)	2018	96,6
		Metas do PMSB	2024	98,1
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0
MANEJO DE RESÍDUOS	RS1. % de domicílios urbanos e rurais atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos	Censo	2010	98,5
		Ano base	2017	99,3
		Metas do PMSB	2024	100,0
			2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0

	Indicador	Fonte	Ano	Meta (%)
	RS2% de domicílios urbanos atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos	Censo	2010	99,2
		Ano base	2017	99,3
			2024	100,0
		Metas do PMSB	2029	100,0
			2033	100,0
			2041	100,0
	RS3. % de domicílios rurais atendidos por coleta direta ou indireta de resíduos sólidos	Censo	2010	62,3
		Ano base	2017	70,0
			2024	79,6
		Metas do PMSB	2029	86,5
			2033	92,0
			2041	100,0
MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	MAP1. % de domicílios não sujeitos a risco de inundações na área urbana	Ano base (SNIS)	2018	94,0
			2024	95,4
		Metas do PMSB	2029	96,5
			2033	97,3
			2041	100,0
	MAP2. % de domicílios urbanos localizados em vias com pavimento, meio fio e bocas de lobo	Censo	2010	35,1
			2024	40,1
		Metas do PMSB	2029	41,8
			2033	43,2
			2041	46,1

1 – Conforme já destacado, para o ano de 2024 não foram propostas metas, tendo em vista que nos anos iniciais do PMSB deve-se focar na execução de ações estruturantes, para posterior execução de ações estruturais, as quais refletirão no aumento dos índices.

S.I. = Sem Informação

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

Ressalta-se que os indicadores selecionados no presente documento foram aqueles considerados mais representativos para mensurar a universalização dos serviços, conforme estabelecido na Lei nº 11.445/2007, observando os princípios fundamentais de prestação dos serviços de forma adequada à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à sustentabilidade econômica. No entanto, vários outros indicadores deverão ser utilizados para monitoramento e avaliação tanto dos serviços de saneamento básico, quanto da execução do PMSB em Caxambu, os quais serão abordados no Produto F do PMSB.

Cabe ainda ressaltar que os indicadores selecionados para o estabelecimento das metas são provenientes de fontes oficiais (Censo Demográfico do IBGE e SNIS), sendo aqui apresentados como ano base os dados informados nessas fontes (por vezes defasado, como é o caso do Censo), em razão da inexistência de fonte de dados municipal que abarque todo território (área urbana e rural). Esses dados, geralmente autodeclarados pela Prefeitura ou prestadores de serviços, podem também não refletir a realidade municipal, podendo se apresentar sub ou

superestimados. Desta forma, é imprescindível que logo que seja iniciada a execução do plano seja realizado um levantamento pormenorizado, a nível de bairros e comunidades, de modo a atualizar os percentuais apresentados no Ano Base de cada indicador, buscando maior proximidade com a realidade atual. Esse levantamento será abordado como uma das ações a serem propostas no Produto E – Programas, Projetos e Ações, buscando subsidiar as futuras revisões do PMSB.

2.1.2. Definição das funções de planejamento, regulação, fiscalização, prestação dos serviços e controle social

Heller (2010) observa que, perante o quadro sanitário brasileiro, cabe indagar: *Por que o País não logrou universalizar o acesso a um serviço com a essencialidade do saneamento básico?* Para o autor, procurando a resposta a essa central questão, podem ser identificadas três mais importantes matrizes explicativas para os déficits e a sua superação: a matriz técnica, a matriz econômica e a matriz das políticas públicas, sendo que, para Heller (2010), está no âmbito da matriz políticas públicas a resposta para esta indagação central.

Dessa forma, na tarefa de discutir o eixo da Política Pública em Saneamento é relevante iniciar o tema pela delimitação do próprio conceito de política pública, a ser adotado como referência no decorrer do presente Plano Municipal de Saneamento Básico, bem como, ressaltar que as dimensões da legislação e das instituições são determinantes para compreensão das políticas.

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento em vigência no Brasil, o Plansab, deve-se compreender as políticas públicas como multideterminadas, como locus privilegiado da construção de projetos sociais. Como produto de um momento histórico, o conteúdo das políticas públicas está relacionado ao regime de acumulação, ao modo de regulação da sociedade e aos recuos e avanços da cidadania. O conjunto de programas e ações é, portanto, o produto de um processo social complexo, influenciado por variáveis econômicas, políticas e ideológicas. As políticas públicas e seus programas e ações são o Estado em ação e expressam um determinado projeto político para a sociedade. Os programas, assim, cristalizam e orientam as ações governamentais com vistas à consecução desse projeto (MCIDADES, 2013).

O saneamento básico na perspectiva das políticas públicas ancora-se na Constituição Federal de 1988, que estabeleceu no Artigo 30 a titularidade do ente municipal na prestação dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 1988):

Art. 30. Compete aos Municípios:

[...]

V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial.

Importante observar que a distinção entre atividade econômica e serviço público depende apenas do modo como se consideram as necessidades coletivas a serem satisfeitas em determinadas conjunturas históricas (ALVES, 1998). Para alcançar os objetivos de desenvolvimento social, o saneamento básico não pode ser totalmente delegado, uma vez que estes princípios são inalcançáveis com a mera ação regulativa ou controladora do Estado. Nesse contexto, como serviço público, o ente municipal, titular do saneamento deve (BRASIL, 1988):

Art. 175. Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos.

Parágrafo único. A lei disporá sobre:

I - o regime das empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, o caráter especial de seu contrato e de sua prorrogação, bem como as condições de caducidade, fiscalização e rescisão da concessão ou permissão;

II - os direitos dos usuários;

III - política tarifária;

IV - a obrigação de manter serviço adequado.

Sendo assim, o município pode conceder a prestação dos serviços públicos de saneamento básico, mas ainda assim permanecerá com o direito e dever de planejar e avaliar a prestação destes. Exemplo disso é o que ocorre na Sede do Município de Caxambu, para a qual o município concedeu à Copasa a prestação dos serviços de água e esgoto, delegando a função de regulação dos serviços da prestadora à Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - Arsae-MG.

Neste contexto, Peixoto (2020) discorre sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, ressaltando que é de fundamental importância para a instituição do saneamento básico no município e para a adequada organização e gestão dos serviços. Segundo o autor:

De modo simplificado, pode-se definir a política municipal de saneamento básico como o conjunto de normas legais e regulamentares e de atos jurídicos e administrativos, que definem os princípios e diretrizes e estabelecem como deve ser executada a política pública do município para o Saneamento Básico, incluídos os planos, programas, projetos e ações que devem ser implementados, visando atender às demandas e garantir o acesso de toda a população a soluções de saneamento básico, sanitária e ambientalmente adequadas.

Os aspectos da política municipal de saneamento básico que devem ser necessariamente regulados por lei são descritos na Tabela 5 (PEIXOTO, 2020).

Tabela 5 – Aspectos da política municipal de saneamento básico que devem ser regulamentados por lei

Aspectos a serem considerados	A forma de gestão institucional , principalmente se o Município optar pela gestão associada de todas ou de parte das funções de gestão dos serviços – planejamento, regulação, fiscalização e prestação -, por meio de consórcio público ou de convênio de cooperação com outro ente federativo - município ou estado (art. 8º, Lei nº 11.445/2007)
	A organização Jurídico-Institucional das funções de gestão dos serviços , definindo a forma como serão organizadas e exercidas as funções de planejamento, regulação, fiscalização e de prestação, incluídos os mecanismos de participação e de controle social nestas funções (art. 9º, Lei nº 11.445/2007);
	A instituição e organização de órgãos da Administração Direta (secretaria, departamento) e/ou de entidades da Administração Indireta (autarquia, empresa pública ou de economia mista), responsáveis pela prestação dos serviços (art. 9º, Lei nº 11.445/2007); ou
	A autorização para a eventual delegação da prestação dos serviços e suas condições gerais, inclusive as hipóteses de intervenção e retomada da operação dos serviços delegados, bem como instituir ou definir o ente responsável pela sua regulação e fiscalização, e os procedimentos de sua atuação (art. 9º, Lei nº 11.445/2007);
	Os direitos e deveres de todos os usuários efetivos ou potenciais e das garantias de acesso a todos os cidadãos, onde houver disponibilidade dos serviços públicos (art. 9º, Lei nº 11.445/2007);
	A política de cobrança de taxas e/ou de tarifas e outros preços públicos pela disposição e pela prestação dos serviços de saneamento básico, incluída a política de subsídios tarifários, tributários e/ou orçamentários (arts. 150 e 175 da CF; art. 11, §2º e art. 29, Lei nº 11.445/2007).

Fonte: Adaptado de Peixoto, 2019

Completam o arcabouço normativo da política municipal de saneamento básico (PEIXOTO, 2020a):

Os decretos de regulamentação das leis que tratam do saneamento básico;

Os contratos de delegação da prestação dos serviços – contrato de concessão ou permissão (Leis nº 8.987/1995 e Lei nº 11.079/2004), contrato de programa (Lei nº 11.107/2005) - e os contratos administrativos de prestação/terceirização de serviços ou atividades vinculadas aos serviços de saneamento básico (Lei nº 8.666/1993);

As normas de regulação editadas pelo ente regulador dos serviços (art. 23, Lei nº 11.445/2007).

Ainda de acordo com Peixoto (2020), o Plano Municipal de Saneamento Básico é o principal instrumento da execução da Política Municipal de Saneamento Básico. Portanto, destaca-se a importância do presente documento, cujas bases e o processo de construção para o município de Caxambu são apresentados na seção seguinte.

2.1.2.1. Definição das funções de planejamento

Sobre o planejamento, conforme exposto anteriormente, é uma função indelegável, de responsabilidade do titular dos serviços de saneamento, cabendo, portanto, à Prefeitura Municipal. Nesse contexto, destaca-se a construção do Plano Municipal de Saneamento Básico

- PMSB, cuja elaboração teve sua obrigatoriedade estabelecida pela Lei Federal nº 11.445, promulgada em 05 de janeiro de 2007. A lei determina que:

Art. 9º O titular dos serviços formulará a respectiva política pública de saneamento básico, devendo, para tanto:

I I - elaborar os planos de saneamento básico, nos termos desta Lei, bem como estabelecer metas e indicadores de desempenho e mecanismos de aferição de resultados, a serem obrigatoriamente observados na execução dos serviços prestados de forma direta ou por concessão; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

Posteriormente, o Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010, que regulamentou a referida Lei Federal, estabeleceu que a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico deve observar a participação social e torna-se condição para acesso a recursos da união destinados a investimentos no setor. Para tanto, foi determinado o prazo de apresentação dos planos para 31 de dezembro de 2013, sendo prorrogado pela quarta vez consecutiva, em 2020, para 31 de dezembro de 2022 (BRASIL, 2020; 2017; 2015; 2014; 2007).

Art. 26. [...]

§2º Após 31 de dezembro de 2022, a existência de plano de saneamento básico, elaborado pelo titular dos serviços, será condição para o acesso aos recursos orçamentários da União ou aos recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico (BRASIL, 2020).

Para elaboração dos PMSBs foram desenvolvidos Termos de Referência - TRs elaborados por diversas instituições, que são documentos norteadores da elaboração de planos de saneamento básico no Brasil. Para municípios de pequeno porte, tais como o município de Caxambu, destaca-se o Termo de Referência da Fundação Nacional de Saúde – versão 2018, doravante denominado TR Funasa 2018 (BRASIL, 2018), o qual orienta a elaboração do PMSB de Caxambu. O TR propõe a elaboração de sete produtos, sendo cada um relacionado a uma das etapas de planejamento, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6 – Etapas e respectivos produtos que compõe o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB de Caxambu

Etapas da Elaboração do PMSB	Produtos Relacionados
Atividades Iniciais	Produto A , contendo: • Cópia da Portaria de criação do Comitê Executivo • Documento com o Mapeamento dos atores locais • Proposta de composição do Comitê de Coordenação • Proposta com a definição dos Setores de Mobilização - SM
Elaboração da Estratégia de Mobilização, Participação Social e Comunicação do PMSB	Produto B , contendo: • Cópia do Decreto de criação do Comitê de Coordenação e do respectivo regimento interno

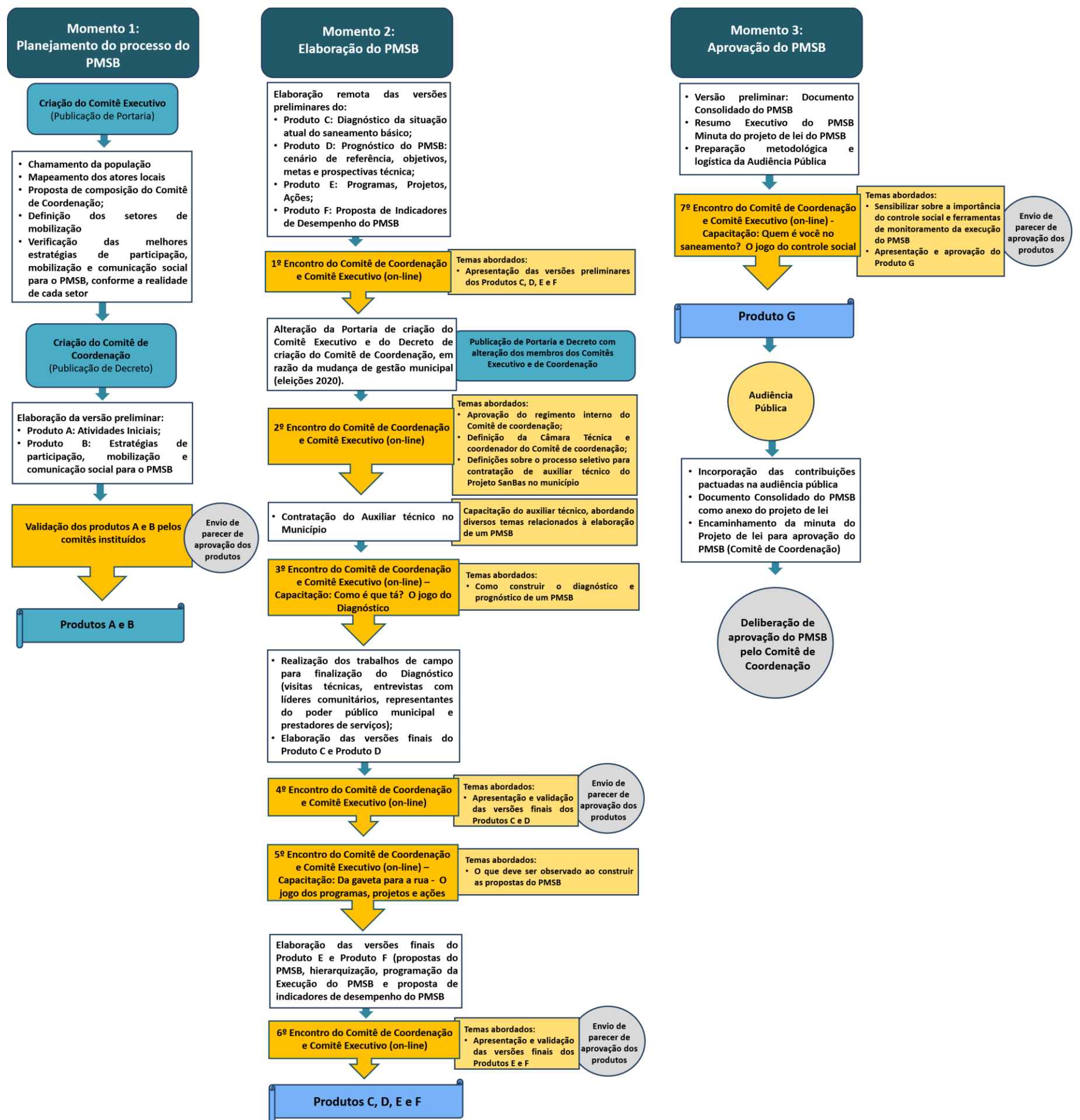
Etapas da Elaboração do PMSB	Produtos Relacionados
	• Cópia da Estratégia de Mobilização, Participação Social e Comunicação, prevendo todos os eventos participativos realizados, tendo sido aprovada por deliberação do Comitê de Coordenação
Construção do Diagnóstico Técnico-Participativo, dos serviços de saneamento básico, englobando os quatro componentes, com base no enfoque técnico em diálogo permanente com a população, realizado por meio dos eventos previstos na Estratégia de Mobilização, Participação Social e Comunicação do PMSB	Produto C, contendo: • Relatório do Diagnóstico Técnico-Participativo e apresentação do Quadro com o Resumo Analítico do Diagnóstico do PMSB
Elaboração do Prognóstico do Saneamento Básico no município com a definição dos objetivos e metas do PMSB, além da indicação das Prospectivas Técnicas para cada um dos quatro componentes: esgotamento sanitário; manejo de águas pluviais urbanas; manejo de resíduos sólidos; bem como do Cenário Futuro para a gestão dos serviços	Produto D, contendo: • Relatório do Prognóstico do PMSB: cenário de referência para a gestão dos serviços; objetivos e metas; perspectivas técnicas para abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos
Proposição de Programas, Projetos e Ações do PMSB, a serem implantadas para cada componente do saneamento básico e comuns aos quatro serviços, tanto no campo institucional quanto no campo da infraestrutura dos sistemas	Produto E, contendo: • Relatório com a proposição e detalhamento dos Programas, Projetos e Ações do PMSB • Quadro com o resultado da aplicação da Metodologia para Hierarquização das Propostas do PMSB • Programação da Execução do PMSB
Elaboração da Proposta de Indicadores de Desempenho do PMSB	Produto F, contendo: • Proposta de Indicadores de Desempenho do PMSB
Consolidação dos Produtos do PMSB, minuta do Projeto de Lei do PMSB e Resumo Executivo do PMSB	Produto G, contendo: • Documento consolidado do PMSB, com a incorporação das contribuições pactuadas na audiência pública (ou conferência municipal) e por deliberação do Comitê de Coordenação. Devem ser disponibilizadas 2 (duas) cópias para o município, sendo uma digital para publicação na página eletrônica da Prefeitura e outra impressa, e para a Funasa apenas a cópia digital • Minuta do Projeto de Lei para aprovação do PMSB, tendo o Documento Consolidado do PMSB como Anexo • Resumo Executivo do PMSB, de acordo com o escopo mínimo estabelecido no TR da Funasa (2018)

Fonte: Funasa, 2018

Conforme exposto anteriormente, uma das premissas para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico é a participação social. Nesse contexto, o presente PMSB de Caxambu foi construído pautado nessa premissa, para o cumprimento de todas as etapas apresentadas no item 2.1.1, iniciando-se com a constituição formal, mediante ato público do Poder Executivo Municipal, de dois grupos de trabalho: Comitê Executivo e Comitê de Coordenação. A institucionalização de Comitês ou Grupos de trabalho é fundamental para que os produtos do PMSB alcancem sua dimensão participativa. Para tanto, em revisões futuras do plano, deve-se buscar a criação desses comitês ou grupos de trabalho.

O TR Funasa 2018 estabelece a necessidade de diversos momentos que possibilitem a participação social, podendo ser citadas a realização de reuniões com os Comitês, oficinas setoriais e audiência pública final. Para o PMSB de Caxambu, foram realizadas atividades apresentadas na Figura 3, a qual ilustra o fluxograma da diretriz metodológica da Estratégia Participativa para elaboração do PMSB, indicando os principais eventos e produtos equivalentes em cada um dos três momentos de elaboração do PMSB. O fluxograma apresenta etapas e atividades que foram utilizadas e necessitaram de adequações, haja vista que a pandemia de Covid-19, ainda presente no país, impôs restrições na aglomeração de pessoas e distanciamento social.

Figura 3 – Fluxograma de atividades de elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB



Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020 adaptado de Funasa, 2018

Segundo Peixoto (2019) o planejamento pode ser entendido como um processo que apresenta função multisetorial permanente, de natureza dinâmica e continuada, e é ideal que a instância de planejamento do saneamento básico seja formalmente instituída em caráter permanente, podendo alguns dos seus organismos ter composição formalizada para atuação em períodos transitórios.

No município de Caxambu, conforme discutido no Produto A – Atividades Iniciais para Construção do Plano de Saneamento Básico de, na seção 2. *Caracterização do município*, a estruturação administrativa do governo municipal, indica a existência da Secretaria Municipal de Administração e Finanças. Essa estrutura deverá acompanhar a execução do presente PMSB, bem como a elaboração das futuras revisões do Plano, de modo a buscar a integração entre os diversos entes envolvidos.

Cabe ressaltar que a primeira revisão do PMSB está prevista para 2023, uma vez que será necessário atualizar as metas do PMSB após os estudos do Censo Demográfico do IBGE, previsto para ser realizado em 2021. Para o caso da Secretaria Municipal de Administração e Finanças, esta poderá se responsabilizar pela integração de todos os instrumentos de planejamento do município, a exemplo do Plano Plurianual - PPA de Caxambu, o qual tem relação direta com o PMSB. O PPA, ao definir as previsões de arrecadações e despesas municipais para o período de quatro anos, deve abarcar as previsões de despesas elencadas no PMSB para os períodos do PPA.

Sendo assim, e considerando a necessidade de revisão e atualização periódica do presente PMSB, destaca-se que o Plano deve articular-se com as estruturas e leis que estabelecem o planejamento no município, especialmente, no que concerne ao Plano Plurianual.

2.1.2.2. Definição das funções de prestação dos serviços

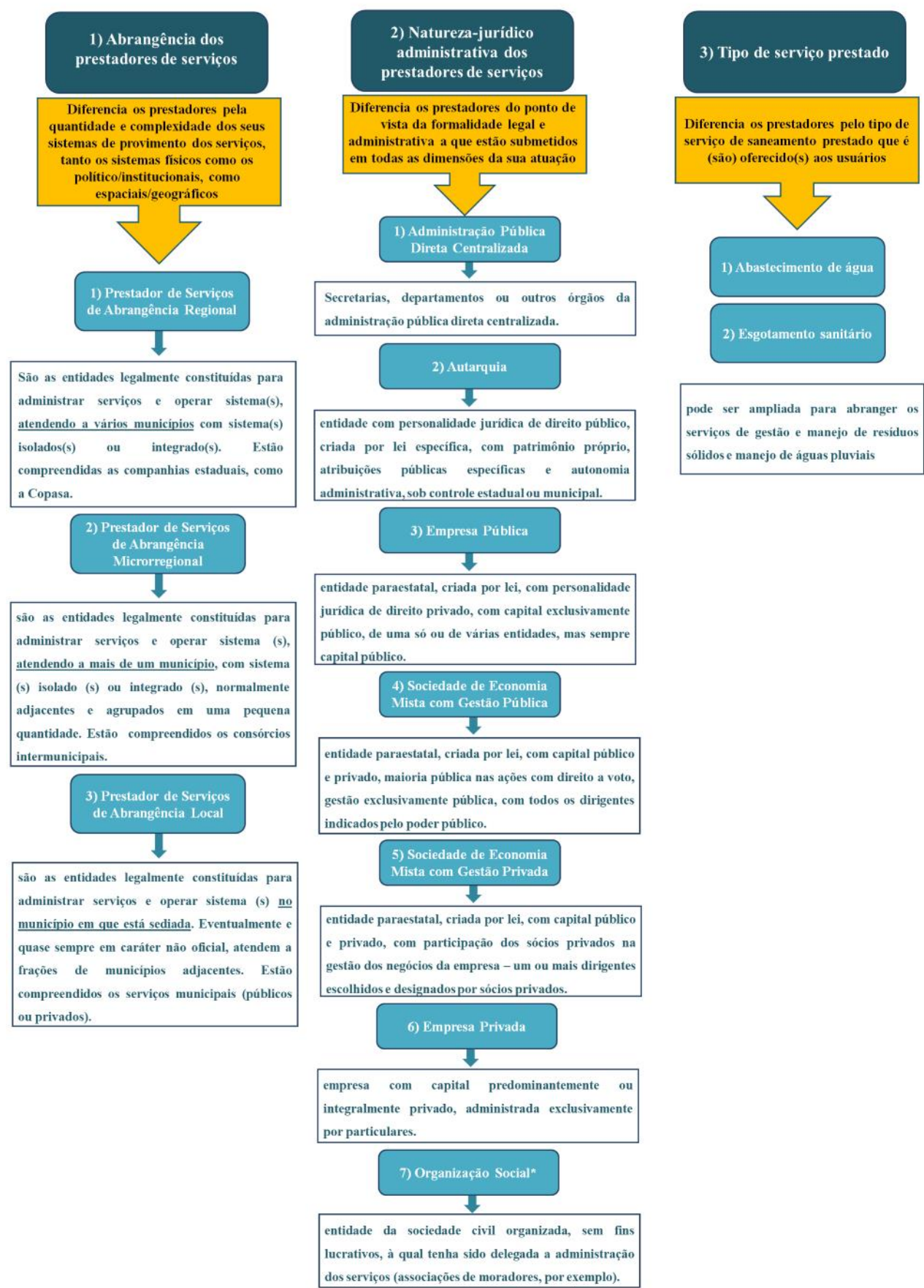
Uma característica dos modelos institucionais de prestação dos serviços de saneamento atualmente vigentes no país é a diversidade e a ausência de padrão, fruto de um percurso histórico, marcado por conflitos e opções de políticas públicas que em determinados momentos foram pautadas na atuação municipal (com destaque para atuação da Fundação Serviço Especial de Saúde - FSesp e a criação de unidades do Serviço Autônomo de Água e Esgoto - Saae), em outros no protagonismo dos estados (especialmente durante a vigência do Plano Nacional de Saneamento - Planasa) e com momentos de maior e menor atuação da união (destaque para a

década de 1990, período de adoção de políticas neoliberais, no qual ocorre uma significativa redução da intervenção do governo federal na área de saneamento básico).

Uma possível classificação dos prestadores dos serviços de saneamento básico no Brasil é adotada no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Snis, sistema de informação vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR. O Snis publica, anualmente, diagnósticos da prestação dos serviços de água e esgoto (a partir de 1995), manejo de resíduos sólidos (a partir de 2002) e drenagem e manejo das águas pluviais (a partir de 2015), com base em banco de dados produzido por meio da disponibilização voluntária de informações, por parte dos operadores, sobre os serviços prestados (BRASIL, 2019).

Segundo o Programa de Modernização do Setor de Saneamento Básico - PMSS, o Snis classifica os prestadores de serviços de saneamento em três tipologias: abrangência dos prestadores de serviços; natureza- jurídico administrativa dos prestadores de serviços e tipo de serviço de saneamento básico prestado, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Classificação dos prestadores de serviços de saneamento, segundo o Snis



Fonte: Projeto SanBas, 2020 adaptado de PMSS, 2017

No caso específico das atividades de coleta seletiva, processamento e destinação adequada de materiais recicláveis, a sua prestação pode ser contratada com associação ou cooperativa formada, exclusivamente, por pessoas físicas de baixa renda, reconhecidas pelo poder público como catadores de materiais recicláveis, conforme a Lei Federal nº 8.666, de 1993 (art. 24, inciso XXVII, BRASIL, 2007).

Em Caxambu, há variados prestadores de serviços de saneamento básico. O Poder Executivo Municipal celebrou Convênio de Cooperação com o Estado de Minas Gerais em 1º de junho de 1984, concedendo a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário à Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Copasa, por 30 anos. Em 2014, com o fim do período concedido, o Convênio não foi renovado. No entanto, a Copasa mantém a prestação dos referidos serviços no município. Os serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, são prestados pela Prefeitura Municipal, por meio da Secretaria Municipal de Obras, Trânsito e Serviços Urbanos. Os serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana são executados pela Secretaria Municipal de Obras, Trânsito e Serviços Urbanos.

2.1.2.3. Definição das funções de regulação e fiscalização

Na análise da regulação do setor de saneamento no Brasil, parte-se do princípio, afirmado na Constituição e consagrado pela Lei nº 11.445/2007, de que os serviços de saneamento são serviços públicos e, consequentemente, reserva-se ao poder público a atribuição (poder-dever) de organizar e assegurar a prestação de tal atividade. De sua natureza de serviço público decorre a importante concepção adotada pela Lei nº 11.445/2007, de que, em relação ao saneamento básico, existirão três responsabilidades distintas:

- i. A função planejadora;
- ii. A função reguladora e fiscalizadora;
- iii. A função prestacional.

Dentre elas, a função reguladora e fiscalizadora deve ser vista como a atuação do Estado na ordem econômica e na ordem social, com a finalidade de proteção do interesse público. Por conseguinte, a regulação ultrapassa a área econômica, devendo também garantir os direitos de cidadania com a prestação adequada dos serviços.

A regulação de prestação de serviços públicos deve atender, principalmente, aos seguintes objetivos, mencionados na Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007a):

- I - estabelecer padrões e normas para a adequada prestação e a expansão da qualidade dos serviços e para a satisfação dos usuários, com observação das normas de referência editadas pela ANA; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).
- II - garantir o cumprimento das condições e metas estabelecidas nos contratos de prestação de serviços e nos planos municipais ou de prestação regionalizada de saneamento básico; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).
- III - prevenir e reprimir o abuso do poder econômico, ressalvada a competência dos órgãos integrantes do Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência; e (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).
- IV - definir tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico-financeiro dos contratos quanto a modicidade tarifária, por mecanismos que gerem eficiência e eficácia dos serviços e que permitam o compartilhamento dos ganhos de produtividade com os usuários (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

Assim, compete ao titular dos serviços a definição do ente responsável pela regulação e fiscalização dos serviços públicos, podendo integrar ou não sua estrutura administrativa, devendo ser uma entidade, ou seja, uma pessoa jurídica de direito público que, para o exercício da função de regulação, deverá atender aos princípios de:

Art. 21. A função de regulação, desempenhada por entidade de natureza autárquica dotada de independência decisória e autonomia administrativa, orçamentária e financeira, atenderá aos princípios de transparência, tecnicidade, celeridade e objetividade das decisões. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

No município de Caxambu a Arsae-MG, agência reguladora e fiscalizadora que integra a estrutura institucional do estado de Minas Gerais, é a responsável pela regulação e fiscalização da prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário atualmente prestados pela Copasa³. A Arsae-MG é organizada sob a forma de autarquia especial, regime

³ Como detalhado no Produto C, atualmente a Copasa presta os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em condições de irregularidade, desde 2014 quando a concessão dos serviços públicos à Companhia expirou. De acordo com informação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, a Prefeitura Municipal de Caxambu aguarda a elaboração do PMSB para regularização da situação à luz das diretrizes de planejamento em saneamento básico no município.

que busca conferir à entidade autonomia de decisão e de gestão administrativa, financeira, técnica e patrimonial. A agência possui os seguintes objetivos:

1. Regular e fiscalizar a prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário dos municípios atendidos pela Copasa-MG, Copanor e outros municípios do estado de Minas Gerais ou consórcios públicos que expressamente concederem autorização à Arsae-MG para a realização dessas atividades;
2. Editar normas técnicas, econômicas, contábeis e sociais, incluindo o regime tarifário, para a prestação de serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em Minas Gerais, sendo a revisão das tarifas dos serviços avaliadas e publicadas anualmente pela Arsae-MG;
3. Fiscalizar o cumprimento pelas concessionárias, pelos usuários e pelo poder concedente das normas traçadas para a prestação dos serviços, zelando pela observância dos direitos, deveres e obrigações das três partes. Ressalta-se que em consulta ao endereço eletrônico da Arsae-MG, foi encontrado um relatório de fiscalização, datado de abril de 2017, para os serviços de abastecimento de água prestados pela Copasa no município de Caxambu;
4. Orientar os interessados (consumidores, prestadores do serviço e poder concedente) sobre a aplicação das normas.

Ressalta-se que a Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do estado de Minas Gerais - Arsae-MG tem trabalhado no sentido de viabilizar os Fundos Municipais de Saneamento Básico - FMSB, regulando o reconhecimento tarifário do repasse de parcela da receita dos prestadores a fundos municipais de saneamento. A Arsae-MG publicou normativas com o objetivo de transferência para os FMSB de até 4% da receita líquida tarifária acumulada pelo prestador de serviço regulado em cada município.

Para usufruir desse recurso e avançar na universalização dos serviços de saneamento, além de possuir o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, o município deverá criar, por meio de lei, o Fundo Municipal de Saneamento Básico ou participar de um Fundo Intermunicipal de Saneamento Básico e possuir o Conselho Municipal, preferencialmente o Conselho Municipal de Saneamento (conforme abordado no item 2.1.2.4). Este conselho deverá participar da definição das diretrizes e mecanismos para o acompanhamento, fiscalização e controle do Fundo de Saneamento.

Dessa normativa decorre a importância e necessidade do município de Caxambu em criar o Fundo. O recurso do fundo, em um primeiro momento, poderá ser utilizado em ações estruturantes, a exemplo de formação e qualificação de equipes técnicas para utilizar o sistema

de informação federal, além da elaboração de diagnóstico da situação de saneamento nas comunidades rurais e contratação de elaboração de projetos qualificados.

Importante observar que para os serviços de manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais prestados pela Prefeitura Municipal, não foi possível identificar o agente de regulação e fiscalização no município de Caxambu, devendo os mesmos serem objeto da Política Municipal de Saneamento Básico.

2.1.2.4. Definição das funções de controle social

A Lei Federal nº 11.445/2007 normatiza a participação social e o controle social durante o processo de elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico. O controle social é definido em seu Art. 3º como o “conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico” (BRASIL, 2007).

Da mesma maneira, no Art. 26 do Decreto nº 7.217/2010, regulamentador da Lei Federal nº 11.445/2007 é disposto a necessidade de se ter a “ampla participação das comunidades, dos movimentos e das entidades da sociedade civil”, visando a divulgação dos estudos desenvolvidos, e a realização de consulta ou audiência pública para adquirir sugestões e críticas da população. É proporcionada, com isso, uma integração do saber popular com o saber técnico. Assim sendo, a participação social é fundamental para o acesso da sociedade às informações, aos debates e às decisões sobre a prestação dos serviços de saneamento básico de seu município, além de ser uma forma de exercer a cidadania e promoção da maior adesão dos cidadãos às políticas públicas (CICONELLO, 2007).

O TR Funasa 2018 estabelece que uma das primeiras ações do município ao dar início à elaboração do plano de saneamento é a constituição formal, mediante ato público do poder executivo, de 2 (dois) grupos de trabalho: Comitê Executivo e Comitê de Coordenação (BRASIL, 2018). Conforme mencionado nos Produtos A e B do PMSB, a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu inicia-se com a constituição desses dois comitês, sendo o CE composto por representantes do poder público, prestadores de serviços, sociedade civil e instituição de ensino e o CC composto por representantes da sociedade civil, poder público, prestadores de serviços, grupo de catadores de materiais recicláveis, organizações locais e empresa pública.

Os dois comitês possuem funções complementares, uma vez que agregam o conhecimento técnico (Comitê Executivo) com o saber popular (Comitê de Coordenação), possibilitando uma compreensão mais aprofundada e integralizada do saneamento básico no município e suas interfaces com a política, gestão, história, meio ambiente, sociedade e economia (BRASIL, 2018). É importante observar que os comitês são fundamentais para criação de espaços efetivos de participação e controle social na elaboração do PMSB e sua posterior efetivação como instância de discussão e orientação das políticas públicas de saneamento básico no município (quando se constituir o Conselho Municipal de Controle Social em Saneamento Básico, por exemplo).

Reconhecendo a importância dos Comitês como instâncias que poderão se instituir enquanto fóruns de controle social do saneamento básico no município de Caxambu, foi desenvolvido junto aos representantes dos grupos um jogo denominado de Conselho de Saneamento – O Jogo, que será jogado pelos representantes dos Comitês Executivo e de Coordenação durante uma oficina sobre o exercício do controle social a ser realizada na etapa de aprovação do PMSB (Momento 3, conforme Figura 3).

Um importante aspecto apontado no art.34, § 6º do Decreto é que após 31 de dezembro de 2014, é vedado o acesso aos recursos federais ou aos geridos ou administrados por órgão ou entidade da União, quando destinados a serviços de saneamento básico, àqueles titulares de serviços públicos de saneamento básico que não instituírem, por meio de legislação específica, o controle social realizado por órgão colegiado (BRASIL, 2010). A existência do PMSB não é a única condição para acesso aos recursos, sendo também necessária a instituição do órgão colegiado para o exercício do controle social do saneamento.

Nesse sentido, faz-se necessária a manutenção do conselho de saneamento no município de Caxambu, para exercer as funções de fiscalizar a Política Municipal de Saneamento Básico, acompanhar a implantação do Plano Municipal de Saneamento, denunciar irregularidades na prestação de serviços e discutir a política tarifária do serviço municipal de saneamento, podendo também exercer as funções de regulação, conforme apresentado no item 2.1.2.3.

2.2. Situação demográfica e projeção populacional do município de Caxambu: subsídios para elaboração do PMSB

O horizonte do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu foi construído com base em projeções populacionais e em prospecção de demandas para atender toda a população do

município tanto a residente em áreas urbanas como aquela que vive em áreas rurais. Para fins de estudo da projeção populacional, foram contratados dois especialistas que desenvolveram uma abordagem inovadora e mais adequada para balizar estudos populacionais em municípios de pequeno porte. Sendo assim, elaboraram a projeção populacional do município de Caxambu para os próximos 20 anos, alcance do presente PMSB, os demógrafos José Irineu Rangel Rigotti, professor da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, e Jarvis Campos, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Ambos os docentes com longa experiência no tocante aos estudos demográficos.

Projeções populacionais podem ser definidas como cálculos que mostram o desenvolvimento futuro da população. Para a construção de projeções, o procedimento mais comum é adotar certos pressupostos sobre o curso futuro das três componentes demográficas: 1) fecundidade, 2) mortalidade e 3) migração; e a implicação dessas componentes no tamanho, na composição e no crescimento de uma dada população, ao longo do tempo. As projeções populacionais diferem na cobertura geográfica e no horizonte temporal. Dimensões espaciais abrangem desde áreas locais (como cidades), cuja tendência é de um menor horizonte temporal de projeção, até escalas mais agregadas, como estados e países, no qual o horizonte pode se estender por décadas. Assim, os riscos de estimação das projeções aumentam quanto menor a área e quanto maior o intervalo temporal, na medida em que imprevistos como mudanças na fecundidade e a ocorrência de fluxos migratórios tendem a produzir impactos relativos maiores no ritmo de crescimento de pequenas áreas, resultando em diferenças entre as hipóteses estabelecidas (população projetada) e a população observada no futuro.

Projetar população há 10 anos do último recenseamento não é uma tarefa fácil, ainda mais em se tratando de municípios de pequena população. Por um lado, os censos demográficos são as fontes principais de informações no nível municipal, mas eles também estão sujeitos aos problemas de subcobertura populacional, o que, infelizmente, não é algo raro. Por outro lado, mesmo se todos os domicílios fossem devidamente recenseados, localidades de pequena população estão sujeitas às flutuações temporais no número de mortes, nascimentos, bem como a entrada ou saída de residentes (migrações). Muitas vezes, estas alterações não são volumosas, mas podem alterar a composição relativa da população por sexo e idade. Daí a necessidade de cuidados na interpretação dos resultados para fins de planejamento e ações de saneamento básico. Portanto, nunca é demais lembrar que se deve ler os resultados das projeções demográficas como um guia para a tomada de decisões, embora sujeitos às incertezas inerentes ao comportamento populacional.

No Brasil, poucas instituições realizam projeções de população. O IBGE é o órgão responsável pelas projeções oficiais do país, um insumo fundamental para o cálculo dos fatores previdenciários, ou para estimativas de população para repartição dos recursos do Fundo de Participação dos Municípios. A última revisão das projeções do IBGE foi realizada em 2018, mas elas são disponíveis apenas nos níveis de unidades da federação, para um horizonte temporal até 2060. A população total dos municípios é estimada apenas para os períodos correntes, portanto, sem a previsão para anos futuros.

Por esta razão, optamos por analisar duas projeções populacionais municipais, do CEDEPLAR/UFGM e da UFRN. A vantagem é que ambas as instituições possuem equipes qualificadas para a tarefa de se projetar população e os trabalhos são recentes. Isso é importante, pois as hipóteses de fecundidade, mortalidade e migrações necessitam de atualizações, na medida em que novas pesquisas, como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD Contínua e novos estudos especializados revelam aspectos até então desconhecidos da realidade demográfica.

Essas projeções produzidas no Brasil (como as do CEDEPLAR e da UFRN), assim como a grande maioria das projeções realizadas em todo o mundo, utilizam o método das coortes componentes. Neste método, a população inicial é agrupada em coortes definidas por sexo e idade, e a projeção atualiza a população de cada grupo de acordo com os pressupostos (ou hipóteses) de cada componente da mudança populacional (fecundidade, mortalidade e migração). Enquanto cada coorte sobrevive para o grupo etário seguinte, de acordo com as taxas específicas de mortalidade, a migração é representada pelas taxas líquidas de migração para cada grupo, enquanto o tamanho dos grupos mais jovens é afetado pelo número de nascimentos, que por sua vez é calculado através da aplicação de taxas específicas de fecundidade a coortes de mulheres no período reprodutivo. Assim, pode-se afirmar que o método das componentes é superior aos métodos de extrapolação matemática, na medida em que envolve a análise separada das mudanças que afetam cada componente populacional. Uma característica fundamental do método é que o tamanho e a estrutura etária da população em qualquer ponto no futuro dependem totalmente do tamanho e da composição da população no início do período e das taxas específicas de fecundidade, mortalidade e migração, durante o período de projeção. Isto resulta na possibilidade de utilização, por parte dos demógrafos, do conhecimento especializado de cada uma das componentes da mudança demográfica.

2.2.1. Métodos para a projeção municipal: CEDEPLAR/UFMG e UFRN

Como dito anteriormente, as projeções de pequenas áreas pouco populosas não podem ser realizadas por métodos tradicionais⁴.

No caso das projeções do CEDEPLAR/UFMG, a mais atual foi realizada para compor um estudo destinado à Secretaria Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades⁵, atualmente denominado Ministério do Desenvolvimento Regional. De acordo com esta obra, pontuam-se os seguintes aspectos (1989):

“a projeção da área menor (neste caso, os municípios) é feita a partir das informações projetadas para a área maior que a abarca (as UFs). Os dados básicos de entrada são a composição da população, por sexo e grupos de idade, para os municípios, e as projeções de população das UFs. O método tem a vantagem de levar em conta a estrutura etária da população e algumas mudanças nas variáveis demográficas, além de assegurar a coerência entre a soma das projeções das áreas menores e as projeções conhecidas de sua área maior” (p.83).

Conforme ressaltado por Freire, Gonzaga e Queiroz (2019)⁶, o método de relações de coortes pode causar resultados improváveis quando se pretende projetar a população por grupos etários. Por isso, os autores propuseram outro modelo que incorpora a distribuição espacial das áreas vizinhas ou homogêneas àquela área menor em questão e reduz as flutuações excessivas no cálculo.

Portanto, é esperado que as projeções de Freire, Gonzaga e Queiroz (2019), doravante denominadas “Projeção UFRN” produza resultados mais realistas quando da desagregação por faixas etárias. Como no presente trabalho não são necessárias projeções por idade, mas apenas do total da população municipal, para posterior desagregação entre os setores censitários, também se utiliza as projeções produzidas para a Secretaria Nacional de Habitação, que serão

⁴ Para amenizar os erros, utilizam-se métodos que procuram associar a projeção das áreas maiores (Unidades da Federação - UFs, realizadas por meio do método de coortes componentes) às áreas menores (municípios). Enquanto o Cedeplar utiliza o Método de Relação de Coortes, proposto por Duchesne (1989), para desagregar a projeção realizada para o nível dos estados (por meio do método das coortes componentes), a UFRN adota uma abordagem bayesiana empírica, para a desagregação das projeções para o nível dos municípios.

⁵ Os leitores interessados encontrarão todos os detalhes das projeções e resultados para o Brasil em: GIVISIEZ, G. H. N., OLIVEIRA E. L. de. **Demanda futura por moradias: demografia, habitação e mercado** / Universidade Federal Fluminense; 1ª ed. – Niterói, RJ: UFF, Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, 2018.

⁶ Todos os detalhes metodológicos deste método estão descritos em:

FREIRE, F.H.M.A; GONZAGA, M.R; QUEIROZ, B.L. **Projeção populacional municipal com estimadores bayesianos**, Brasil 2010 - 2030. In: Sawyer, D.O (coord.). *Seguridade Social Municipais. Projeto Brasil 3 Tempos*. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/SG/PR) , United Nations Development Programme, Brazil (UNDP) and International Policy Centre for Inclusive Growth. Brasília (IPC-IG), 2019.

referidas como “Projeção CEDEPLAR/UFMG”. Assim, obtém-se opções de escolhas mais adequadas para a realidade local.

2.2.2. Comparação dos resultados das duas projeções: CEDEPLAR/UFMG e UFRN

A Tabela 7 revela a taxa de crescimento demográfica negativa quando observada a população total do município de Caxambu. Além disso, nota-se taxa de crescimento geométrico médio anual positiva, porém baixa para a área rural no período de 2000 a 2010.

Tabela 7 – População total, urbana e rural de 2000 e 2010, e taxa média geométrica anual de crescimento demográfico

Município	2000			2010			Tx. de Cresc. 2000-2010		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Caxambu	22129	21690	439	21705	21252	453	-0,2	-0,2	0,3

Fonte: IBGE, Censos Demográficos de 2000 e 2010

O fato da taxa de crescimento da população total ser menor que 1,0% ao ano sugere perdas relativas de habitantes, via emigração. Entretanto, deve-se considerar que uma proporção menor de domicílios recenseados em 2010 também pode influenciar estas estimativas. As projeções demográficas levam este fato em consideração, por isso, as populações ajustadas para o ano de 2010 tendem a ser um pouco maiores do que aquelas recenseadas, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados das projeções populacionais pelos métodos UFRN e CEDEPLAR/UFMG

Município	2010		2015		2020		2025		2030	
	UFRN	CEDEPLAR	UFRN	CEDEPLAR	UFRN	CEDEPLAR	UFRN	CEDEPLAR	UFRN	CEDEPLAR
Caxambu	22097	22211	21586	21791	20993	21327	20290	20677	19443	19870

Fonte: CEDEPLAR/UFMG e UFRN

Para comparação dos métodos, a Tabela 8 mostra que as diferenças entre as projeções do CEDEPLAR/UFMG e UFRN é pequena, em números absolutos. O fato do município de Caxambu ser considerado de pequena base populacional (menos de 40 mil residentes), oferece a segurança de que as duas projeções são igualmente válidas para fins de planejamento e ações de saneamento básico, refletindo o estado da arte e o conhecimento demográfico especializado atual.

Do ponto de vista relativo, as discrepâncias também são pouco expressivas nos primeiros anos de projeção – e em números absolutos são, em geral quase insignificantes. No entanto, no final do período de projeções, as diferenças são maiores. Na Tabela 9 visualiza-se as diferenças entre a população projetada pela UFRN em relação aos mesmos períodos do trabalho do CEDEPLAR. A maior diferença relativa, por exemplo, é de 2,20%, em 2030. Mas o fato de essas projeções não serem tão discrepantes para pequenos municípios é um bom indicativo da confiabilidade de ambas. De fato, é esperado que as taxas apresentem uma tendência ao crescimento nulo ou próximo disso para as próximas décadas. De todo modo, para fins de planejamento do saneamento básico, torna-se relevante avaliar as diferenças de crescimento.

Tabela 9 – Diferenças absolutas e relativas entre a população projetada pela UFRN e CEDEPLAR/UFGM

Município	Diferenças absolutas UFRN em relação ao CEDEPLAR					Diferenças relativas UFRN em relação ao CEDEPLAR				
	2010	2015	2020	2025	2030	2010	2015	2020	2025	2030
Caxambu	-114	-205	-333	-387	-427	-0,52	-0,95	-1,59	-1,91	-2,20

Fonte: CEDEPLAR/UFGM e UFRN

Para tal, a fim de coletar insumos e auxiliar na escolha da projeção municipal mais adequada, consideraram-se as seguintes estratégias:

- Avaliar o crescimento da mancha urbana da sede e distritos do município, a partir das imagens de satélite mais atuais disponíveis. Como observado na Tabela 7, o crescimento populacional ocorre nestas áreas;
- Considerar informações dos pesquisadores de campo e dos informantes-chave dos municípios, mais próximos da realidade local. Estas informações são valiosas para indicar o comportamento demográfico geral, e possíveis localidades que mereçam atenção especial. O trabalho de campo foi realizado pela Equipe UFGM/Projeto SanBas. Durante os meses de agosto, setembro e outubro de 2020 foram realizadas reuniões semanais para discutir o Produto D com toda a equipe do Projeto SanBas. Também foram realizadas duas reuniões com os demógrafos e uma série de contatos via e-mail e telefone com os mesmos. A partir desse procedimento foi construída a metodologia de projeção populacional do município.

Na produção de estimativas para áreas menores, uma grande dificuldade diz respeito à falta de qualidade/confiabilidade ou mesmo disponibilidade das fontes de dados, para elaboração das projeções. Um exemplo importante é a sub cobertura dos registros de nascimentos e óbitos. No

caso da migração, o mesmo problema ocorre com os dados censitários, quando desagregados para o nível dos municípios. Diante dessas limitações, sem o objetivo de substituir as projeções demográficas, um conjunto de métodos que utilizam de variáveis sintomáticas, como imagens de satélites, têm sido desenvolvidos para a produção de estimativas de pequenas áreas, para anos pós-censitários.

O uso de dados derivados dos programas espaciais e a disseminação no uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), têm contribuído para o desenvolvimento de um conjunto de novos métodos e metodologias com aplicações muito promissoras no campo das estimativas populacionais para pequenas áreas, a partir da utilização de imagens de satélite.

Para o cálculo das estimativas via imagens orbitais, são construídos modelos de superfície ou dasimétricos, que correspondem à redistribuição geográfica de dados populacionais com um maior nível de detalhamento espacial, a partir da utilização de imagens de satélite e através do registro em células de resolução espacial fixa, o que permite a análise da distribuição espacial da população no espaço contínuo, de forma independente dos limites administrativos. Em outras palavras, o mapeamento dasimétrico utiliza de um conjunto de dados auxiliares (de cobertura da terra) com a finalidade de eliminar áreas de restrição ambiental para as ocupações humanas, possibilitando um maior detalhamento da distribuição da população no espaço, e, conseqüentemente, das estimativas produzidas em anos pós-censitários.

Portanto, as imagens de satélite, utilizadas como variável sintomática da mudança populacional, são relevantes devido à flexibilidade em relação às fronteiras das unidades político-administrativas. Dessa forma, as estimativas podem ser produzidas para o espaço contínuo, um campo a ser explorado na literatura sobre estimativas para pequenas áreas.

Definidas as hipóteses e procedimentos para a projeção do município, a etapa seguinte consiste na utilização de um conjunto de técnicas para a compreensão do fenômeno da expansão urbana, por meio da utilização de imagens de satélite. A análise da expansão urbana permitiu a identificação dos vetores de expansão – especialmente no setor censitário localizado no distrito sede do município –, e, num segundo momento, a identificação dos setores censitários com potencial de crescimento urbano, para os anos de projeção.

Para a realização dessas análises, foi obtido um conjunto de imagens de satélite de alta resolução espacial, gratuitos, extraídos das bases de dados da Google. As imagens orbitais selecionadas foram utilizadas para a interpretação visual das manchas urbanas de ocupação, e, num segundo

momento, para a construção de estimativas pós-censitárias, por sua vez fundamentais na tomada de decisão para a desagregação da projeção municipal.

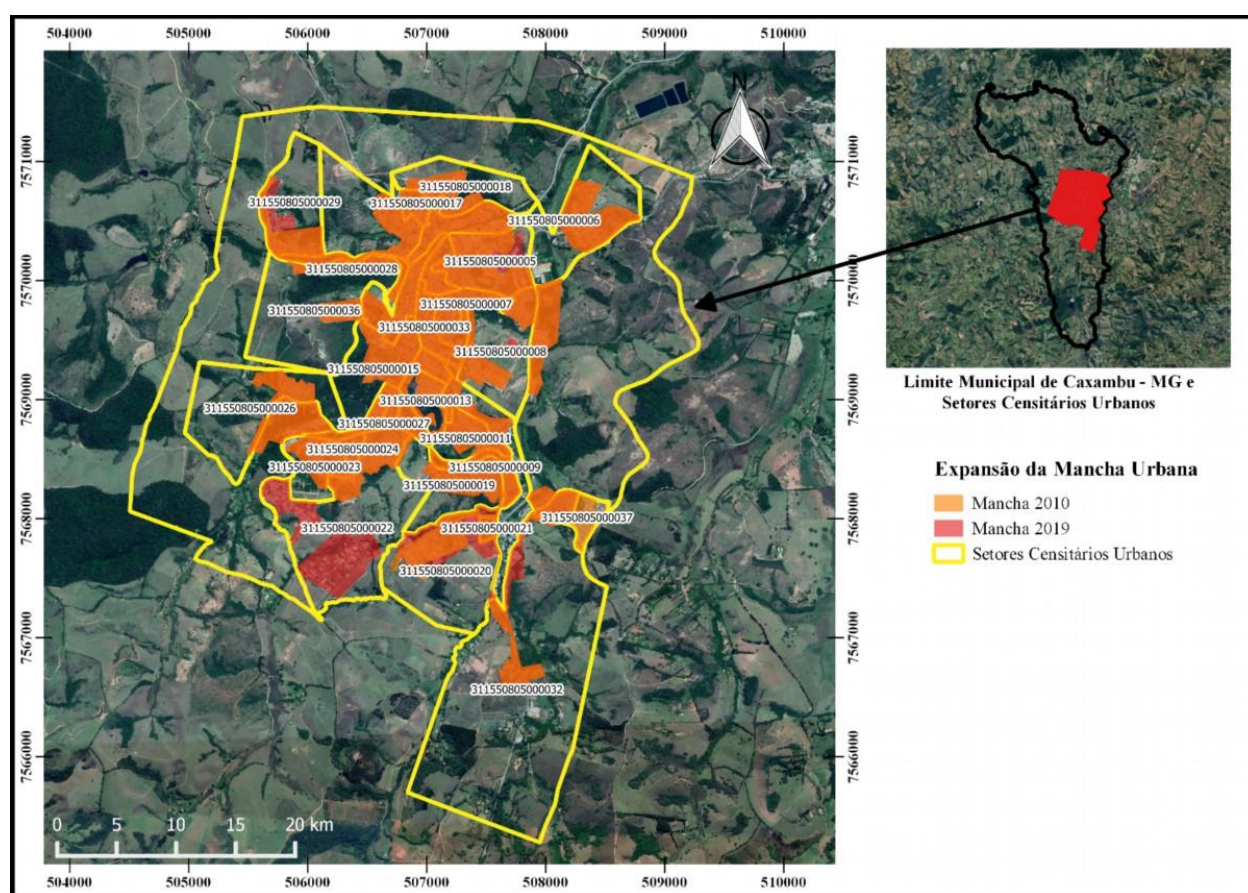
Foram mapeadas e calculadas as diferenças entre as áreas urbanas entre a data do censo e a data da imagem. A partir dela, foi estimado o crescimento populacional do município, bem como de cada setor censitário. As tabelas da próxima seção apresentam o tamanho de cada setor censitário (em km²), as áreas edificadas em 2010 (ou no ano mais próximo), e em 2019, o percentual da área ocupada nos dois períodos, a razão entre as duas áreas ocupadas (que expressa o percentual de crescimento das áreas ocupadas no período), a população do Censo 2010 e a população estimada em 2019, via o método de proporcionalidade no crescimento das manchas urbanas, mapeadas via imagens de satélite.

2.2.3. Seleção da projeção populacional municipal

Conforme mostram a Figura 5 e a Tabela 10, as áreas da sede municipal apresentaram poucas mudanças entre 2000 e 2019. Isso indica um pequeno aumento da população nas imediações da sede municipal. Complementarmente, nos trabalhos de campo observou-se que o município possui dois grandes setores censitários classificados como zonas rurais sem aglomerações de casa (um na porção norte e outro na parte sul). Em campo foi possível constatar que há, nesses setores rurais, pequenas comunidades com poucas casas localizadas próximas à região urbana do município, de maneira que a maior proporção da população total se concentra na região central.

Quando se observa o crescimento médio populacional de -0,2% ao ano do período 2000 a 2010, infere-se que houve saldos líquidos migratórios negativos. No entanto, observaram-se crescimento demográfico nos próximos anos ainda que baixos e concentrados nas áreas urbanas. Assim, a projeção municipal do CEDEPLAR/UFMG foi selecionada, por implicarem em menor diminuição no tamanho populacional.

Figura 5 – População observada em 2010 e estimada em 2019, e resultados do mapeamento por imagens de satélite Google Earth – Setores Censitários de Caxambu



Fonte: IBGE, Censo Demográfico de 2010; Google Earth, 2019

Tabela 10 – População observada em 2010 e estimada em 2019, e resultados do mapeamento por imagens de satélite Google Earth – Setores Censitários de Caxambu

Setores Censitários	Tamanho do Setor Censitário em km ²	Área Edificada em km ²		Percentual		Razão (2019/2011)	População Censo 2010	População Estimada 2019
		2011	2019	2011	2019			
311550805000001	0,066204	0,064669	0,066204	97,68	100,00	1,02	515	527
311550805000002	0,058937	0,056870	0,056870	96,49	96,49	1,00	549	549
311550805000003	0,046162	0,044646	0,044646	96,72	96,72	1,00	350	350
311550805000004	0,076480	0,074964	0,074964	98,02	98,02	1,00	455	455
311550805000005	0,352406	0,277109	0,322429	78,63	91,49	1,16	731	851
311550805000006	0,742680	0,388000	0,388000	52,24	52,24	1,00	922	922
311550805000007	0,112089	0,107810	0,107810	96,18	96,18	1,00	767	767
311550805000008	0,476918	0,170795	0,186789	35,81	39,17	1,09	1018	1113
311550805000009	0,33426066	0,098413	0,09841	29,44	29,44	1,00	831	831
311550805000010	0,08892809	0,085307	0,08531	95,93	95,93	1,00	580	580
311550805000011	0,16370294	0,11509	0,11509	70,30	70,30	1,00	424	424
311550805000012	0,04251327	0,04029	0,04029	94,77	94,77	1,00	219	219
311550805000013	0,14386149	0,09746	0,09746	67,74	67,74	1,00	556	556
311550805000014	0,05253035	0,05116	0,05116	97,38	97,38	1,00	291	291

Setores Censitários	Tamanho do Setor Censitário em km²	Área Edificada em km²		Percentual		Razão (2019/2011)	População Censo 2010	População Estimada 2019
		2011	2019	2011	2019			
311550805000015	0,37130479	0,18847	0,18847	50,76	50,76	1,00	311	311
311550805000016	0,18561058	0,16347	0,16347	88,07	88,07	1,00	601	601
311550805000017	0,07668442	0,06494	0,06494	84,68	84,68	1,00	623	623
311550805000018	0,3526731	0,12064	0,12064	34,21	34,21	1,00	1115	1115
311550805000019	0,37054766	0,16607	0,16607	44,82	44,82	1,00	691	691
311550805000020	0,72276258	0,17207	0,2702	23,81	37,38	1,57	586	920
311550805000021	0,02514533	0,02412	0,02412	95,91	95,91	1,00	56	56
311550805000022	0,22642363	0,09997	0,45708	44,15	100,00	2,26	1042	2360
311550805000023	0,22642363	0,13703	0,13703	60,52	60,52	1,00	337	337
311550805000024	0,03992505	0,03894	0,03894	97,54	97,54	1,00	554	554
311550805000025	0,06910465	0,06739	0,06739	97,52	97,52	1,00	961	961
311550805000026	0,67765982	0,10026	0,10026	14,80	14,80	1,00	678	678
311550805000027	0,11956333	0,11656	0,11656	97,49	97,49	1,00	298	298
311550805000028	0,08061909	0,06982	0,06982	86,61	86,61	1,00	473	473
311550805000029	0,41915166	0,1236	0,1709	29,49	40,77	1,38	797	1102
311550805000030	0,49860942	0,13127	0,13127	26,33	26,33	1,00	894	894
311550805000031	0,06202282	0,06067	0,06067	97,82	97,82	1,00	611	611
311550805000032	2,57283231	0,13248	0,18113	5,15	7,04	1,37	387	529
311550805000033	6,08633518	0,33601	0,33601	5,52	5,52	1,00	549	549
311550805000036	0,83647143	0,12106	0,12106	14,47	14,47	1,00	738	738
311550805000037	0,08554061	0,0674	0,0674	78,79	78,79	1,00	742	742
Total	16,863084	4,174824	4,788858	24,76	28,40	1,15	21252	23578

Fonte: IBGE, Censo Demográfico de 2010; Google Earth, 2019

Definida as projeções para o município de Caxambu, e calculada as estimativas pós-censitárias para o ano de 2019, a partir das imagens de satélite, a próxima etapa consistiu na desagregação da projeção municipal para o nível dos setores censitários. Para tanto, foram consideradas duas fases: na primeira fase, foi realizada a distribuição (pro rata) da população projetada em cada quinquênio (2015, 2020, 2025 e 2030), a partir do peso de cada setor censitário em relação ao seu respectivo tamanho populacional; e, na segunda fase, foram realizadas análises e interpretações das imagens de satélite, além de informações obtidas nos trabalhos de campo, para a realização de alguns ajustes manuais, para a redistribuição da população projetada em alguns setores censitários rurais (em localidades nas quais foi observado um crescimento diferenciado, em relação aos demais setores rurais). Essa segunda fase de ajuste manual foi necessária, pois, na metodologia empregada, não foram calculadas estimativas via imagens de satélite para os setores censitários rurais, para o ano de 2019; etapa esta necessária para a redistribuição automática (via pro rata) da população para o nível dos setores censitários.

Em relação à primeira etapa (ou distribuição pro rata), o primeiro passo (etapa 1) foi calcular o peso (ou proporção) de cada setor censitário em relação à população total do município, no ano de 2010, a partir dos Microdados do Universo do Censo 2010. Como as projeções populacionais partem da correção da população censitária, especialmente nas idades entre 0 e 9 anos, a projeção para o ano de partida (neste caso, o ano de 2010) - também conhecida como população base - corresponde a uma população um pouco superior em relação à população de cada município enumerado pelo Censo 2010. Sendo assim, considerou-se o peso (ou proporção) de cada setor censitário (da etapa 1), para a redistribuição da população corrigida de 2010, o qual denominou-se como etapa 2. Em outras palavras, a etapa 2 consiste na redistribuição da população base (de partida) das projeções utilizadas neste trabalho, referente ao ano de 2010 – como comentado, um pouco superior quando comparada à população enumerada pelo censo 2010 – para o nível dos setores censitários.

Na etapa 3 foram calculadas a população projetada de cada município para o ano de 2019, por meio de técnica de interpolação, a partir dos dados das projeções da UFRN e do CEDEPLAR. Em seguida, a população projetada para o ano de 2019, de cada município, foi redistribuída para o nível dos setores censitários, a partir dos seguintes critérios:

- Etapa 4: para os setores urbanos, foi considerado o peso de cada setor censitário em 2019, dado pelo tamanho populacional de cada setor, oriundo das estimativas pós-censitárias calculadas via imagens de satélite. Como as estimativas via imagens orbitais de 2019 foram produzidas tendo como base a população enumerada no Censo 2010, para o cálculo do peso de cada setor censitário urbano em 2019, a população estimada de cada setor foi corrigida por um fator, dado pela razão entre a população do Censo 2010 e a população base de 2010 (ou seja, a população de partida de 2010, corrigida pelas projeções).
- Etapa 5: No caso dos setores rurais, a população rural do município para o ano de 2019 foi obtida via resíduo, ou seja, pela diferença entre a população do município (projetada em 2019), menos a população urbana estimada na etapa 4. A distribuição da população rural para o nível dos setores censitários rurais foi calculada por meio da manutenção do peso (dado pelo tamanho populacional) de cada setor rural, observado em 2010.

O mapeamento via imagens de satélite para o ano de 2019 não apenas possibilitou o cálculo das estimativas de população por setores censitários urbanos, mas, também, redefiniu o peso relativo de cada setor censitário urbano, em relação à população do município. Já em relação

aos setores censitários rurais, que não contaram com o mapeamento por imagens orbitais, a população estimada por resíduo foi redistribuída em cada setor rural segundo o peso de cada setor rural observado em 2010, conforme descrito na etapa 5. Porém, como o peso da população urbana, no seu conjunto, em relação à população total do município, sofreu alteração entre 2010 e 2019, o peso da população de cada setor rural também foi alterado em relação à população total do município, nesse período. Assim, a população rural considerada foi o resíduo ou a diferença entre a população total projetada menos a população urbana estimada pelas imagens de satélite. Sendo assim, o que fora mantido constante nas áreas rurais foi a proporcionalidade; ou seja, o peso de cada setor rural observado em 2010, em relação ao total da população rural de 2010.

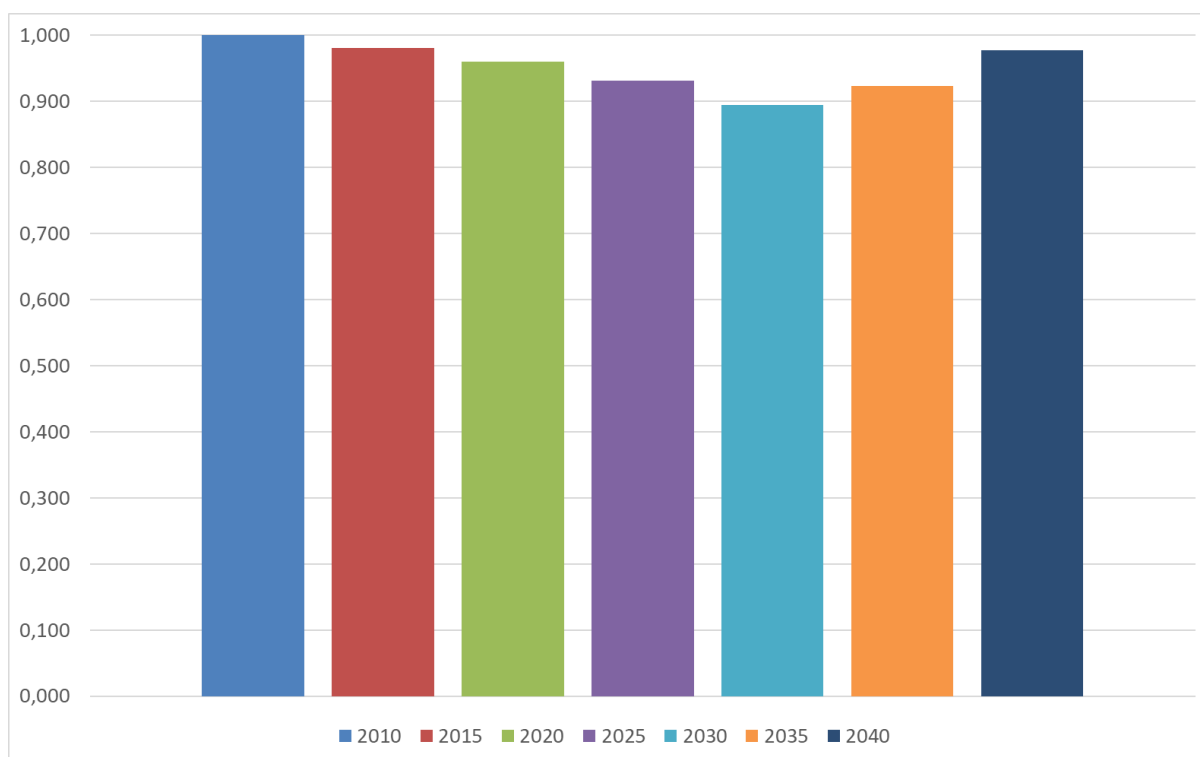
Como houve, portanto, uma mudança no peso de cada setor censitário entre 2010 e 2019, foram definidos os seguintes critérios para a definição dos pesos de cada setor censitário, no período entre 2010 e 2030 (e que denominamos de Etapa 6): a) em 2010, o peso de cada setor (em relação à população) foi aquele observado no Censo 2010; b) em 2015, foi calculada a média entre os pesos de 2010 e 2019, para cada setor censitário, urbano e rural; c) em 2020, 2025 e 2030 foi mantido fixo o peso de cada setor censitário, calculado para o ano de 2019. Para os anos intermediários, foi realizada interpolação, como comentado anteriormente.

Este critério foi pautado pelo desconhecimento sobre quais setores censitários apresentarão, no futuro (entre 2020 e 2030) o maior (e menor) ritmo de crescimento. Sendo assim, os setores que tiveram um aumento no peso (da participação populacional) entre 2010 e 2019, por terem crescido num ritmo mais acelerado nesse período, terão mantidos sua participação relativa até o final do período de projeção. Vale ressaltar que em áreas muito pequenas, tais como os setores censitários, não é possível prever com exatidão qual será o ritmo de crescimento futuro, pois, pequenas áreas estão mais susceptíveis a mudanças abruptas no ritmo de crescimento populacional.

Em relação ao período 2031-2041, há um problema adicional: as projeções demográficas do CEDEPLAR e da UFRN são calculadas até o ano de 2030, sendo que a única projeção que compreende este período é a do IBGE, que, por sua vez, é limitada às Unidades da Federação. Diante a esta limitação, consideramos como fixa a relação entre o tamanho populacional de cada município e a população de Minas Gerais, no período entre 2031 e 2041, tendo como critério a participação (dado pelo tamanho populacional) de cada município em relação ao estado, no ano de 2030. Partindo deste pressuposto, a mudança relativa do tamanho da população do estado, entre 2030 e 2041 foi considerada como sendo exatamente igual à

mudança no tamanho populacional ocorrida em cada setor censitário estudado no mesmo período. É importante destacar que essa estratégia é bastante limitada, pois, como já fora comentado, o crescimento em áreas pequenas ocorre normalmente em ritmos diferenciados ao observado em áreas mais agregadas, especialmente se considerarmos a relação de crescimento entre setores censitários e a unidade da federação. Ressaltamos novamente que, em áreas muito pequenas, tais como os setores censitários, não é possível prever com exatidão qual será o ritmo de crescimento futuro, especialmente num período muito extenso de projeção. A Figura 6 mostra a diferença percentual da população projetada nos quinquênios entre 2015-2040, em relação à população de 2010, para o município de Caxambu.

Figura 6 – Diferença percentual da população projetada nos quinquênios entre 2015 e 2040, em relação à população de 2010, para o município de Caxambu



Fonte: Projeto SanBas/UFG

Na sequência são apresentados os resultados das projeções por setores censitários, para o município de Caxambu (Tabela 11). Em relação à segunda coluna da tabela “códigos da situação dos setores censitários”, os códigos de 1 à 8 correspondem às seguintes categorias de situação de domicílio (sendo 1 à 3 urbano; e 4 à 8 rural): 1-área urbanizada de cidade ou vila; 2-área não urbanizada de cidade ou vila; 3-área urbana isolada; 4-aglomerado rural de extensão urbana; 5-aglomerado rural isolado-povoado; 6-aglomerado rural isolado-núcleo; 7-aglomerado rural isolado – outros aglomerados; 8-zona rural, exclusive aglomerado rural.

Tabela 11 – Projeção da população por setores censitários entre 2010 e 2040 - Caxambu

Setores Censitários	Código da Situação dos Setores Censitários	População 2010 (Censo)	População 2019 (estimada, imagens de satélite)	População Projetada							
				2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2041
311550805000001	1	515	527	527	517	506	491	471	487	515	520
311550805000002	1	549	549	562	551	539	523	503	519	549	555
311550805000003	1	350	350	358	351	344	333	320	331	350	354
311550805000004	1	455	455	466	457	447	433	417	430	455	460
311550805000005	1	731	851	748	734	718	696	669	691	731	739
311550805000006	1	922	922	943	926	906	878	844	871	922	932
311550805000007	1	767	767	785	770	754	731	702	725	767	775
311550805000008	1	1018	1113	1042	1022	1000	970	932	962	1018	1029
311550805000009	1	831	831	850	834	817	792	761	785	831	840
311550805000010	1	580	580	594	582	570	553	531	548	580	586
311550805000011	1	424	424	434	426	417	404	388	401	424	428
311550805000012	1	219	219	224	220	215	209	200	207	219	221
311550805000013	1	556	556	569	558	546	530	509	525	556	652
311550805000014	1	291	291	298	292	286	277	266	275	291	294
311550805000015	1	311	311	318	312	306	296	285	294	311	314
311550805000016	1	601	601	615	603	591	573	550	568	601	607
311550805000017	1	623	623	638	625	612	593	570	589	623	630
311550805000018	1	1115	1115	1141	1119	1096	1062	1021	1054	1115	1127
311550805000019	1	691	691	707	694	679	658	633	653	691	698
311550805000020	1	586	920	600	588	576	558	536	554	586	592
311550805000021	1	56	56	57	56	55	53	51	53	56	57
311550805000022	1	1042	2360	1066	1141	1210	1173	1127	1163	1231	1244
311550805000023	1	337	337	345	338	331	321	309	318	337	341
311550805000024	1	554	554	567	556	544	528	507	524	554	560
311550805000025	1	961	961	983	965	944	915	880	908	961	971
311550805000026	1	678	678	694	681	666	646	621	641	678	685
311550805000027	1	298	298	305	299	293	284	273	282	298	301
311550805000028	1	473	473	484	475	465	451	433	447	473	478
311550805000029	1	797	1102	816	800	783	759	730	753	797	805

Setores Censitários	Código da Situação dos Setores Censitários	População 2010 (Censo)	População 2019 (estimada, imagens de satélite)	População Projetada							
				2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2041
311550805000030	1	894	894	915	898	878	852	818	845	894	903
311550805000031	1	611	611	625	613	600	582	559	577	611	617
311550805000032	1	387	529	396	389	380	369	354	366	387	391
311550805000033	2	549	549	562	551	539	523	503	519	549	555
311550805000036	1	738	738	755	741	725	703	676	697	738	746
311550805000037	1	742	742	759	745	729	707	679	701	742	750
311550805000034	8	321	-----	328	227	130	126	121	125	132	133
311550805000035	8	132	-----	135	133	130	126	121	125	132	133
Total	-----	21705	-----	22211	21789	21327	20678	19870	20513	21705	22023

Fonte: IBGE, Censo Demográfico de 2010; Google Earth, 2019. Projeção do CEDEPLAR

2.3. População flutuante

Considera-se como população flutuante o “conjunto de indivíduos presentes no território, na data de referência, por um período de curta duração, por motivos recreativos, de turismo, visita a familiares ou de negócios” (DECS, 2020). Assim, a população flutuante corresponde àquela que permanece no município temporariamente, variando-se os períodos do ano e a quantidade de pessoas.

O município de Caxambu recebe turistas em razão dos recursos naturais e da oferta de águas minerais localizadas, sobretudo, no Parque das Águas Lisandro Carneiro Guimarães. De acordo com informações da Secretaria Municipal de Turismo, a população de turistas varia, ao longo do ano, tal como apresenta a Tabela 12.

Tabela 12 – Informações turísticas e população flutuante de Caxambu

Informação turística	População flutuante (nº de pessoas)	Períodos do ano
Capacidade total de hospedagem de turistas em hotéis e pousadas	1.330	-
Lotação de turistas em períodos de alta temporada turística (50%)	665	Janeiro, Julho, Dezembro
Lotação média de turistas (28%)	372,4	Fevereiro, Março, Abril, Maio, Junho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro

Fonte: Prefeitura de Caxambu, 2020

A variação da população flutuante representa um aumento populacional temporário no município. Isso impacta na demanda por saneamento básico e deve ser considerado no planejamento dos serviços, de modo a garantir, minimamente, condições adequadas de higiene e conforto. Esse aumento populacional pode resultar em:

- Aumento da demanda por abastecimento de água, podendo acarretar aumento da vazão de água captada, tratada, reservada e distribuída;
- Aumento na geração de esgotos, acarretando aumento da vazão de esgotos tratados e lançados em cursos d'água; e
- Aumento na geração de resíduos sólidos urbanos, podendo acarretar aumento da frequência de coleta (convencional e/ou seletiva), de processamento dos resíduos em unidades de triagem e/ou de transbordo, e de transporte até locais de destinação de recicláveis e de disposição final de rejeitos.

Com efeito, recomenda-se que os sistemas de saneamento básico sejam projetados de modo a atender possíveis variações de demanda (em razão da população flutuante), sem comprometimento da qualidade dos serviços ou da salubridade ambiental.

Foram solicitados à Prefeitura Municipal os dados relativos à lotação de hotéis do município, contudo até o momento de fechamento do Produto D do PMSB de Caxambu, os dados não foram enviados à Equipe da UFMG.

O levantamento da realidade sobre população flutuante, a ser realizado sob responsabilidade da Prefeitura, estará previsto nas ações descritas no Produto E do presente PMSB.

3. OBJETIVOS, ESTRATÉGIAS E METAS PARA OS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO

3.1. Objetivos para potencializar fortalezas e oportunidades e superar as deficiências e ausências identificadas no diagnóstico e prognóstico

A determinação dos objetivos do PMSB no município de Caxambu foi baseada no Direito Humano à água e ao esgotamento sanitário estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), bem como nas políticas federais estabelecidas na Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, na Lei Federal nº 11.445/2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e sua atualização, na Lei Federal nº 14.026/2020 (ainda não totalmente regulamentada – maio/2021). Dentre os objetivos fins do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu, podem ser destacados (i) universalizar o acesso ao saneamento básico, (ii) prevenir, promover e proteger a saúde da população, bem como garantir a qualidade ambiental e (iii) adequar o saneamento básico para populações rurais e de pequenos núcleos urbanos, com soluções compatíveis com suas características socioculturais. Para tanto, foram propostas estratégias, tanto para o Desenvolvimento Institucional quanto para os quatro componentes do saneamento básico, os quais são apresentados a seguir.

Ressalta-se que para a proposição de objetivos, foram identificadas potencialidades e fragilidades no que tange ao saneamento básico na esfera municipal, que embasaram as proposições de estratégias e metas. A partir dessas estratégias, serão propostos, portanto, programas, projetos e ações que serão abordados no Produto E deste PMSB, visando alcançar os objetivos para universalizar o acesso ao saneamento pela população municipal.

Tabela 13 – Objetivos para as potencialidades e fragilidades identificadas em relação ao Desenvolvimento Institucional

POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES ENCONTRADAS	→	OBJETIVO
DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL: Gestão adequada e integralizada dos componentes do saneamento		
Potencialidades		
- Município possui Lei que institui o Conselho Municipal de Controle Social em Saneamento Básico - Município possui instrumentos legais tais como Plano Diretor; Código de Obras; Código de Posturas; Zoneamento, Uso e Ocupação do solo. - Prefeitura Municipal tem definida a Secretaria Municipal de Obras, Trânsito e Serviços Públicos como o ente coordenador da política de saneamento básico, em parceria com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente - Município possui a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Caxambu (ASCAMARC) atuante nos serviços de coleta seletiva, triagem e comercialização de resíduos recicláveis		O-IN1 Manter e fortalecer os instrumentos normativos, jurídicos e de gestão da Política Municipal de Saneamento
Fragilidades		
- O Conselho Municipal de Controle Social em Saneamento Básico ainda não foi nomeado no município - Município não tem formado legalmente Fundo Municipal de Saneamento - Município não tem formado um sistema municipal de informações sobre saneamento básico - Município não informa dados atualizados ao SNIS para manejo de resíduos sólidos - Existência de localidades e comunidades sem regularização fundiária que não têm acesso a serviços de saneamento básico		O-IN2 Instituir, implantar e consolidar os instrumentos normativos, jurídicos e de gestão da Política Municipal de Saneamento
- Falta de corpo técnico especializado na Prefeitura Municipal responsável pela gestão e manutenção dos sistemas dos componentes de drenagem e manejo das águas pluviais e manejo de resíduos sólidos - Ausência de programas de capacitação para pessoal da administração municipal sobre serviços de saneamento básico. - Ausência de fiscalização e regulação dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais e manejo de resíduos sólidos e limpeza pública - Prestador de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário atua com irregularidade - Falta de controle sobre os recursos financeiros disponíveis para implantar melhorias nos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais e manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública - Ausência e/ou precariedade na prestação dos serviços de saneamento básico nas áreas rurais - Ausência de ente responsável pela solução coletiva de abastecimento de água implantada nos bairros Monjolinho e Sítio Laranjeiras		O-IN3 Reorganizar a estrutura organizacional municipal

POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES ENCONTRADAS		OBJETIVO
DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL: Gestão adequada e integralizada dos componentes do saneamento		
• Inexistência de previsão específica no PPA de orçamento para cada um dos componentes do saneamento básico • Ausência de cobrança para abastecimento de água nas localidades de Monjolinho e Sítio Laranjeiras • Ausência de modelo tarifário específico para a prestação de serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza pública • Ausência de cobrança sobre serviços de drenagem e manejo das águas pluviais • Falta de investimentos e recursos para os componentes de drenagem e manejo das águas pluviais e manejo de resíduos sólidos e limpeza pública	O-IN4 Criar mecanismos de sustentabilidade econômico-financeira	
• Município não tem um programa de educação ambiental que inclua informações sobre saneamento básico, saúde e meio ambiente na educação formal e também como programa não formal que tenha alcance de toda a população • Município não tem programas em suas secretarias para esclarecer as propostas sanitárias, suas implantações e acompanhamento dos usos das tecnologias junto à população	O-IN5 Incentivar a Educação popular em saneamento	

Tabela 14 – Objetivos para as potencialidades e fragilidades identificadas em relação aos serviços de abastecimento de água

POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES ENCONTRADAS	➡	OBJETIVO
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: Proporcionar acesso adequado ao abastecimento de água a toda população do município ao abastecimento de água, seguindo os princípios do Direito Humano à Água		
Potencialidades		
- No sistema de abastecimento de água da sede municipal é realizado processo de tratamento da água conforme estabelecido pela legislação brasileira - Existência de reservatórios e elevatórias em bom estado de conservação - Possibilidade de reestruturação da ETA para que se consiga tratar valores elevados de turbidez		O-AA1 Fortalecer e manter as potencialidades identificadas para os serviços de abastecimento de água
Fragilidades		
- Infraestrutura precária dos sistemas de abastecimento de água das localidades rurais - Captações subterrâneas não outorgadas/de uso insignificante em desacordo com as condições estabelecidas pelo órgão ambiental - Ausência de controles gerenciais e operacionais dos sistemas sob responsabilidade da Prefeitura - Ausência de informação à população sobre a tarifa social da Copasa - Ausência de ações de educação sanitária e ambiental		O-AA2 Aprimorar gestão e manutenção dos serviços
- Existência de famílias que consomem água sem passar por nenhum tipo de tratamento nas localidades rurais - Existência de famílias que têm intermitências de abastecimento na localidade do Trançador - Falta de acompanhamento de perdas de água nos sistemas da Copasa - Inexistência de uma estimativa realista da população turística - Rede de distribuição antiga e que necessita de substituição - Inexistência de tratamento dos sistemas coletivos nas localidades rurais		O-AA3 Adequar e ampliar o acesso à sistemas ou soluções de abastecimento de água
- Existência de sistemas precários e sem identificação nas localidades rurais - Inexistência de controle e vigilância dos sistemas nas comunidades rurais - Inexistência de capacitação para o funcionário responsável pela manutenção dos sistemas do Sítio Laranjeiras		O-AA4 Manutenção dos sistemas de abastecimento de água
- Áreas no entorno de captação de águas subterrâneas sem proteção - Ausência de equipamentos de proteção de nascentes - Inexistência de destinação adequada do lodo de ETA Caxambu-Baependi		O-AA5 Regularização e proteção ambiental
- Desperdício de água por parte da população - Ausência de controle da qualidade da água dos sistemas gerenciados pela Prefeitura, especialmente em Monjolinho e Sítio Laranjeiras - Existência de domicílios não ligados a rede geral de distribuição de água		O-AA6 Aprimorar controle da qualidade e quantidade de água

Tabela 15 – Objetivos para as potencialidades e fragilidades identificadas em relação aos serviços de esgotamento sanitário

POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES ENCONTRADAS	 OBJETIVO
ESGOTAMENTO SANITÁRIO: Proporcionar acesso adequado, a toda a população do município, ao esgotamento sanitário, seguindo os princípios do Direito Humano	
Potencialidades	
• Existência de controles gerenciais e operacionais do sistema sob responsabilidade da Copasa • Existência de fiscalização e manutenção do sistema de esgotamento sanitário operado pela Copasa • Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Caxambu operando adequadamente na Sede Municipal • ETE Caxambu possui uma ampla área com potencial para expansão de suas estruturas para atender a demanda • Existência de regularização ambiental da ETE Caxambu	O-ES1 Aprimorar gestão dos serviços de esgotamento sanitário
• Implantação de sistemas de tratamento simplificado de efluentes domésticos na área rural (Monjolinho e Sítio Laranjeiras) • Interesse da população rural quanto as possíveis tecnologias para destinação adequada dos efluentes	O-ES2 Adequar e ampliar o acesso a sistemas ou soluções de esgotamento sanitário
• Destinação adequada do lodo da ETE da sede municipal • Existência de monitoramento da qualidade dos efluentes	O-ES5 Aprimorar o controle e monitoramento da qualidade dos serviços prestados
Fragilidades	
• Ausência de ações de educação popular em saneamento • Ausência de orientação e fiscalização sobre manutenção das soluções individuais de esgotamento sanitário na área rural • Ausência de levantamento preciso do número de fossas rudimentares e fossas sépticas presentes no município • Existência de famílias sem nenhum acesso aos serviços de esgotamento sanitário nas localidades rurais • Soluções inadequadas para tratamento do esgoto da população rural, residente em áreas dispersas • Rede coletora inexistente nas localidades rurais	O-ES1 Aprimorar gestão dos serviços de esgotamento sanitário

POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES ENCONTRADAS	 OBJETIVO
ESGOTAMENTO SANITÁRIO: Proporcionar acesso adequado, a toda a população do município, ao esgotamento sanitário, seguindo os princípios do Direito Humano	
• Segundo a Copasa, existência de sistemas de ligação de drenagem urbana na rede de esgotamento sanitário	
• Infraestrutura precária dos sistemas de esgotamento sanitário das localidades rurais • Ausência de outorgas para lançamento de efluentes nos corpos d'água nas localidades rurais • Ausência de levantamento preciso do número de fossas rudimentares e fossas sépticas presentes no município Ausência de fiscalização e manutenção das soluções individuais de esgotamento sanitário	O-ES2 Adequar e ampliar o acesso a sistemas ou soluções de esgotamento sanitário
• Necessidade de encerramento e monitoramento adequado das fossas rudimentares existentes • Existência de sistemas precários nas localidades rurais	O-ES3 Manutenção dos sistemas de esgotamento sanitário
• Inexistência de apoio para o uso de tecnologias socais nas áreas rurais	O-ES4 Regularização e proteção ambiental
• Poluição e mau cheiro do corpo d'água que passam pelas áreas rurais, proveniente do lançamento indevido de esgotos • Ausência de ligações à rede coletora nas áreas rurais e nos bairros Bosque e Cascatinha • Prevalência de doenças como diarreia uma parte do bairro Belvedere	O-ES5 Aprimorar o controle e monitoramento da qualidade dos serviços prestados

Tabela 16 – Objetivos para as potencialidades e fragilidades identificadas em relação aos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais

POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES ENCONTRADAS		OBJETIVO
MANEJO DE ÁGUA PLUVIAS: Proporcionar qualidade de vida à população com equipamentos adequados que evitem/minimizem eventos de desastres		
Potencialidades		
• Elaboração do PMSB mobilizou representantes da Prefeitura Municipal para rediscutir o tema da drenagem pluvial no município	O-MP1 Manter e ampliar as ações de mobilização	
• Falta de controle e fiscalização periódica do ordenamento das legislações relativas a obras, posturas e uso do solo • Inexistência de previsão específica no PPA de orçamento para obras no setor de drenagem pluvial • Falta de mapeamento e controle dos equipamentos e estruturas de drenagem pluvial • Falta de áreas verdes nas áreas urbanas • Falta de periodicidade de manutenção e limpeza de estruturas de drenagem pluvial • Falta de manutenção periódica das estradas vicinais • Falta de estruturas de drenagem e manejo das águas pluviais em estradas vicinais	O-MP2 Aprimorar gestão e manutenção dos serviços	
• Ausência de Cadastro Técnico do sistema de macro e microdrenagem • Ocorrência de pontos críticos de enxurrada e/ou alagamento • Ocorrência de pontos críticos de inundação • Insuficiência do sistema de drenagem pluvial na área urbana • Ocorrência de pontos de ligação entre a rede de drenagem pluvial e a rede coletora de esgotos • Prevalência de doenças relacionadas a ausência de serviços adequados como arboviroses	O-MP3 Implantar, adequar e ampliar estruturas de micro e macrodrenagem	
• Existência de resíduos sólidos em estruturas de drenagem pluvial • Ausência de mata ciliar em trechos de cursos d'água • Existência de taludes com risco geotécnico	O-MP4 Proporcionar proteção e preservação de fundos de vale e corpos hídricos	
• Novos loteamentos sem equipamentos de drenagem pluvial • Lotes vagos sem fiscalização • Existência de edificações sem área permeável	O-MP5 Respeitar o Uso e ocupação do solo	
• Ausência de mecanismos para controle e minimização de eventos críticos como alagamentos e inundações	O-MP6 Reduzir o índice de famílias impactadas por eventos críticos	

Tabela 17 – Objetivos para as potencialidades e fragilidades identificadas em relação á gestão integrada de resíduos sólidos

DEFICIÊNCIAS E AUSÊNCIAS ENCONTRADAS	→	OBJETIVO
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos, proporcionando qualidade de vida à toda população do município, com coleta domiciliar regular, coleta seletiva e destinação ambientalmente adequada, visando preservar o meio ambiente e a promoção da saúde		
Potencialidades		
• Senso crítico da população com relação à necessidade de destinação de resíduos recicláveis • Existência e atuação da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Caxambu • Elaboração do PMSB mobilizou lideranças da Prefeitura Municipal para rediscutir o tema da regularização da disposição final de rejeitos		O-RS1 Fortalecer as potencialidades identificadas
• Inexistência de regulamentações municipais acerca do manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública • Ausência de controle das atividades de empresas privadas de coleta e transporte de resíduos • Inexistência de planejamento e mapeamento das atividades de capina, varrição e poda • Ausência de controles gerenciais e operacionais dos serviços de coleta, transbordo, destinação final		O-RS1 Aprimorar gestão de todos os serviços relacionados aos resíduos sólidos
• Ausência de controle sobre a quantidade de resíduos coletados diariamente • Inexistência de análise de composição gravimétrica • Inexistência de atendimento pelos serviços de coleta em áreas rurais • Frequência insuficiente de coleta seletiva no município • Ausência ou precariedade de serviços de limpeza pública nos bairros urbanos • Insuficiência de serviços de limpeza pública • Deficiências da quantidade e da qualidade de lixeiras coletivas e públicas		O-RS2 Implantar, ampliar e aprimorar os serviços de coleta convencional de resíduos sólidos e limpeza pública
• Sistema de coleta seletiva deficiente • Ausência de mapeamento dos serviços de coleta seletiva • Deterioração das instalações da Unidade de Triagem • Inexistência de análise de composição gravimétrica atualizada • Inexistência de controle do gerenciamento dos resíduos que possuem logística reversa obrigatória • Inexistência de Ponto de Entrega Voluntária • Inexistência de reaproveitamento dos resíduos provenientes da capina e poda		O-RS3 Ampliar e aprimorar os serviços de coleta seletiva

DEFICIÊNCIAS E AUSÊNCIAS ENCONTRADAS	OBJETIVO
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos, proporcionando qualidade de vida à toda população do município, com coleta domiciliar regular, coleta seletiva e destinação ambientalmente adequada, visando preservar o meio ambiente e a promoção da saúde	
• Inexistência de equipe e equipamento exclusivo para a coleta e transporte de resíduos especiais e perigosos • Inexistência de iniciativa para a reciclagem dos resíduos da construção • Inexistência de controle dos empreendimentos particulares de saúde • Inexistência de controle de coletas especiais	O-RS4 Assegurar o correto gerenciamento dos resíduos especiais, seja em unidades públicas ou privadas
• Não disponibilização de todos os EPIs • Falta de treinamento e capacitação da equipe de coleta de resíduos domiciliares • Inexistência de capacitações para os funcionários acerca do gerenciamento dos resíduos especiais e perigosos • Inexistência de capacitação de pessoal que coleta, faz triagem, e comercializa materiais recicláveis	O-RS5 Capacitar as equipes envolvidas nas atividades relacionadas ao manejo de resíduos sólidos
• Disposição final operada em lixão municipal • Inexistência de plano de controle ambiental e plano de encerramento da área do lixão • Ocorrência de pontos de descarte clandestino de resíduos sólidos	O-RS6 Assegurar a destinação ambientalmente adequada dos diversos tipos de resíduos gerados no município

3.2. Objetivos, estratégias e metas para as potencialidades e fragilidades identificadas no diagnóstico e no prognóstico

Tabela 18 – Objetivos, estratégias e metas para o Desenvolvimento Institucional

OBJETIVO	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL: Gestão adequada e integralizada dos componentes do saneamento					
O-IN1 Instituir, implantar e consolidar os instrumentos normativos, jurídicos e de gestão da Política Municipal de Saneamento	O-IN1.1 Dotar o município de política pública voltada ao saneamento				
	O-IN1.2 Fomentar o mecanismo de participação e controle social para o saneamento já instituído no município				
	O-IN1.3 Compatibilizar os dados e informações do PMSB com o Censo Demográfico de 2021				
	O-IN1.4 Compatibilizar o Plano Plurianual (PPA) com o Plano de Saneamento Básico do município, para os próximos quadriênios				
	O-IN1.5 Monitorar e avaliar a execução do PMSB				
	O-IN1.6 Implementar mecanismos para gerenciamento de dados e informações dos serviços de saneamento no município				
	O-IN1.7 Disponibilizar informações frequentes à população sobre os serviços de saneamento, possibilitando a participação e o controle social				
	O-IN1.8 Criar mecanismos financeiros para apoio à implementação de ações voltadas ao saneamento básico no município				
	O-IN1.9 Revisar o PMSB de quatro em quatro anos				
	O-IN1-10 Promover a articulação entre os prestadores de serviços de saneamento básico para preenchimento correto dos dados anuais ao SNIS para os componentes de água, esgoto, resíduos sólidos e águas pluviais				
	O-IN1.11 Implantar e implementar legislação correlata ao saneamento				

OBJETIVO	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL: Gestão adequada e integralizada dos componentes do saneamento					
	O-IN1.12 Realizar levantamentos, estudos e projetos para subsidiar a execução de ações em todos os eixos do saneamento (regularização fundiária, população flutuante, domicílios em condições precárias de saneamento, entre outros)				
	O-IN1.13 Articular a gestão compartilhada do saneamento entre municípios				
	O-IN2 Reorganizar a estrutura organizacional municipal	O-IN2.1 Definir a melhor alternativa para prestação dos serviços de saneamento atualmente prestados pela Prefeitura			
	O-IN2.2 Implantar e definir, por meio de instrumentos legais, a estrutura organizacional para o saneamento (pessoal, prestação, fiscalização, avaliação e regulação)				
	O-IN2.3 Capacitar pessoal efetivo da Prefeitura para atuar no planejamento, fiscalização e acompanhamento da implantação do PMSB				
O-IN3 Criar mecanismos de sustentabilidade econômico financeira	O-IN3.1 Revisar modelo tarifário sobre os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário junto à Arsae, incluindo-se a revisão da tarifa social				
	O-IN3.2 Implantar tarifação de serviços de saneamento que sejam compatíveis com a renda da população, contemplando a tarifa social				
	O-IN3.3 Buscar canais de financiamento para serviços de saneamento				
O-IN4 Incentivar a Educação popular em saneamento	O-IN4.1 Continuar promovendo a educação popular em saneamento, permanente e continuada, sobre a importância dos acessos adequados aos serviços de saneamento na promoção da saúde e prevenção de doenças e para um meio ambiente equilibrado e saudável				
	O-IN4.2 Atuar em conjunto com a população para as soluções sanitárias propostas, na implantação e no acompanhamento dos usos				

Tabela 19 – Objetivos, estratégias e metas para os serviços de Abastecimento de Água

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: Proporcionar acesso adequado, a toda a população do município, ao abastecimento de água, seguindo os princípios do Direito Humano					
O-AA1 Fortalecer e manter as potencialidades identificadas para os serviços de abastecimento de água	O-AA1.1 Manter o bom funcionamento do SAA da Sede Municipal para permitir atendimento à demanda futura, conforme projeção demográfica				
	O-AA1.2 Fortalecer e sensibilizar sobre a importância do tratamento de água em âmbito intradomiciliar				
	O-AA1.3 Inserir a micromedicação nos sistemas das comunidades rurais				
	O-AA1.4 Reestruturar a ETA para tratar valores elevados de turbidez				
O-AA2 Aprimorar gestão dos serviços	O-AA2.1 Elaborar Plano de Segurança da Água				
	O-AA2.2 Realizar mapeamento digital cadastral de todos os sistemas de distribuição de água existentes no município				
	O-AA2.3 Realizar mapeamento de todos os domicílios sem acesso ou com acesso inadequado ao abastecimento de água, na área urbana e rural				
	O-AA2.4 Cadastrar e manter atualizados os dados e informações operacionais de todos os sistemas de abastecimento existentes nas comunidades rurais				
	O-AA2.5 Realizar o controle gerencial e operacional de todos os sistemas de abastecimento existentes nas comunidades rurais, incluindo mecanismos de cobrança				
	O-AA2.6 Realizar outorga de direito de uso de recursos hídricos das captações dos sistemas existentes e dos passíveis de utilização				
	O-AA2.7 Realizar acompanhamento das perdas de água em todos os sistemas coletivos sob responsabilidade da Prefeitura				
O-AA3	O-AA3.1 Atender às comunidades rurais que ainda não possuem acesso a nenhum tipo de serviço coletivo de abastecimento de água				

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: Proporcionar acesso adequado, a toda a população do município, ao abastecimento de água, seguindo os princípios do Direito Humano					
Adequar e ampliar o acesso à sistemas ou soluções de abastecimento de água	O-AA3.2 Melhorar a distribuição de água para atendimento à demanda da população da localidade do bairro Trançador				
	O-AA3.3 Ampliar as redes de distribuição de água para atendimento à demanda da população da área urbana e rural				
	O-AA3.4 Implantar sistema(s) ou solução(ões) de tratamento de água para atendimento à população da(s) localidade(s) rurais (coletivos e individuais)				
	O-AA3.5 Substituir a rede de abastecimento de água na(s) localidade(s) onde há baixa pressão				
	O-AA3.6 Implantar sistemas ou soluções (individuais ou coletivas) de tratamento de água para atendimento à população das comunidades rurais				
	O-AA3.7 Realizar análises de água dos sistemas coletivos de Monjolinho e Sítio Laranjeiras				
O-AA4 Manutenção dos sistemas de abastecimento de água	O-AA4.1 Manter e operar adequadamente os sistemas de abastecimento de água existentes no município, nas localidades urbanas e rurais				
	O-AA4.2 Realizar manutenção contínua dos sistemas de abastecimento de água existentes no município, nas localidades urbanas e rurais				
	O-AA4.3 Realizar um levantamento e substituir as redes de abastecimento de água que estão antigas e em condições precárias				
	O-AA4.4 Promover a proteção e conservação ambiental dos recursos relacionados aos sistemas e soluções de abastecimento de água no município				
	O-AA4.5 Revitalizar os sistemas e soluções de abastecimento de água existentes no município				
O-AA5	O-AA5.1 Realizar a regularização ambiental dos sistemas e soluções utilizadas para abastecimento de água em todo o município				

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: Proporcionar acesso adequado, a toda a população do município, ao abastecimento de água, seguindo os princípios do Direito Humano					
Regularização e proteção ambiental	O-AA5.2 Promover a proteção e conservação ambiental dos recursos relacionados aos sistemas e soluções de abastecimento de água no município				
	O-AA5.3 Adequar os sistemas de abastecimento de água à legislação vigente				
O-AA6 Aprimorar controle da qualidade e quantidade de água	O-AA6.1 Reduzir o desperdício de água pela população através da implantação de hidrômetros nas comunidades onde não há e instituindo o pagamento (pela água ou pela energia) proporcional ao consumo				
	O-AA6.2 Promover ações de sensibilização e orientação da população sobre o desperdício de água e sobre o correto armazenamento da água				
	O-AA6.3 Reduzir consumo <i>per capita</i> e desperdício de água pela população				
	O-AA6.4 Implantar e manter controle de quantidade da água em todos os sistemas existentes e nos que vierem a ser implantados				
	O-AA6.5 Mapear a prevalência de doenças relacionadas a ausência de serviços de abastecimento adequado de água				

Tabela 20 – Objetivos, estratégias e metas para os serviços de esgotamento sanitário

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
ESGOTAMENTO SANITÁRIO: Proporcionar acesso adequado ao esgotamento sanitário, seguindo os princípios do Direito Humano					
O-ES1 Aprimorar gestão dos serviços de esgotamento sanitário	O-ES1.1 Realizar mapeamento digital cadastral de todo(s) o(s) sistema(s) coletivos de esgotamento sanitário existentes no município				
	O-ES1.2 Realizar mapeamento da forma de esgotamento sanitário em todos os domicílios no município, nas localidades urbanas e rurais, identificando existência de formas adequadas (rede, fossa séptica, etc) ou inadequadas (fossas rudimentares, lançamento a céu aberto, etc)				
	O-ES1.3 Cadastrar e manter atualizados os dados e informações operacionais de todos os sistemas coletivos de esgotamento sanitário existentes no município, nas localidades urbanas e rurais				
	O-ES1.4 Realizar o controle gerencial e operacional de todo os sistemas coletivos implantados no município, nas localidades urbanas				
O-ES2 Adequar e ampliar o acesso à sistemas ou soluções de esgotamento sanitário	O-ES2.1 Apresentar e incentivar o uso de Tecnologias Sociais de esgotamento sanitário junto à população				
	O-ES2.2 Ampliar a rede coletora de esgotos para atendimento à população da(s) localidade(s) rurais				
	O-ES2.3 Adequar o sistema de tratamento de esgoto sanitário na(s) localidade(s) rurais				
	O-ES2.4 Ampliar o tratamento do esgoto sanitário para atendimento à população da(s) localidade(s) rurais				
	O-ES2.5 Atender, com solução coletiva ou individual, a(s) localidade(s) rurais, que ainda não possui(em) acesso a nenhum tipo de serviço de esgotamento sanitário				
	O-ES2.6 Implantação de solução para tratamento de esgoto sanitário na localidade Monjolinho, que já possui parte da rede coletora implantada				
	O-ES2.7 Substituir a rede coletora de esgotos na(s) localidade(s) onde há rede de cerâmica				
O-ES3 Manutenção dos sistemas de esgotamento sanitário	O-ES3.1 Manter e operar adequadamente os sistemas de esgotamento sanitário existentes no município, nas localidades urbanas e rurais				
	O-ES3.2 Realizar manutenção preventiva, contínua, dos sistemas de esgotamento sanitário existentes no município, nas localidades urbanas e rurais				
	O-ES3.3 Revitalizar os sistemas de esgotamento sanitário existentes no município (cercamento, identificação e pintura das estruturas, capina no seu entorno e outros)				
O-ES4	O-ES4.1 Realizar a regularização ambiental dos sistemas e soluções utilizadas para esgotamento sanitário em todo o município				

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
ESGOTAMENTO SANITÁRIO: Proporcionar acesso adequado ao esgotamento sanitário, seguindo os princípios do Direito Humano					
Regularização e proteção ambiental	O-ES4.2 Promover a proteção e conservação ambiental dos recursos relacionados aos sistemas e soluções de esgotamento sanitário no município				
	O-ES4.3 Adequar os sistemas de esgotamento sanitário à legislação vigente				
O-ES5 Aprimorar o controle e monitoramento da qualidade dos serviços prestados	O-ES5.1 Manter o monitoramento e controle dos efluentes no(s) sistema(s) ETE Caxambu				
	O-ES5.2 Reduzir a incidência de doenças relacionadas a ausência de serviços de esgotamento sanitário adequado				
	O-ES5.3 Incentivar a ligação intradomiciliar à rede coletora de esgotamento sanitário				
	O-ES5.4 Implantar e manter monitoramento dos domicílios que utilizam soluções individuais de esgotamento sanitário				
	O-ES5.5 Acompanhar o uso de Melhorias Sanitárias Domiciliares junto à população				
	O-ES5.6 Reduzir o consumo de energia elétrica na ETE Caxambu				

Tabela 21 – Objetivos, estratégias e metas para os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUA PLUVIAS: Proporcionar qualidade de vida à população, com equipamentos adequados, que evitem/minimizem eventos de desastres					
O-MP1 Aprimorar gestão e manutenção dos serviços	O-MP1.1 Instituir mecanismos para inclusão de manejo de águas pluviais e drenagem no Plano Plurianual (PPA)				
	O-MP1.2 Instituir mecanismos para adoção de Soluções Baseadas na Natureza				
	O-MP1.3 Instituir mecanismos para infiltração da água de chuva				
	O-MP1.4 Instituir rotinas de manutenção e limpeza de equipamentos do sistema de drenagem				
	O-MP1.5 Instituir rotina de manutenção de estradas vicinais de terra				
O-MP2 Implantar, adequar e ampliar estruturas de micro e macrodrenagem	O-MP2.1 Realizar e manter atualizados o cadastro de equipamentos e infraestrutura de drenagem				
	O-MP2.2 Adequar a rede de drenagem e manejo de águas pluviais para evitar e minimizar a prevalência de doenças por falta de equipamentos adequados				
	O-MP2.3 Identificar as causas de ocorrência de alagamentos, enxurradas e inundações				
	O-MP2.4 Instituir mecanismos para evitar o aparecimento de novas zonas críticas de inundação e /ou alagamento, e eliminar e/ou reduzir as existentes				
	O-MP2.5 Identificar e corrigir os pontos de conexão entre a rede coletora de esgoto e a rede de drenagem de águas pluviais nas áreas urbanas				
O-MP3 Proporcionar proteção e preservação de	O-MP3.1 Implantar mecanismos para retenção de resíduos sólidos antes dos equipamentos de drenagem				
	O-MP3.2 Implantar mecanismos para preservação dos corpos d’água				

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUA PLUVIAS: Proporcionar qualidade de vida à população, com equipamentos adequados, que evitem/minimizem eventos de desastres					
fundos de vale e corpos hídricos	O-MP3.3 Fomentar a não ocupação em fundos de vale e áreas de encostas				
O-MP4 Respeitar uso e ocupação do solo	O-MP4.1 Instituir mecanismos para ampliação/implantação de fiscalização de atividades que tenham impacto no sistema de drenagem				
	O-MP4.2 Instituir instrumentos de ordenamento do sistema de drenagem				
O-MP5 Reduzir o índice de famílias impactadas por eventos críticos	O-PM5.1 Instituir e manter mecanismo de alerta e monitoramento de eventos climáticos e ambientais				

Tabela 22 – Objetivos, estratégias e metas para a gestão integrada de resíduos sólidos

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos, proporcionando qualidade de vida à toda população do município, com coleta domiciliar regular, coleta seletiva e destinação ambientalmente adequada, visando preservar o meio ambiente e promoção da saúde					
O-RS1 Aprimorar gestão de todos os serviços relacionados aos resíduos sólidos	O-RS1.1 Realizar o adequado planejamento da execução de serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos domiciliares urbanos e rurais				
	O-RS1.2 Instituir e manter mecanismos voltados à gestão de resíduos especiais				
	O-RS1.3 Instituir e manter mecanismos para controles gerenciais e operacionais da coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos gerados no município				
	O-RS1.4 Fomentar o consorciamento entre municípios, para o manejo e gerenciamento adequado dos resíduos sólidos				
	O-RS1.5 Instituir e manter mecanismos de fiscalização do manejo e gerenciamento de resíduos sólidos				
O-RS2 Implantar, ampliar e aprimorar os serviços de coleta convencional de resíduos sólidos e limpeza pública	O-RS2.1 Implantar e manter os serviços de coleta convencional de resíduos sólidos nas áreas rurais				
	O-RS2.2 Ampliar a área de cobertura dos serviços de coleta convencional de resíduos sólidos nas áreas rurais				
	O-RS2.3 Implantar e manter os serviços de limpeza pública nos bairros urbanos entorno do Centro				
	O-RS2.4 Implantar e manter os serviços de poda, capina, roçagem nos bairros rurais				
	O-RS2.5 Promover junto à população ações de orientação sobre acondicionamento e disponibilização adequada dos resíduos para a coleta				
	O-RS2.6 Proporcionar à população lugares adequados para descarte de resíduos sólidos nas áreas urbanas e rurais				

OBJETIVOS	ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
		Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo prazo (De 13 a 20 anos)
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos, proporcionando qualidade de vida à toda população do município, com coleta domiciliar regular, coleta seletiva e destinação ambientalmente adequada, visando preservar o meio ambiente e promoção da saúde					
O-RS3 Implantar, ampliar e aprimorar os serviços de coleta seletiva	O-RS3.1 Incentivar a participação da população na coleta seletiva				
	O-RS3.2 Implantar e manter a coleta seletiva nas áreas rurais				
	O-RS3.3 Ampliar a área de cobertura dos serviços de coleta seletiva até as áreas rurais				
	O-RS3.4 Incentivar a formalização e fomentar o desenvolvimento de cooperativas e/ou associações de catadores				
	O-RS3.5 Incluir os catadores de materiais recicláveis nos serviços de coleta seletiva, assegurando renda mínima a estes				
	O-RS3.6 Dotar o município de equipamentos e infraestrutura necessária para execução dos serviços de coleta seletiva				
O-RS4 Assegurar o correto gerenciamento dos resíduos especiais, seja em unidades públicas ou privadas	O-RS4.1 Buscar o cumprimento dos regulamentos e acordos setoriais sobre Logística Reversa Obrigatória				
	O-RS4.2 Realizar estudos e levantamentos relacionados aos resíduos especiais				
	O-RS4.3 Desenvolver sistemas de gerenciamento voltados para o controle, acondicionamento, transporte e destinação adequada dos resíduos especiais				
O-RS5 Capacitar equipes envolvidas nas atividades relacionadas ao manejo de resíduos sólidos	O-RS5.1 Garantir a segurança dos funcionários alocados nos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos				
	O-RS5.2 Capacitar pessoal envolvido no manejo dos diversos tipos de resíduos gerados				

OBJETIVOS		ESTRATÉGIAS	Metas para atingir o objetivo			
			Imediato (Até 3 anos)	Curto prazo (De 4 a 8 anos)	Médio prazo (De 9 a 12 anos)	Longo (De 13 a 20 anos)
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS: Reduzir o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos, proporcionando qualidade de vida à toda população do município, com coleta domiciliar regular, coleta seletiva e destinação ambientalmente adequada, visando preservar o meio ambiente e promoção da saúde						
O-RS6 Assegurar a destinação ambientalmente adequada dos diversos tipos de resíduos gerados no município	O-RS6.1 Adequar a forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos do município à legislação vigente					
	O-RS6.2 Fomentar a participação do município em consórcio intermunicipal para realização da destinação/disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos					
	O-RS6.3 Desativar áreas de disposição irregular de resíduos, conforme normas técnicas					
	O-RS6.4 Mapear áreas com prevalência de doenças relacionadas à ausência de serviços adequados de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana					

4. ORIENTAÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO

No Brasil, o Plano Nacional de Saneamento Básico - Plansab, aprovado em 2013, indicou a necessidade de mudança de paradigma no âmbito das políticas públicas de saneamento, para “deslocar o tradicional foco dos planejamentos clássicos em saneamento básico, pautados na hegemonia de investimentos em obras físicas”, para inserir e fortalecer a adoção de medidas estruturantes, a fim de assegurar “eficiência, efetividade e sustentação aos investimentos em medidas estruturais” (MCIDADES, 2013, p. 15). Dessa maneira, favorece-se uma integração entre medidas estruturantes e medidas estruturais.

A versão revisada do Plansab, submetida à apreciação dos Conselhos Nacionais de Saúde, Recursos Hídricos e Meio Ambiente, reitera o conceito central da versão original do Plano, referente às medidas estruturais e medidas estruturantes (MDR, 2019). As primeiras correspondem aos tradicionais investimentos em obras, com intervenções físicas relevantes nos territórios, para a conformação das infraestruturas físicas de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Por outro lado, por medidas estruturantes são entendidas aquelas que fornecem suporte político e gerencial para a sustentabilidade da prestação dos serviços. Encontram-se tanto na esfera do aperfeiçoamento da gestão, em todas as suas dimensões, quanto na da melhoria cotidiana e rotineira da infraestrutura física (MDR, 2019).

No tocante ao PMSB, a sustentabilidade da prestação dos serviços está ancorada na adequação e consolidação de estruturas físicas, na apropriação pela população, na aplicação de cobranças condizentes com a condição socioeconômica das pessoas atendidas, e na inclusão de aspectos culturais e ambientais da população e o local onde se implementa a política de saneamento básico. Essas ações contribuem para a boa gestão dos serviços porque o poder público conta com o apoio da população. Nesse sentido, o presente tópico tem como objetivo ressaltar a importância de envolver a população nas etapas de:

- Levantamento do diagnóstico da situação sanitária local;
- Seleção da solução tecnológica a ser implantada;
- Formulação de modelo de gestão compartilhada com a população (quando pertinente);
- Formulação de modelo de cobrança pela prestação dos serviços;

- Manutenção das estruturas de saneamento básico (sejam de caráter coletivo ou individual);
- Uso dos serviços de maneira adequada, respeitando-se regras técnicas;
- Criação de mecanismos de ouvidoria e comunicação;
- Criação de mecanismos de escuta da população e instrução sobre saneamento básico;
- E outras formas pertinentes para a consolidação da gestão do saneamento básico, de acordo com a legislação vigente.

Cabe destacar que o Programa Saneamento Brasil Rural - PSBR propõe eixos estratégicos de atuação nos serviços de saneamento, em consonância com a integração entre medidas estruturais e estruturantes, sendo eles:

- a) Gestão dos serviços;
- b) Educação e participação social; e
- c) Tecnologia.

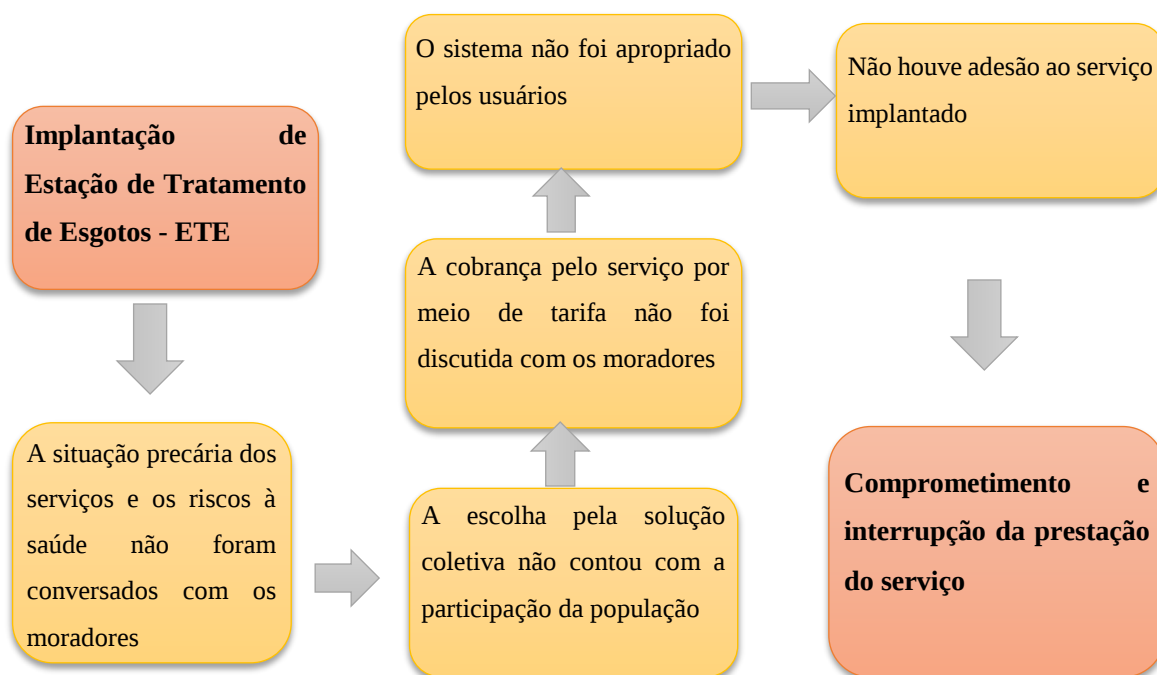
Tais eixos são pilares indissociáveis e sustentam a execução dos serviços sanitários em localidades rurais. Criados para alterar o atual cenário de déficit sanitário das áreas rurais, visando reduzir, assim, o quadro de desigualdades de acesso aos serviços de saneamento entre urbano e rural (FUNASA, 2019a).

4.1. Participação social e gestão dos serviços de saneamento básico

A Lei Federal nº 11.445/2007 normatiza a participação social e o controle social durante o processo de elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico. Da mesma maneira, o artigo 26 do seu decreto regulamentador, Decreto Federal nº 7.217/2010, afirma sobre a adoção de “ampla participação das comunidades, dos movimentos e das entidades da sociedade civil”, visando à divulgação dos estudos desenvolvidos, e à realização de consulta ou audiência pública (BRASIL, 2007, 2010a). Assim sendo, a participação social é fundamental para o acesso da sociedade às informações, debates e decisões sobre a prestação dos serviços de saneamento básico, além de ser uma forma de exercer a cidadania e de promoção da maior adesão dos cidadãos às políticas públicas (CICONELLO, 2007).

Quando a adequação do saneamento básico é pautada unicamente na implantação de soluções tecnológicas, por meio da construção de estruturas e exigências de aceitação da população, são maiores as chances de abandono da estrutura e desperdício de recursos públicos. Inúmeras experiências nesse sentido são observadas e relatadas em municípios de pequeno porte. A sequência desses eventos pode ser observada no esquema apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Exemplo de ausência de participação social como fator de comprometimento dos serviços de esgotamento sanitário



Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

Conforme apresentado na Figura 7, a adoção de solução técnica, sem o envolvimento da população, não levou à superação da situação de insalubridade. Entre os fatores dificultadores, destaca-se a falta de estímulo à participação da população em todas as etapas que compõem a efetiva mudança do cenário de precariedade ou ausência de acesso ao saneamento básico. A estrutura implantada pode cumprir os requisitos técnicos, todavia, esse fato não garante seu uso, uma vez que a apropriação pela população não ocorre naturalmente. É preciso promover ações que propiciem não só o acesso, mas a participação das comunidades beneficiadas nas discussões do problema, das alternativas técnicas e da sua implantação. Assim sendo, as ações desenvolvidas no âmbito do saneamento devem ser projetadas em consonância com a participação e aprendizagem social, conforme preconiza o PSBR:

A construção conjunta dos serviços, pelo corpo técnico e pelos usuários, e o fortalecimento da participação social na sua gestão, podem evitar que as práticas sanitárias caiam em desuso, levando ao desperdício de recursos. Por isso, é necessária

a articulação de elementos da gestão com práticas educativas, a fim de garantir a efetividade da participação social na consolidação da tecnologia de saneamento (FUNASA, 2019a, p. 128).

O PSBR adota um pilar da gestão especificamente voltado para o tema, e propõe um modelo de gestão multiescalar que inclui as dimensões domiciliar e local (entendido como a comunidade ou o bairro). De acordo com o PSBR a gestão dos serviços “é amplamente relacionada às medidas estruturantes, por abranger o planejamento, a regulação, a fiscalização, a prestação dos serviços e o controle social sobre essas funções” (FUNASA, 2019a, p. 112). O PSBR ainda descreve que a sustentação das medidas estruturais implantadas ocorre por meio da gestão multiescalar, na qual há uma inter-relação entre atores da escala domiciliar/local, da escala municipal e da escala regional, estadual e federal, ilustrado pelo esquema apresentado na Figura 8 (FUNASA, 2019a).

Figura 8 – Gestão multiescalar nas dimensões domiciliar/local, municipal, regional, estadual e federal



Fonte: Funasa, 2019a

Os modelos de gestão adotados devem ser adequados para cada um dos componentes do saneamento, além de serem adaptados aos contextos cultural, educacional, ambiental, econômico e territorial do município. Isso significa que nem sempre um modelo adotado na área urbana pode ser apropriado para área rural do município e vice e versa.

A gestão associada tem sido aliada dos pequenos municípios que buscam, por meio da união com outros municípios, soluções consorciadas, visando ao ganho de escala e à redução dos custos com a implantação de estruturas, a gestão dos serviços, o treinamento e capacitação dos servidores do município. Os benefícios das soluções consorciadas são tema do próximo subitem, em razão do seu potencial para alcançar soluções comuns, e assegurar o cumprimento das legislações vigentes.

4.2. Consórcio público como instrumento de gestão de resíduos sólidos e de saneamento básico

Grande parte dos municípios brasileiros possui população inferior a 20 mil habitantes, e muitos apresentam dificuldades de exercer satisfatoriamente as funções que lhes são legalmente atribuídas, principalmente no âmbito do saneamento. Nesse sentido, a inadequação da situação de saneamento básico e de destinação de resíduos sólidos é decorrência, dentre outros fatores, das limitações de recursos econômico-financeiros e de capacitação técnica no âmbito da administração pública municipal. Na busca por melhorar este cenário, a Lei de Consórcios (Lei Federal nº 11.107/2005), regulamentada pelo Decreto Federal nº 6.017/2007, trouxe novas perspectivas para cooperação entre os municípios, no âmbito da gestão associada dos serviços públicos.

Com efeito, os consórcios públicos intermunicipais são instrumentos da Política Nacional de Saneamento Básico e da Política Nacional de Resíduos Sólidos. No tocante ao saneamento, a Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) possibilita ao município, por meio do arranjo de colaboração federativa, unir-se formalmente com outros municípios (e eventualmente com o Estado e União) para exercer de forma consorciada, competências que, relacionadas ao saneamento básico, são de sua responsabilidade (FUNASA, 2017a).

No tocante à gestão integrada de resíduos sólidos, a Lei Federal nº 12.305/2010 determina que a União e os Estados devem buscar apoiar e priorizar as iniciativas de gestão dos resíduos sólidos de forma consorciada ou compartilhada com demais municípios. Ainda de acordo com a referida Lei, os consórcios consideram critérios de economia de escala, proximidade dos locais estabelecidos e formas de prevenção de riscos ambientais, visando o aumento das escalas de aproveitamento e a redução dos custos envolvidos, a chamada economicidade de escala (BRASIL, 2010). Além disso, a referida Lei coloca a elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos dos artigos 18 e 19, como condicionante para o acesso

a recursos da União (ou por ela controlados), destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos; e estabelece critérios para o financiamento de municípios, priorizando aqueles que implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda; que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal; ou que se inserirem de forma voluntária nos planos microrregionais de resíduos sólidos (Plansab, 2019).

A Tabela 23 apresenta algumas das possibilidades de ações a serem desenvolvidas pelos consórcios públicos na gestão dos serviços de saneamento básico, bem como no gerenciamento de resíduos sólidos e logística reversa.

Tabela 23 – Ações de saneamento básico, gerenciamento de resíduos sólidos e logística reversa que podem ser desenvolvidas em consórcios públicos

Esfera de atuação pública	Ações sugeridas
Saneamento básico	— Capacitação técnica de agentes da administração pública municipal — Capacitação técnica de operadores de serviços de saneamento básico — Oferta de oficinas educativas e capacitação técnica voltadas para associações de catadores de materiais recicláveis formados por pessoas físicas de baixa renda — Oferta de oficinas educativas voltadas para a população — Análises laboratoriais de água e esgoto — Análises laboratoriais de composto orgânico formado por processos de compostagem — Definição de mecanismos de gestão e de operação de aterro sanitário — Definição de mecanismos de gestão para comercialização de materiais recicláveis com o objetivo de apoiar associações de catadores — Definição de ente regulador dos serviços de saneamento básico — Definição de ente fiscalizador dos serviços de saneamento básico — Criação de mecanismos de controle social — Definição de sistemas de informação
Gerenciamento de resíduos sólidos e logística reversa	— Capacitação técnica de agentes da administração pública municipal — Capacitação técnica de operadores de atividades de gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil, resíduos volumosos e resíduos dos serviços de saúde, vinculados à prefeitura municipal — Capacitação técnica de agentes atuantes em unidades públicas de saúde voltada para o gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde — Oferta de oficinas educativas para pessoas envolvidas em sistemas de logística reversa, desde proprietários de comércio, empresas de transporte e distribuição à fabricantes instalados no município — Oferta de oficinas educativas voltadas para a população — Definição de regras de gerenciamento de resíduos sólidos — Elaboração de acordos setoriais e termos de compromisso no âmbito da logística reversa — Definição de ente fiscalizador do gerenciamento de resíduos sólidos — Definição do ente responsável pelo monitoramento da logística reversa — Criação de mecanismos de controle social — Definição de sistemas de informação

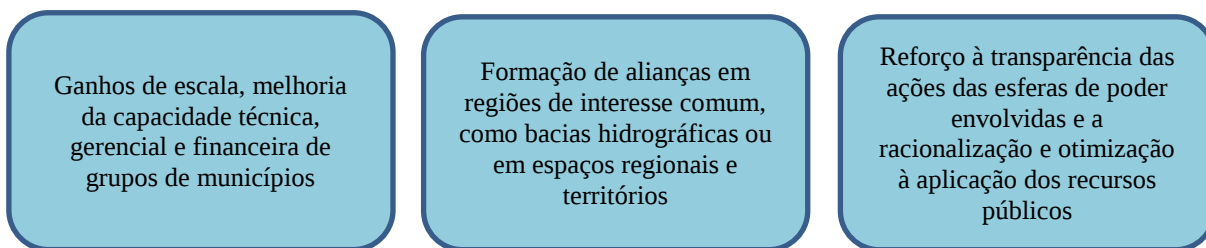
Fonte: Projeto SanBas/UFG, 2020

4.2.1. Orientações gerais para formação de consórcios públicos intermunicipais

A consolidação de consórcios públicos depende, entre outros fatores, da participação ativa dos municípios consorciados. Nesse sentido, a gestão compartilhada pode trazer resultados positivos para o saneamento básico, porque possibilita a otimização da execução de projetos, a

diminuição de custos e o atendimento de peculiaridades de demandas locais e regionais, dentre outras possibilidades ilustradas na Figura 9.

Figura 9 – Benefícios da implantação de consórcios públicos



Fonte: Funasa, 2017a

Com a tomada de decisão da criação de um consórcio público por parte dos municípios para implementação de políticas de saneamento básico e de resíduos sólidos, a instituição deverá atender às seguintes fases de planejamento (FEAM, 2019):

- (i) Protocolo de intenções;
- (ii) Leis autorizativas municipais;
- (iii) Estatuto do consórcio;
- (iv) Contrato de programa;
- (v) Contrato de rateio;
- (vi) CNPJ e conta bancária do consórcio.

É importante que o processo de criação do consórcio público seja pautado em um diagnóstico da situação da infraestrutura e da qualidade da prestação dos serviços de saneamento básico e/ou da gestão de resíduos sólidos nos municípios participantes do protocolo de intenções. É importante, ainda, que a formulação do consórcio esteja fundamentada na articulação com o poder público e legislativo de cada município e no estabelecimento de mecanismos de diálogo com a população, uma vez que, o caráter participativo da política, possibilita a identificação de carências dos municípios de maneira mais próxima da realidade local e, com isso, definir potenciais soluções para os problemas.

A fim de dar suporte aos municípios de Minas Gerais na formação e consolidação de consórcios públicos, a Tabela 24 apresenta algumas publicações de instituições públicas governamentais

com orientações sobre a legislação voltada para o saneamento básico e os resíduos sólidos, e sobre propostas de organização de municípios no território estadual.

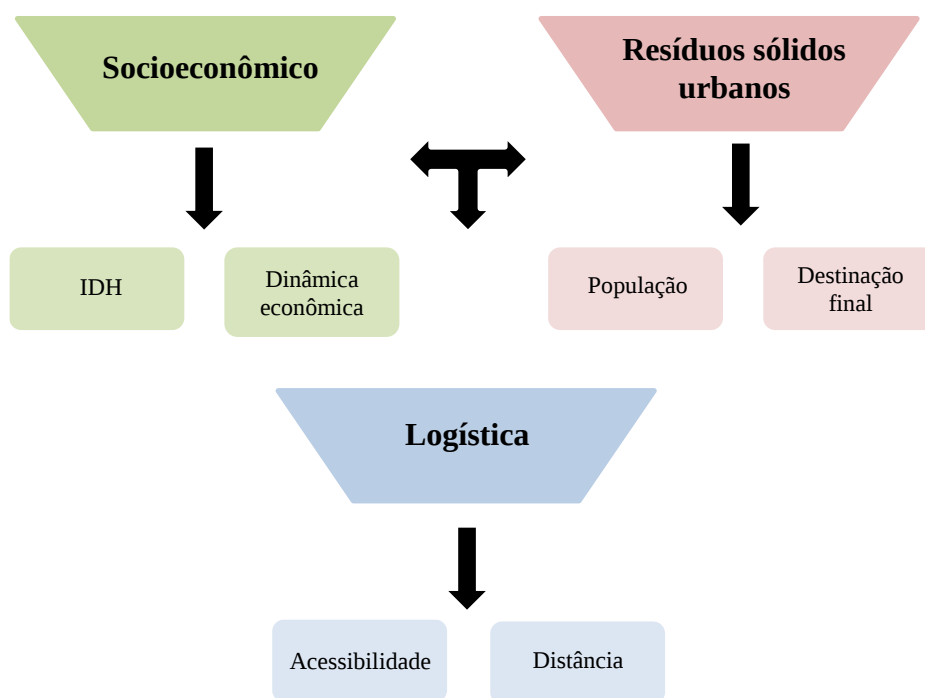
Tabela 24 – Instrumentos de orientação para formação de consórcios públicos intermunicipais

Documento	Instituição pública	Descrição
Guia para municípios explicitando o conteúdo da Lei Federal nº 11.107/2005 e de seu decreto de regulamentação, indicando estratégias e procedimentos para a construção de consórcios intermunicipais de saneamento básico (FUNASA, 2017a).	Fundação Nacional de Saúde - Funasa	O objetivo do guia é auxiliar a quem enfrenta problemas concretos na concepção, na constituição ou na gestão de um consórcio público de saneamento básico. Apresenta o entendimento sobre os serviços de saneamento básico de acordo com a Lei Federal nº 11.445/2007, esclarece o que é um consórcio público, a sua estrutura jurídica, os tipos de consórcio, o processo de formulação e de gestão e ilustra experiências em Minas Gerais.
Estudo dos custos relacionados com a constituição de consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos (MMA, 2010).	Ministério do Meio Ambiente - MMA	O objetivo do estudo é apresentar os custos relacionados com a formação de consórcios públicos. Apresenta a descrição das atividades desenvolvidas, as competências e as qualificações necessárias para o desempenho das atividades previstas em protocolo de intenções, quantitativo de pessoal, considerando-se a constituição e a operacionalização dos consórcios.
Plano de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos - PRGIRSU (FEAM, 2009).	Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam	O Plano organizou os 853 municípios do estado de Minas Gerais em 285 agrupamentos, distribuídos em 51 propostas de regionalização por meio dos Arranjos Territoriais Ótimos - ATO.
Plano de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - BHSF (FEAM, 2010).	Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam	O Plano propôs a formação de ATO para 189 municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em 15 propostas de regionalização.

Fonte: Projeto SanBas/UFGM, 2020

Nos estudos voltados à elaboração dos Planos de Regionalização para Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos - PRGIRSU, a metodologia adotada pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam para formação dos agrupamentos em Arranjos Territoriais Ótimos - ATOs baseou-se na aplicação dos critérios levantados na fase de diagnóstico e prognóstico para todos os municípios de Minas Gerais, considerando-se três pilares (Figura 10).

Figura 10 – Critérios avaliados para formação dos Arranjos Territoriais Ótimos - ATOs



Fonte: Adaptado de Feam, 2009

4.2.2. Experiências exitosas de consórcios públicos em Minas Gerais

Cabe destacar as experiências consideradas bem-sucedidas de implantação de consórcios, avaliando-se suas atividades predominantes e aquelas consideradas como experiências modelos, onde as ações executadas pelo consórcio contribuem efetivamente para a gestão dos serviços, e pode servir como referência na constituição de consórcios públicos de saneamento.

Destaca-se o Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais - Cisab, considerado pela Fundação Nacional de Saúde como modelo de experiências bem-sucedidas de consórcio de saneamento básico. O Cisab é formado por 27 municípios (Tabela 25).

Tabela 25 – Lista de municípios que compõem o Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais - Cisab

Municípios			
1 - Abre Campo	8 – Lajinha	15 - Oratórios	22 - Senador Firmino
2 – Acaiaca	9 – Lamim	16 - Pocrane	23 - Senhora de Oliveira
3 – Carangola	10 - Lima Duarte	17 - Ponte Nova	24 - Tocantis
4 - Conceição de Ipanema	11 - Luisburgo	18 - Raul Soares	25 - Tombos
5 – Fervedouro	12 - Manhuaçu	19 - Recreio	26 - Vermelho Novo
6 - Ipanema	13 - Manhumirim	20 - Reduto	27 - Viçosa
7 – Jequeri	14 - Muriaé	21 - Rio Doce	

Fonte: Cisab, 2020

O objetivo principal do Cisab é prestar apoio aos serviços de saneamento básico em cada um dos municípios consorciados, por meio da capacitação técnica das equipes prestadoras de serviços. Dentre as ações realizadas destaca-se a realização de análises laboratoriais de controle e monitoramento da qualidade da água para os Serviços Autônomos de Água e Esgoto - SAAEs, cursos de capacitação técnica e apoio administrativo, realização de seminários, licitações compartilhadas para compra de equipamentos, apoio na elaboração de PMSBs dentre outras ações (FUNASA, 2017a).

5. PROSPECTIVAS TÉCNICAS

Serão apresentadas neste capítulo, as perspectivas técnicas para que a gestão municipal possa embasar em suas escolhas, as melhores para a realidade de Caxambu. Salienta-se que no Produto E deste PMSB estarão propostas com programas, projetos e ações para Caxambu, onde as considerações da Sra. Vanessa Gomes Santos do parecer deste produto e reforçadas em audiência pública na aprovação do PMSB de Caxambu, apresentadas no Anexo B, foram incorporadas. Caso não estejam exatamente explícitas, estarão no escopo das descrições das ações ao longo do PMSB. Reforça-se a importância dessas considerações e que devem ser analisadas e efetivadas pelos gestores na implantação deste PMSB e em suas futuras revisões.

5.1. Serviços de abastecimento de água

O adequado abastecimento de água para consumo humano é essencial à prevenção de doenças e à proteção e promoção da saúde. De acordo com o Manual de Saneamento da Funasa, “a água contaminada por elementos químicos ou microbiológicos pode provocar transtornos em poucas horas ou várias semanas após a ingestão”. No caso das doenças de origem biológica relacionadas à água de consumo, estas podem estar associadas ao uso inadequado ou ao déficit de consumo de água (FUNASA, 2019).

Segundo o Diagnóstico Técnico-Participativo, apresentado no Produto C do presente Plano Municipal de Saneamento Básico, no município de Caxambu identificou-se a existência de soluções precárias e inadequadas de acesso ao abastecimento de água para consumo humano, especialmente em algumas comunidades da área rural.

Diante disso, faz-se necessário dimensionar a demanda atual e futura de água, determinada pelo comportamento demográfico observado no município (com análise das características de fecundidade, migração e mortalidade), assim como as possíveis soluções para que toda a população tenha acesso à água potável com qualidade, regularidade, acessibilidade e aceitabilidade. Dessa forma, o presente tópico apresenta as alternativas técnicas para o abastecimento de água no município.

5.1.1. Alternativas técnicas de engenharia para atendimento da demanda calculada

As proposições de soluções técnicas de abastecimento de água para o PMSB de Caxambu foram pautadas no direito humano à água e no Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), atualmente denominado Programa Saneamento Brasil Rural (PSBR).

O PSBR tem o objetivo de “promover o desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais, visando à universalização do acesso, por meio de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados, a participação e o controle social” (FUNASA, 2020).

O acesso à água potável para consumo humano (beber, cozinhar, realizar higiene pessoal e doméstica) é um Direito Humano Fundamental estabelecido oficialmente pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 28 de julho de 2010, por meio da Resolução nº 64/292 (ONU, 2010). Esse direito tem origem nos direitos à vida, à dignidade humana, à saúde física e mental e a um padrão de vida adequado. Para garanti-lo, o poder público precisa atender a cinco critérios: qualidade e segurança, disponibilidade, acessibilidade financeira, acessibilidade física e aceitabilidade. De acordo com a ONU:

Disponibilidade: O abastecimento de água para cada pessoa deve ser suficiente e contínuo para uso pessoal e doméstico. Esses usos geralmente incluem beber, saneamento pessoal, lavagem de roupa, preparação de alimentos, higiene pessoal e familiar. A quantidade de água disponível para cada pessoa deve corresponder às diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS). Alguns indivíduos e grupos também podem exigir água adicional devido à saúde, clima e condições de trabalho;

Qualidade: A água necessária para cada uso pessoal ou doméstico deve ser segura, portanto, livre de micro-organismos, substâncias químicas e riscos radiológicos que constituem uma ameaça para a saúde de uma pessoa. Além disso, a água deve ser de cor aceitável, odor e gosto para cada pessoa ou uso doméstico;

[...]Acessibilidade física: A água e instalações e serviços de água adequados, devem estar dentro de um alcance físico seguro para toda população. Água suficiente, segura e aceitável deve ser acessível dentro, ou nas imediações vizinhas de cada domicílio, instituição educacional e local de trabalho. Todas as instalações e serviços de água devem ser de qualidade suficiente, culturalmente apropriada e sensível ao gênero, ao ciclo de vida e aos requisitos de privacidade. A segurança física não deve ser ameaçada durante o acesso a instalações e serviços de água;

Acessibilidade econômica: Água, instalações e serviços de água devem ser acessíveis para todos. Os custos e encargos diretos e indiretos associados à segurança da água devem ser acessíveis e não devem comprometer ou ameaçar a realização de outros direitos convencionados (ONU, 2003, p. 5-6).

A aceitabilidade, presente nos conceitos de qualidade e acessibilidade física, está relacionada também à compatibilidade das instalações de água com as características sociais e culturais dos usuários para serem aceitas e apropriadas (ALBUQUERQUE, 2014).

De acordo com Heller (2010), a escolha da solução técnica de abastecimento de água para o consumo humano dependerá de diversos fatores, tais como tamanho da população a ser atendida, densidade demográfica, tipo e características físicas, químicas e biológicas dos mananciais, características topográficas, geológicas e geotécnicas, instalações existentes, condições econômico-financeiras, recursos humanos e disponibilidade de energia elétrica.

Além disso, devem ser consideradas as características sociais e culturais da população a ser atendida. O autor também pondera que:

No abastecimento de água, como em vários campos da engenharia e das políticas públicas em geral, raramente há uma solução única para um dado problema. Mesmo que uma solução seja a vislumbrada com maior clareza imediatamente e pareça a mais evidente, outras possibilidades podem ser cogitadas. Mesmo que a primeira opção seja a adotada, ela em geral não é, em si, única: ela mesma pode admitir diferentes variantes, diferentes formas de projeto ou diferentes concepções de dimensionamento (HELLER, 2010, p.65).

Dessa forma, neste Produto são abordadas soluções técnicas que podem subsidiar o processo de elaboração de projetos e estudos para definir soluções adequadas no âmbito do abastecimento de água. Para tanto, são apresentados, a seguir, critérios de decisão a serem considerados nessas formulações.

5.1.1.1. *Critérios de decisão das soluções técnicas de abastecimento de água para consumo humano*

A decisão das soluções técnicas de abastecimento de água adotadas será baseada em critérios ambientais e sociais, devendo ser avaliados, ainda, critérios culturais e socioeconômicos. Os critérios ambientais a serem considerados são os recursos hídricos e a topografia, pois condicionam as soluções técnicas de abastecimento de água desde a captação até a etapa de distribuição. Os critérios sociais a serem considerados são a densidade demográfica e o porte populacional, que determinam a escala das soluções, bem como seus custos. Já os critérios culturais, como o modo de produção e reprodução da vida da população, e os socioeconômicos, como a acessibilidade financeira, são determinantes na aceitação da solução proposta. Segue, abaixo, uma análise da influência de cada um dos referidos aspectos na escolha da(s) solução(ões) técnica(s) a ser(em) implementada(s).

❖ Recursos hídricos

As características dos mananciais disponíveis, tanto no que se refere à qualidade como à quantidade de água, são a base para a definição das soluções técnicas de abastecimento. A qualidade da água bruta determina o tipo de tratamento e, conseqüentemente, reflete no custo de implantação e operação da solução escolhida (FUNASA, 2019b). Os mananciais superficiais (rios, ribeirões, córregos, lagos e lagoas) possuem maior susceptibilidade a contaminações e, dessa forma, requerem maiores gastos com tratamentos mais complexos. Por outro lado, as

águas subterrâneas (aquíferos livres⁷ e confinados⁸), por passarem pelo processo de percolação no solo, em geral, apresentam melhor qualidade, demandando tratamentos mais simplificados e menos onerosos (LIBÂNIO, 2008; FUNASA, 2019b). No entanto, as águas superficiais encontram-se mais prontamente disponíveis e podem apresentar menores demandas de manutenção e operação dos sistemas de captação e distribuição de água.

Além dos mananciais superficiais e subterrâneos, há que se levar em consideração as águas meteóricas, que, conforme descrito pelo Manual de Saneamento da Funasa, são “aquelas encontradas na atmosfera em quaisquer de seus estados físicos” (FUNASA, 2019a, p. 66) e que também podem ser aproveitadas para o abastecimento de água, como é o caso da água de chuva. A utilização de água de chuva pode ser considerada um sistema descentralizado e alternativo de abastecimento, que “apresenta como vantagem a conservação dos recursos hídricos e atende ao princípio do saneamento ecológico” (FUNASA, 2019a, p. 72).

❖ Topografia

A topografia influencia, de diversas formas, na concepção das soluções de abastecimento de água, como as características da adutora, a necessidade ou não da construção de estações elevatórias e a geometria da rede. Tais variações refletem em diferenças nos custos, no consumo de energia elétrica e na complexidade operacional do sistema (HELLER, 2010).

❖ Porte populacional e densidade demográfica

O tamanho da população influencia diretamente no porte do sistema, bem como na sua complexidade tecnológica e operacional. A distribuição da população pelo território, de maneira aglomerada ou dispersa (ou seja, maior ou menor densidade populacional), pode indicar a abrangência da solução de abastecimento escolhida – individual ou coletiva (HELLER, 2010).

As soluções individuais compreendem a produção e o consumo de água que atendem a um único domicílio; são comumente utilizadas em locais onde há baixa densidade populacional e domicílios dispersos no território, como é o caso de áreas rurais e áreas periféricas de centros

⁷ Aquífero livre ou freático: “tem sua superfície, que coincide com o nível freático regional, sujeita à pressão atmosférica. São mais dependentes das condições climáticas e das interações com os cursos d’água” (FUNASA, 2019a, p. 46).

⁸ Aquífero confinado: “contido entre duas camadas impermeáveis. Neste tipo de aquífero, a água está submetida a pressões maiores que a pressão atmosférica, de modo que existe um nível virtual de pressões, situado acima da base da camada confinante, denominado nível potenciométrico” (FUNASA, 2019a, p. 46).

urbanos. Nas soluções coletivas, de modo geral, a produção e o consumo são realizados em locais distintos, sendo empregadas em áreas urbanas, onde a existência de conglomerados, somada às altas taxas de ocupação, possibilitam o aumento da economia de escala.

Ressalta-se que não existem valores de densidade demográfica que determinem se a solução escolhida deverá ser individual ou coletiva (FUNASA, 2019a; FUNASA, 2019b). Na zona rural de Caxambu, em comunidades com população dispersa, predominam as soluções individuais, enquanto nas comunidades que possuem maior adensamento populacional as soluções são coletivas.

❖ Aceitação e envolvimento da população

O comportamento de uma população no território por ela habitado, além de sua diversidade (sociocultural, religiosa, étnica, regional), determinam o modo de trabalho, as relações pessoais e a utilização dos recursos naturais, como as formas de uso da água. Dessa forma, a definição da tecnologia de abastecimento de água a ser adotada e sua adequação ao contexto cultural da população refletem diretamente no envolvimento e na aceitabilidade da população à realidade proposta, além de influenciar na apropriação das novas técnicas, ajustadas ao cotidiano da população (FUNASA, 2019b).

Em Caxambu existe uma forte resistência ao consumo da água proveniente da Copasa, uma vez que existe o “Parque das Águas” e, por tradição, a população opta por coletar água deste local. Além disso, há reclamações que a água distribuída pela prestadora de serviços possui gosto de cloro. Nas zonas mais afastadas, nos locais onde a Copasa ainda atende, acontece o mesmo processo, em que existe resistência e as pessoas preferem consumir água de nascentes ou compram água para ingestão.

❖ Acessibilidade financeira

A proposta de uma determinada solução de abastecimento de água deve levar em consideração a acessibilidade financeira das famílias rurais que serão contempladas por essa solução. Nesse sentido, os custos operacionais e de manutenção dos serviços deverão ser adequados às condições socioeconômicas da população, devendo a cobrança ser realizada por meio de modelo tarifário previamente estabelecido (FUNASA, 2019b).

5.1.1.2. *Sistemas coletivos e soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento de água*

Segundo a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, que estabelece, entre outros, o padrão de potabilidade da água no Brasil, existem três tipos de soluções de abastecimento de água (MS, 2017):

1. sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;
2. solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição; e
3. solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

A norma do Ministério da Saúde conceitua, ainda, a rede de distribuição como parte do sistema de abastecimento, formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável até o conjunto de tubulações e peças especiais, situado entre a rede de distribuição de água e a instalação formada por tubos e conexões destinada à instalação do hidrômetro para realização da ligação de água (MS, 2017).

Em geral, o sistema coletivo de abastecimento de água com distribuição por rede é composto pelas unidades de captação, adução, tratamento, reservação, distribuição, estações elevatórias e ramal predial (FUNASA, 2019a).

Para efeito do presente PMSB, importa diferenciar as soluções individuais das soluções coletivas, em vista das especificidades das primeiras. Assim, segundo Pádua (2010b), as diversas diferenciações conduzem às três categorias de abastecimento de água apresentadas na Tabela 26.

Tabela 26 – Categorias de instalações para o abastecimento de água

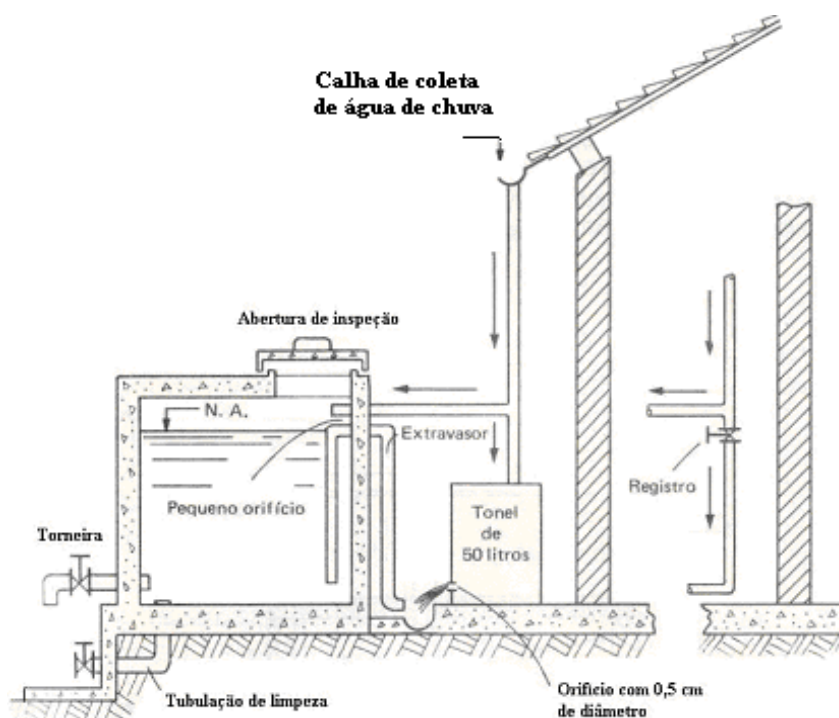
Segundo a modalidade do abastecimento	Segundo a abrangência	Distribuição por rede	Exemplos
Solução alternativa	Individual	Desprovida de rede	Poço raso individual Cisterna de captação de água de chuva
Solução alternativa	Coletiva	Desprovida de rede	Chafariz comunitário ⁹
		Distribuição por rede ¹	Condomínio horizontal
Sistema de abastecimento	Coletiva	Distribuição por rede	Sistema abastecedor de uma cidade

¹As instalações condominiais horizontais são soluções alternativas coletivas, mas podem ser idênticas aos sistemas de abastecimento, diferenciando-se no fato da responsabilidade ser do condomínio e não do poder público (Pádua, 2010b).

Fonte: Pádua, 2010b

A Figura 11, Figura 12 e Figura 13 ilustram as modalidades de abastecimento de água.

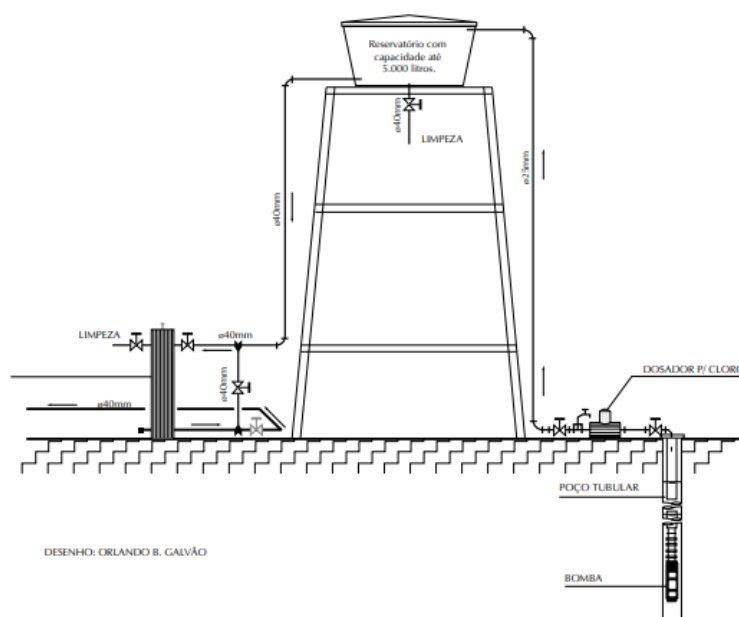
Figura 11 – Solução alternativa individual com captação de água de chuva e cloração domiciliar



Fonte: Dacach, 1990 citado por Heller, 2010

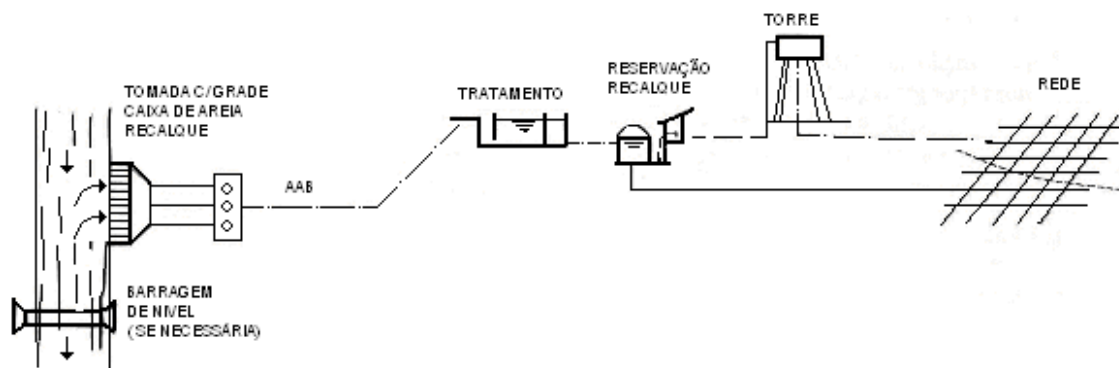
⁹ Ressalta-se que essa solução deve ser utilizada somente em situações emergenciais, a exemplo de indisponibilidade financeira em determinado momento para implantação de rede de distribuição. Assim, deve ser considerada como uma situação provisória, preliminar à implantação de projetos de rede, desde que a implantação desta seja assumida como um compromisso final, estabelecendo-se um prazo para tal.

Figura 12 – Solução alternativa coletiva - ilustração da SALTA-z para remoção de ferro e manganês em águas subterrâneas



Fonte: Funasa, 2017

Figura 13 – Sistema coletivo com distribuição por rede - captação em manancial de superfície e rede de distribuição



Fonte: Heller, 2010

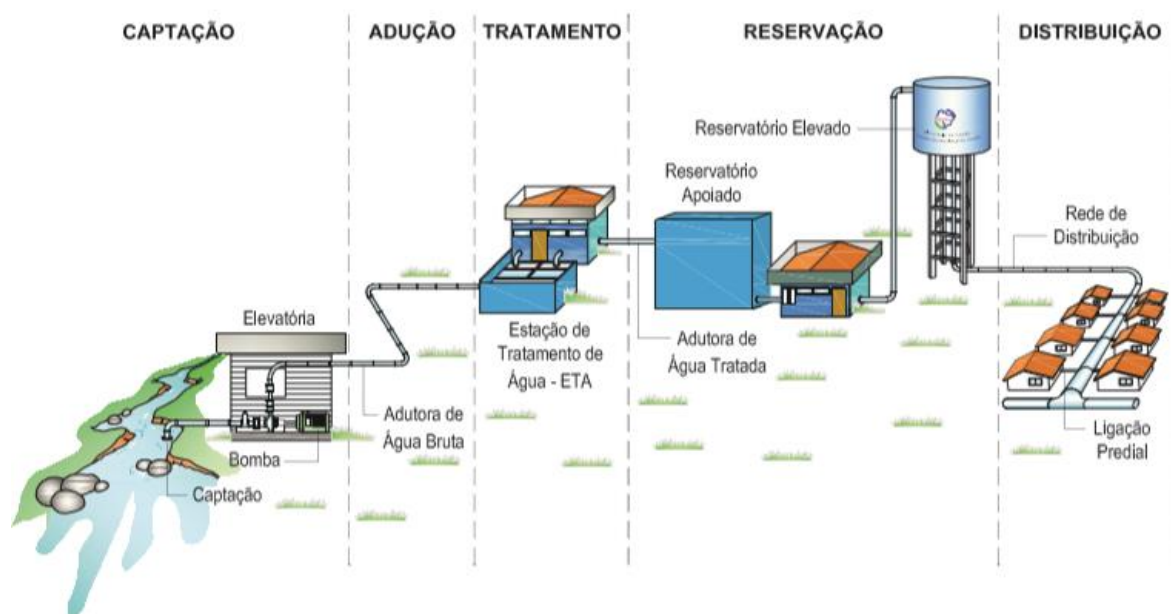
Para locais onde se observa baixa densidade demográfica, geralmente, a instalação de sistemas coletivos com redes de distribuição de água pode se tornar inviável e, assim, soluções alternativas (coletivas ou individuais) podem se mostrar mais apropriadas.

Em Caxambu, as soluções individuais são as mais utilizadas, sendo somente duas soluções coletivas: dos bairros rurais do Monjolinho e do Sítio Laranjeiras. Mesmo com as leis que dão direito à água potável, somente a população da sede possui acesso à água tratada.

5.1.1.3. *Etapas de sistemas coletivos de abastecimento de água para consumo humano*

Os sistemas coletivos de abastecimento de água são compostos por cinco etapas: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, conforme ilustrado na Figura 14. A seguir são caracterizadas, sucintamente, cada uma das etapas, a fim de embasar as proposições das soluções técnicas.

Figura 14 – Unidades de um sistema coletivo de abastecimento de água (SAA)



Fonte: Funasa, 2019^a

❖ Captação

A captação é o conjunto de estruturas e dispositivos utilizados para a retirada de água destinada ao abastecimento coletivo ou individual (FUNASA, 2019a). Na Tabela 27 são apresentadas formas de captação de acordo com as fontes de água disponíveis.

Tabela 27 – Formas de captação de água para abastecimento

Fonte da água	Exemplo de formas de captação
Água de chuva	Superfície de coleta (cobertura)
Nascente de encosta	Caixa de tomada
Fundo de vales	Galeria filtrante
Lençol freático	Poço escavado
Lençol subterrâneo	Poço tubular profundo
Rios, lagos e açudes	Tomada direta (fixa ou móvel)

Fonte: Funasa, 2019

No município de Caxambu, conforme apresentado no Produto C, em se tratando dos sistemas coletivos para abastecimento público, tema do presente item, foram identificadas duas captações em mananciais superficiais, uma no rio Baependi, que se localiza no município de Baependi mas é o manancial que abastece a ETA que distribui água para Caxambu e atende toda a população da sede a partir do serviço prestado pela Copasa, e outra no córrego Laranjeiras, responsável por abastecer a localidade Sítio Laranjeiras.

Além disso, foi identificado o sistema coletivo de abastecimento de água do bairro rural Monjolinho, onde existe captação em poço e reservação para posterior distribuição, sem tratamento.

❖ Adução

A adutora é definida como o conjunto de tubulações e peças que tem a finalidade de conduzir a água entre as unidades que antecedem a rede de distribuição. A adutora pode ser classificada de duas maneiras: i) conforme a natureza da água transportada – adutora de água bruta ou adutora de água tratada; e ii) e de acordo com a energia utilizada para o escoamento da água – adutora por gravidade, adutora por recalque ou adutora mista (FUNASA, 2019a). Conforme apresentado no Produto C, no SAA Caxambu-Baependi foi identificada uma adutora de água bruta, com 160 m de extensão, responsável por conduzir a água do ponto de captação até a ETA (localizadas no município de Baependi), sendo a adução realizada por recalque.

❖ Tratamento

O tratamento da água serve para torná-la potável para consumo humano, de modo a eliminar os riscos à saúde da população. O tratamento consiste em processos e operações que adequam as características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas da água bruta aos valores máximos permitidos pelo padrão de potabilidade brasileiro (PÁDUA, 2010), atualmente estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5, de 28

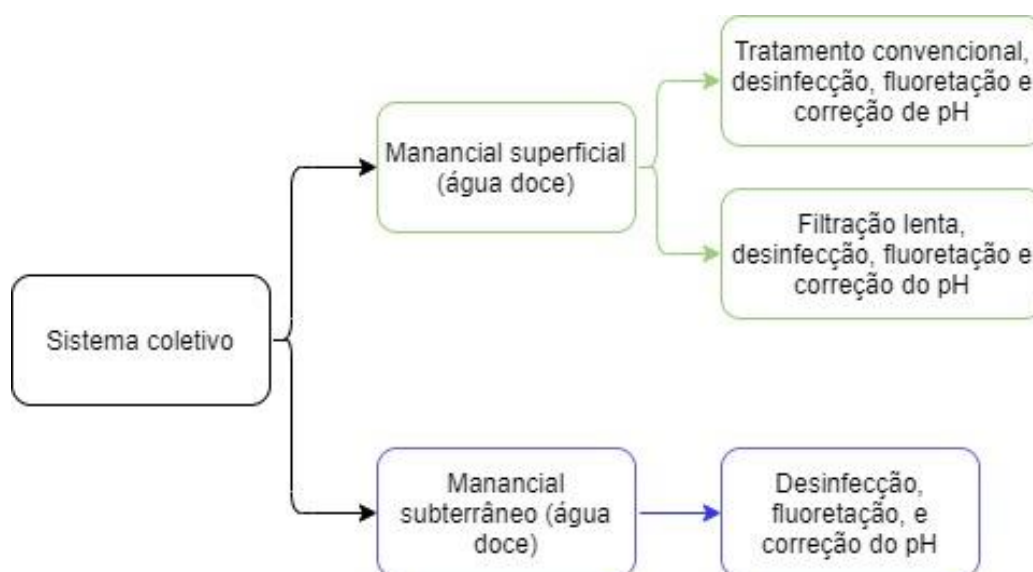
de setembro de 2017 (MS, 2017). Existem diversos tipos de tratamento da água, que são definidos e aplicados conforme a qualidade da água bruta. Nesta seção, são abordados somente os tipos de tratamentos que, de modo geral, são adequados à realidade do município de Caxambu, considerando os mananciais para abastecimento público, segundo os dados apresentados no diagnóstico técnico-participativo (Produto C).

Conforme apresentado no Produto C, a água distribuída pela Copasa em Caxambu passa por duas estações de tratamento. Uma com tratamento convencional, composto das etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação; e a outra com tratamento feito por clarificadores de contato e filtros de fluxo ascendente. Em relação à captação realizada no córrego Laranjeiras, manancial superficial, a água é distribuída à população sem tratamento prévio, assim como no bairro Monjolinho, com captação subterrânea.

Cabe ressaltar que a ETA Caxambu-Baependi abastece a sede e precisa de adequações, uma vez que apresenta dificuldades para tratar água com alta turbidez, justamente pela sua configuração antiga e com clarificadores de contato que tratam com qualidade até 60 NTU de turbidez, segundo informações da Copasa. Além disso, é importante mencionar que a rede de distribuição carece de ampliações e substituições, como foi mencionado no Produto C do presente PMSB, que devem estar em concomitância com o melhoramento do tratamento.

Nas Figura 15 são apresentadas as soluções de tratamento sugeridas para a área urbana do município de Caxambu. As soluções apresentadas são do tipo coletiva, característica de áreas com maior densidade populacional – como é o caso de áreas urbanas ou áreas rurais em que os domicílios são mais próximos entre si – e que podem contar ou não com distribuição por rede. De acordo com a Funasa, o abastecimento coletivo de água, quando possível, é o mais indicado por permitir “a proteção do manancial, a supervisão das unidades do sistema, o controle da qualidade da água consumida, e propicia a redução de recursos humanos e financeiros” (FUNASA, 2019a, p. 56).

Figura 15 – Soluções de tratamento de água indicadas para os sistemas coletivos de abastecimento existentes em Caxambu



*** A desinfecção e a fluoretação devem ser previstas em todas as opções, entendendo-se que esta última ainda é um tema controverso, que exige controle rigoroso em sua utilização. A correção do pH pode ou não ser necessária, a depender da qualidade da água

Fonte: Adaptado de PSBR-Funasa, 2019b

Em Caxambu, o manancial superficial responsável pelo atendimento de toda população urbana passa por tratamento convencional, como já dito anteriormente. Porém, os outros dois sistemas coletivos precisam de tratamento e a opção de filtração lenta, desinfecção, fluoretação e correção de pH é a mais indicada para Monjolinho, por se tratar de soluções mais simples para manancial subterrâneo; e a filtração lenta, desinfecção, fluoretação e correção de pH é indicada para o manancial superficial do bairro Sítio Laranjeiras.

Na Tabela 28 é descrito o tratamento mencionado na Figura 15.

Tabela 28 – Caracterização do tipo de tratamento de água indicado para a área urbana do município de Caxambu

Tipo de tratamento	Descrição do tratamento	Contexto aplicável	Operação e manutenção	Vantagens do tratamento	Limitações do tratamento
Ciclo completo (tratamento convencional)	Composto pelas seguintes etapas: • <i>Mistura rápida</i>: mistura do coagulante (em geral, um sal de ferro ou alumínio, como cloreto férrico ou sulfato de alumínio) adicionado à água bruta; realizada, em geral, durante a passagem da água pela Calha Parshall, dispositivo que também é utilizado como medidor de vazão da água afluyente à ETA; • <i>Coagulação</i>: conjunto de reações químicas que ocorrem no momento da mistura rápida e promovem a desestabilização das impurezas presentes na água, facilitando sua aglomeração na etapa de floculação; • <i>Floculação ou mistura lenta</i>: agitação suave da água, realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato entre as partículas desestabilizadas e a formação de partículas com maior tamanho e peso (flocos); • <i>Decantação</i>: passagem da água por grandes tanques (decantadores), no fundo dos quais os flocos formados na etapa anterior ficam depositados pela ação da gravidade; • <i>Filtração</i>: remoção físico-química do material particulado presente na água (e que não foi removido durante a etapa de decantação), fazendo-a passar por um leito contendo meio granular composto por materiais de diferentes tamanhos (leito filtrante); • <i>Desinfecção</i>: inativação de micro-organismos patogênicos, em geral, por meio da adição de compostos à base de cloro; • <i>Fluoretação</i>: adição de flúor à água; • <i>Estabilização química</i>: adição de hidróxido de sódio para correção do pH da água.	• Águas com concentrações de material dissolvido e em suspensão relativamente altas (cor e turbidez elevadas).	• Limpeza das unidades de tratamento; • Dosagem dos produtos químicos; • Manejo dos resíduos do tratamento (lodo do decantador, água de lavagem dos filtros).	• Alta resistência à variação da qualidade da água bruta (principalmente em termos de turbidez); • Não demanda grandes áreas para implementação.	• Necessidade de operação especializada; • Elevado consumo de produtos químicos.
Filtração lenta	Realizada por meio de três mecanismos: • <i>Ação mecânica de coagem</i>: retenção de partículas maiores nos interstícios existentes entre os grãos de areia do leito filtrante; • <i>Sedimentação</i>: deposição de partículas sobre a superfície dos grãos de areia; • <i>Ação biológica</i>: realizada por meio de uma camada gelatinosa (<i>schumtzdecke</i>) que se forma sobre a superfície por leito filtrante a partir do desenvolvimento de certas variedades de bactérias, que envolvem os grãos de areia e que, por adsorção, retêm os micro-organismos e as partículas finas presentes na água.	• Águas que apresentam baixos teores de turbidez (< 10uT) e cor.	• Controle e registro da vazão afluyente ao filtro; • Medição e registro da qualidade (turbidez) da água filtrada; • Retirada do material flutuante; • Medição e registro da perda de carga hidráulica; • Limpeza das canaletas e da câmara de entrada; • Limpeza entre as carreiras de filtração (câmaras de entrada e saída e raspagem do topo do meio filtrante); • Realização de análises para determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e fecais na água filtrada; • Reposição da areia limpa e reposicionamento da areia remanescente.	• Não requer coagulante químico e nem equipamentos sofisticados, além de demandar menor frequência de limpezas dos filtros, o que simplifica a operação e facilita a utilização dessa técnica, inclusive em regiões mais remotas; • Baixos custos operacionais; • Elevada eficiência na remoção de micro-organismos patogênicos.	• Em razão da baixa taxa de filtração, demanda maior área para implantação.
Desinfecção	• Inativação de micro-organismos patogênicos por meio de luz solar, fervura, ozônio, radiação ultravioleta ou adição de compostos à base de cloro na água.	• Toda e qualquer água destinada ao consumo humano.	• A depender do tipo de técnica de desinfecção.	• A depender do tipo de técnica de desinfecção.	• A depender do tipo de técnica de desinfecção.

Fonte: Di Bernardo, Brandão e Heller, 1999; Pádua, 2010a; Amui e Moruzzi, 2016; Funasa, 2019a

Cabe informar que a adição de flúor, ou fluoretação da água, tem a finalidade de prevenir a decomposição dos esmaltes dos dentes e combater a cárie infantil. De modo geral, o flúor é adicionado à água tratada na forma de ácido fluossilícico, fluossilicato de sódio, fluoreto de sódio ou fluoreto de cálcio (PÁDUA, 2010). A estabilização química (correção de pH) tem o objetivo de “atenuar efeitos corrosivos ou incrustantes no sistema abastecedor e nas instalações domiciliares” (PÁDUA, 2010, p. 534).

Conforme apresentado na Tabela 28, a desinfecção da água, etapa do tratamento que possui a finalidade de inativar micro-organismos patogênicos, comumente é realizada por meio da adição de compostos de cloro à água, embora outros agentes desinfetantes possam ser utilizados (como luz solar, ozônio e radiação ultravioleta). Em todos os casos, o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde estabelece que, em sistemas coletivos de abastecimento, “é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede), nos pontos de consumo e veículos transportadores” (BRASIL, 2017), ainda que o agente desinfetante utilizado na ETA não seja o cloro.

Para o tratamento de águas com presença de cálcio, magnésio ou ferro são indicados processos de oxidação ou aumento de pH. No entanto, a definição da tecnologia de tratamento dependerá das características da água bruta, sendo necessária a realização de análises laboratoriais para a indicação da solução mais adequada ao atendimento dos padrões de potabilidade. Para a remoção de sais de cálcio e magnésio que conferem dureza à água, são utilizados os processos da cal-soda, zeólitos e osmose inversa (FUNASA, 2019a). Em casos de remoção de ferro, indicam-se os processos de precipitação e filtração (aeração, sedimentação e filtração, ou a oxidação com permanganato de potássio, cloro ou dióxido de cloro, seguida de filtração), troca iônica ou estabilização com polifosfatos.

Ressalta-se que as tecnologias apresentadas na Tabela 28 são apenas exemplos a serem considerados pelo município, para distribuição de água segura e de qualidade pelos sistemas coletivos de abastecimento existentes, devendo, conforme já destacado, a escolha da solução ser precedida de análises laboratoriais para a indicação da solução mais adequada, bem como discussão das alternativas com a população, buscando sua aceitação.

❖ Reservação

As unidades de reservação possuem três objetivos principais: “(i) a regularização entre as vazões de adução e de distribuição, (ii) o condicionamento das pressões na rede de distribuição, bem como, quando necessário, (iii) a reserva para combate a incêndios e outras situações emergenciais” (COELHO e LIBÂNIO, 2010).

Os reservatórios podem ser instalados a montante ou a jusante da rede distribuição e são classificados, de acordo com sua forma construtiva, como elevados ou apoiados, enterrados e semienterrados. Os reservatórios elevados possuem fundo de nível em cota superior à do terreno, enquanto, nos apoiados, o fundo está em contato com o terreno (COELHO e LIBÂNIO, 2010; FUNASA, 2019). Os reservatórios elevados são implantados nos casos em que há necessidade de aumentar a pressão de distribuição em consequência de condições topográficas. Os materiais mais utilizados na construção de reservatórios são concreto armado, aço, fibra de vidro, polietileno e PVC (FUNASA, 2019).

Conforme apresentado no Produto C, foram identificados quatorze reservatórios de água tratada no sistema da Copasa em Caxambu, de diferentes tipos e capacidades. Destes, cinco são semienterrados com capacidade entre 70 e 600 m³, um enterrado com volume de 320 m³, cinco apoiados com capacidade entre 40 e 320 m³ e três elevados, com volumes de 10 a 30 m³.

❖ Distribuição

Prince (2010, p. 615) conceitua a rede de distribuição como “a unidade do sistema de abastecimento de água constituída por tubulações e órgãos acessórios instalados em logradouros públicos, e que tem por finalidade fornecer, em regime contínuo (24 horas por dia), água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas a múltiplos consumidores”.

Conforme apresentado no Produto C, foi informado pela Copasa que a rede de distribuição do sistema sob sua responsabilidade é constituída de material de ferro fundido, com 40 km de extensão e 77 km de PVC, cujos diâmetros variam de 15 a 250 mm.

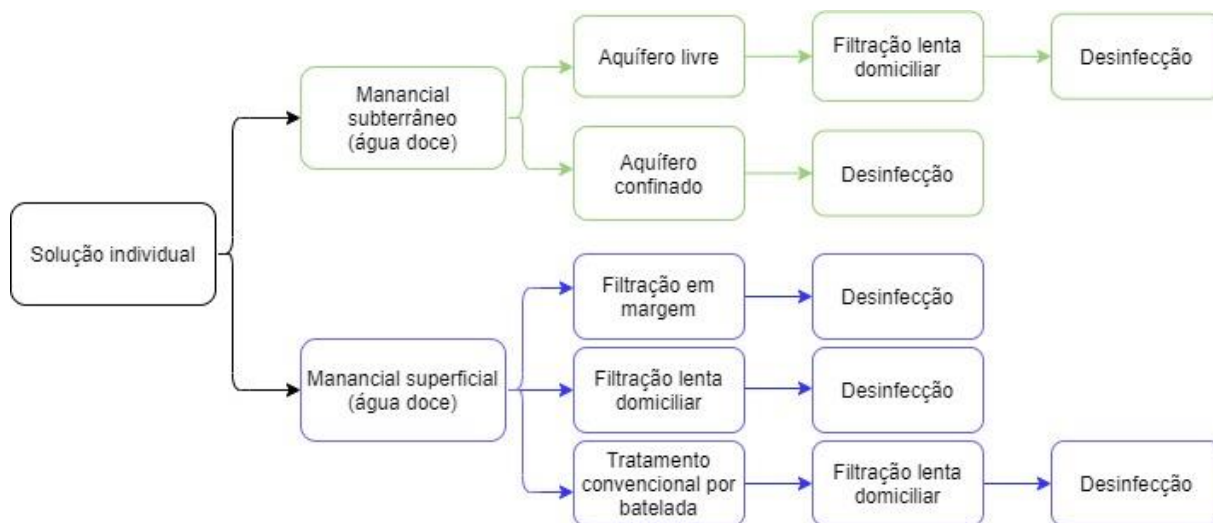
5.1.1.4. *Etapas das soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano*

As soluções alternativas de abastecimento de água são compostas pelas etapas de captação e tratamento, além da etapa de distribuição que pode existir no caso de soluções coletivas. Todas essas etapas foram anteriormente descritas no item 5.1.1.3.

Conforme também já mencionado, o tratamento da água serve para assegurar sua potabilidade para consumo humano, consistindo numa série de processos e operações que adequam as características organolépticas, físicas, químicas e microbiológicas da água bruta aos valores máximos permitidos pelo padrão de potabilidade brasileiro (PÁDUA, 2010). A definição da escolha do tratamento a ser empregado depende da qualidade da água bruta, principalmente com relação aos parâmetros turbidez e cor. Nesta seção, são abordados somente os tipos de tratamentos que, de modo geral, são adequados à realidade do município de Caxambu, considerando os mananciais e soluções utilizados pela população, segundo os dados apresentados no diagnóstico técnico-participativo (Produto C).

Em relação à captação de água, no município de Caxambu os domicílios que utilizam solução individual podem possuir diferentes fontes de água, sendo comum a adoção de captação em lençol freático, lençol subterrâneo e cursos d'água, conforme apresentado no Produto C. Desta forma, no presente item são apresentadas as soluções alternativas de tratamento sugeridas para estas fontes de captação de água, utilizadas, geralmente, pelos domicílios que não são atendidos pelos sistemas coletivos de abastecimento (abordados no item anterior). Cabe destacar que domicílios atendidos pelos sistemas de abastecimento também podem apresentar uma segunda fonte de água, para a qual pode ser necessária a realização de tratamento. Na Figura 16 são apresentadas as soluções alternativas individuais de tratamento, em sistemas desprovidos de rede de distribuição de água e que são mais comuns “em áreas rurais e em áreas periféricas de centros urbanos com população dispersa” (FUNASA, 2019, p. 56); na qual a produção e o consumo de água atendem a um único domicílio. Na Tabela 29 são descritos os tratamentos mencionados na Figura 16.

Figura 16 – Soluções de tratamento de água indicadas para as soluções individuais de abastecimento em Caxambu



Fonte: Adaptado de PSBR-Funasa, 2019b

Em Caxambu a Equipe UFMG/Projeto SanBas, junto da Auxiliar Técnica, identificou que a maior parte das soluções individuais captam água de nascentes, e que a água captada não passa por nenhum tipo de tratamento, nem mesmo desinfecção ou filtração, antes de ser utilizada pela população. Segundo os entrevistados a água “é limpa” e não precisa de tratamento, porque vêm direto das minas e com qualidade adequada. Essas afirmações são baseadas na tradição, porque há muito tempo se consome água dessa maneira, mas raramente são feitas análises para garantir a potabilidade da água consumida. Além disso, os relatos dos moradores dão conta de que a Prefeitura Municipal não assume o direito e o dever intrínseco ao exercício da titularidade pela prestação dos serviços de abastecimento de água.

Tabela 29 – Caracterização dos tipos de tratamento de água indicados para a área rural do município de Caxambu

Tipo de tratamento	Descrição do tratamento	Contexto aplicável	Operação e manutenção	Vantagens do tratamento	Limitações do tratamento
Filtração lenta domiciliar	Apresenta os mesmos mecanismos da filtração lenta descrita anteriormente, com dimensões reduzidas.	Solução unifamiliar destinada a águas que apresentam baixos teores de turbidez (< 10uT).	Remoção e lavagem periódicas do meio filtrante.	- Boa eficiência na remoção de micro-organismos patogênicos; - Baixos custos operacionais; - Operação simples.	- Baixa taxa de filtração, implicando em maior demanda de área; - Restrições quanto às características da água bruta no que tange à turbidez, cor verdadeira, concentração de ferro e manganês, algas e coliformes; - Custo elevado.
Filtração em margem	Técnica de captação e tratamento de água, que consiste na construção de poços, ou de trincheiras, próximo às margens de mananciais (rios ou lagos), localizados em aquíferos aluvionais ou formações geológicas não consolidadas, e no bombeamento da água a partir dos mesmos. Ao realizar esse bombeamento, o rebaixamento no nível freático é induzido, fazendo com que a água do manancial migre até o poço, ou até a trincheira, sofrendo um processo de	Para avaliar a aptidão de um local para aplicação da filtração em margem deve-se estudar características geomorfológicas, hidrológicas, hidrogeológicas e topográficas da bacia, além da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Os locais mais apropriados para implantação da técnica são: Áreas próximas da região da foz do curso d'água; regiões que possuem meandros de canais do curso d'água, pois	- Manobras de válvulas e outros acessórios - Inspeção do sistema de desinfecção e aplicação de produtos químicos - Inspeção das condições de funcionamento de motobombas - Medições e registros periódicos de informações do estado de funcionamento, de	- Operação simplificada - Dispensa o uso de coagulantes	Especificidades dos locais onde a técnica pode ser aplicável

Tipo de tratamento	Descrição do tratamento	Contexto aplicável	Operação e manutenção	Vantagens do tratamento	Limitações do tratamento
	filtração pelo solo durante o percurso. além da filtração física, ocorrem outros processos como sorção, troca iônica e degradação microbiana	proporcionam alta taxa de filtração e extração de água de boa qualidade; áreas em que o rio apresenta areia no fundo (preferencialmente média ou fina), ou seixo rolado. Margens de rio arenosas também são boas alternativas, pois sofrem erosão mais facilmente, favorecendo também a autolimpeza das margens e infiltração da água.	equipamentos, consumo de energia e de produtos químicos		
Convencional por batelada	A técnica consiste num conjunto de processos simplificado que faz o uso de coagulante sem unidade destinada à etapa de floculação. O sistema, composto de 2 tanques de sedimentação, 1 filtro de areia e 2 tanques de contato, é dimensionado de modo a tratar um volume de água que atenda ao abastecimento da família por um período mínimo de 24 horas. Neste tratamento a água bruta é aduzida para o tanque de sedimentação já contendo a dose de coagulante pré-estabelecida. A turbulência da água ao adentrar o tanque cumpre as funções de mistura e floculação. Após o tempo de sedimentação de 24 horas, a	Solução unifamiliar indicada para localidades em que não há disponibilidade de água subterrânea e a fonte de água superficial possui elevada turbidez (>100 uT).	- Dosagem de produtos químicos - Limpeza do decantador e do meio filtrante - Manobras de registros e bombas do sistema	- Dispensa o requerimento de equipamentos eletromecânicos - Oferece maior simplicidade operacional - Não necessita de grande área física para ser instalado	Dificuldade de operação quando há variações relevantes dos parâmetros de qualidade da água bruta

Tipo de tratamento	Descrição do tratamento	Contexto aplicável	Operação e manutenção	Vantagens do tratamento	Limitações do tratamento
	água passa pelo filtro de areia e é encaminhada ao tanque de contato, onde deve permanecer por pelo menos 30 minutos, para a etapa de desinfecção.				
Desinfecção	Inativação de micro-organismos patogênicos por meio de luz solar, fervura, ozônio, radiação ultravioleta ou adição de compostos à base de cloro na água.	Toda e qualquer água destinada ao consumo humano.	A depender do tipo de técnica de desinfecção.	A depender do tipo de técnica de desinfecção.	A depender do tipo de técnica de desinfecção.

Fonte: Di Bernardo, Brandão e Heller, 1999; Pádua, 2010a; Amui e Moruzzi, 2016; Funasa, 2019a

5.1.2. Projeção de demandas por serviços de abastecimento de água

Nos tópicos a seguir, são apresentadas as demandas de água, atuais e futuras, para os sistemas coletivos com distribuição por rede e para as soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, considerando o horizonte de planejamento de 20 anos do PMSB do município de Caxambu (2022 a 2041).

5.1.2.1. *Demanda de água para os sistemas coletivos existentes no município*

Nesse item, foi realizada a avaliação de demandas relativas ao abastecimento de água para a área urbana de Caxambu, a qual atualmente é atendida pelo (SAA) Caxambu-Baependi, localizado no município de Baependi, conforme identificado na etapa de Diagnóstico desse PMSB. Para os locais que não possuem sistema coletivo e que, durante os trabalhos de campo, foi identificada a possibilidade ou necessidade de sua implantação, foi realizado o cálculo de demandas (apresentado no item seguinte, 5.1.2.2) o Produto E – Programas, Projetos e Ações, serão propostos estudos para identificação da viabilidade técnico-econômica do desenvolvimento de projetos e implantação de soluções coletivas nesses locais.

Além de calcular a demanda atual e futura relativa ao abastecimento de água da sede municipal de Caxambu, também almejava-se realizar a avaliação do atual sistema responsável pelo abastecimento de água, com vistas a identificar se a estrutura implantada de captação, tratamento, reservação e distribuição tem capacidade de atender a demanda atual e as demandas futuras ou se seria necessária a ampliação do sistema. Para a avaliação do sistema ao longo do horizonte de planejamento de 20 anos do PMSB, seria necessário a população projetada ano a ano para o município de Caxambu e Baependi, pois conforme relatado no Diagnóstico deste PMSB, o SAA Caxambu- Baependi é o atual responsável pelo abastecimento de água tanto da sede municipal de Caxambu quanto da sede municipal Baependi. Entretanto, o município de Baependi não possui PMSB concluído para a utilização de seus dados de projeção populacional e o presente Plano abarca apenas a projeção para o município de Caxambu. Logo, foi avaliada a demanda da população da sede municipal de Caxambu pelos serviços de abastecimento de água ano a ano para o horizonte de planejamento de 20 anos do PMSB, não sendo realizada a avaliação do SAA Caxambu-Baependi frente a mesma demanda.

Para o cálculo demanda de água são utilizadas as variáveis apresentadas na Tabela 30. Os valores para essas variáveis foram obtidos por meio de informações fornecidas pelos prestadores de serviços ou, em alguns casos, valores de referência apresentados em literatura específica. Outra fonte importante de informações que balizaram a avaliação técnica dos sistemas são as normas aplicáveis aos sistemas coletivos de abastecimento de água com distribuição por rede.

Heller (2010) destaca as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma NBR 12.211/1992 trata dos *estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água* (ABNT, 1992). Segundo Heller (2010), conforme essa norma, o estudo de concepção é um “estudo de arranjos, sob o ponto de vista qualitativo e quantitativo, das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado, para a escolha da concepção básica”. Concepção básica é “a melhor solução sob o ponto de vista técnico, econômico, financeiro e social”. Para o desenvolvimento do estudo de concepção, a norma estabelece que devem ser abordados os seguintes aspectos:

- a configuração topográfica local;
- as características geológicas da região;
- os consumidores a serem atendidos;
- a quantidade de água exigida e as vazões de dimensionamento;
- a integração do sistema existente, quando é o caso, com o novo sistema;
- a pesquisa e a definição dos mananciais abastecedores;
- a demonstração de que o sistema proposto apresenta total compatibilidade entre suas partes;
- o método de operação do sistema;
- a definição das etapas de implantação;
- a comparação técnico-econômica das concepções; e
- o estudo de viabilidade econômico-financeira da concepção básica.

Tais elementos são convenientemente detalhados pela referida norma, embora alguns aspectos sofram de desatualização. A NBR 12.211/1992 é complementada por três importantes anexos:

- “utilização dos elementos cartográficos”, com definição das escalas adequadas para cada finalidade;

- “características básicas dos sistemas existentes”, listando os dados mínimos dos sistemas existentes a serem levantados; e
- “avaliação de disponibilidades hídricas de superfície”, com orientações de procedimentos para tais avaliações.

Além desta, as seguintes normas da ABNT aplicam-se de forma mais ou menos direta à concepção e avaliação das instalações para o abastecimento de água:

- NBR 1.038/1986 – Verificação de estanqueidade no assentamento de adutoras e redes de água.
- NBR 12.212/1990 – Projeto de poço para captação de água subterrânea.
- NBR 12.213/1990 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.
- NBR 12.214/1990 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.
- NBR 12.215/1991 – Projeto de adutora de água para abastecimento público.
- NBR 12.216/1989 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.
- NBR 12.217/1994 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
- NBR 12.218/1994 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.

Acrescente-se às normas da ABNT a Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, norma em vigência que estabelece o padrão de potabilidade da água e fornece importantes orientações para a concepção e o projeto de instalações de abastecimento de água.

Assim, na Tabela 30 são apresentadas as fontes dos valores utilizados e as justificativas para sua adoção. Na Tabela 31, são sistematizados os valores adotados para a realização do prognóstico da demanda pelos serviços de abastecimento de água para os sistemas coletivos de Caxambu.

Tabela 30 – Variáveis utilizadas nos cálculos de demanda de água para a sede municipal de Caxambu

Variável	Significado	Unidade	Fonte dos valores utilizados no PMSB e justificativa
População na área de abrangência	População inserida na área de abrangência do sistema, incluindo aqueles não atendidos.	hab	Foi adotada a população ano a ano apresentada na projeção populacional (Capítulo 2.2. deste documento), considerando-se o setor censitário no qual o sistema de abastecimento de água está inserido.
População atendida (P)	População atualmente atendida pelo sistema.	%	Os dados referentes à população atendida foram repassados pelas prestadoras de serviço (Copasa), sendo utilizado como base o ano de 2019.
Consumo micromedido	Consumo médio diário, por pessoa, necessário para atender aos usuários domésticos, públicos, comerciais e industriais.	L/hab/dia	Para o SAA Caxambu-Baependi, no qual é realizada medição do consumo per capita, foi considerado o dado informado pela prestadora de serviços (142,5 L/hab.dia). Conforme o Manual, a estimativa de consumo per capita na área rural, para o estado de Minas Gerais, corresponde a 125 L/hab.dia (ONS, 2003; ONS 2005 citados por ANA, 2019). Assim, no presente PMSB, foi adotado esse valor de 125 L/hab.dia para os sistemas sem medição.
Coefficiente do dia de maior consumo (k₁)	Razão entre o maior consumo diário verificado em um ano e o consumo médio diário no mesmo ano.	Adimensional	Na ausência de dados, o valor usualmente adotado é de 1,2, conforme determina a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
Coefficiente da hora de maior consumo (k₂)	Razão entre o maior consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo.	Adimensional	Na ausência de dados, o valor usualmente adotado é de 1,5, conforme determina a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Variável	Significado	Unidade	Fonte dos valores utilizados no PMSB e justificativa
Índice de perdas (IP)	Diferença entre o volume de água produzido e o volume entregue nas ligações domiciliares. Inclui as perdas físicas, como vazamentos em tubulações, e as perdas aparentes, como ligações clandestinas.	%	Foi considerado o dado informado pela prestadora de serviços (Copasa), visto que é realizada a verificação das perdas no sistema. Para os sistemas gerenciados pela Prefeitura Municipal em cooperação com as comunitárias não é realizada a medição, e, portanto, foi utilizado como referência o valor apresentado no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019), sendo adotado o valor de 26%, correspondente à faixa populacional entre 5 mil e 35 mil habitantes para municípios em Minas Gerais.
Índice de perdas na Estação de Tratamento de Água (IPETA)	A estimativa do Índice de Perdas exclui o consumo no interior das estações de tratamento de água ao se referir ao volume produzido e não ao volume captado. Nas Estações de Tratamento de Água consome-se parte da água captada.	%	Nas estações consome-se água para lavagem dos filtros, para a lavagem de outras unidades, como decantadores, e para as atividades na casa de química, a exemplo da água necessária para o preparo das soluções de produtos químicos. Segundo Libânio e colaboradores (2010), até o final da década de 1980 eram comuns unidades de tratamento que consumissem algo da ordem de 5% da vazão captada. Atualmente, inúmeras unidades de tratamento apresentam consumos inferiores a 2%, resultantes da maior acuidade na operação. No caso da ETA Baependi-Caxambu, a Copasa informou que o índice de perdas é de 5 a 8%, sendo adotado para o cálculo de demandas o valor de 6,5% como autoconsumo.
Período de funcionamento da produção	Corresponde ao tempo de funcionamento das unidades de produção de água potável e deve ser considerado na determinação das vazões de dimensionamento dessas unidades.	24/t	Segundo Libânio e colaboradores (2010), a escolha do período de funcionamento da produção pode ser condicionada por fatores técnicos ou econômicos. Um fator técnico típico que pode condicionar essa escolha consiste no tipo de manancial. Nesse caso, quando a captação é realizada em manancial subterrâneo, é usual limitar o tempo de funcionamento em 16 horas/dia, visando a evitar a superexploração do aquífero e permitindo o período diário de pelo menos oito horas para a sua recarga. Para o presente PMSB, considerou-se o período de funcionamento efetivo da bomba de captação e de operação da ETA, 20h, informações que foram repassadas pelas prestadoras de serviços (Copasa), sendo utilizado o ano de 2019 como base do cálculo.
Consumidor singular	Vazão singular de grande consumidor.	L/s	Eventualmente, o sistema de abastecimento de água poderá disponibilizar água para um grande consumidor por meio de parcerias específicas que precisam ser verificadas com o município.

Variável	Significado	Unidade	Fonte dos valores utilizados no PMSB e justificativa
Vazão outorgada e tempo de funcionamento autorizado	Corresponde à vazão de captação autorizada pelo órgão ambiental competente.	m³/dia	Os dados foram obtidos no certificado de outorga da captação avaliada, emitido pelo órgão ambiental estadual (Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad) e repassado pela prestadora de serviços (Copasa). Para os casos em que não foi possível identificar a outorga, esta foi considerada como inexistente.

Fonte: Coelho e Libânio, 2010; Libânio e colaboradores, 2010; ANA, 2019; Copasa, 2020

Tabela 31 – Principais valores adotados para a realização do prognóstico dos sistemas coletivos de abastecimento de água existentes

Sistema	Prestadora	Localidades na área de abrangência do sistema	Pop. na área de abrangência – 2020	Pop. atendida	Consumo per capita	Índice de perdas (%)	Dados do certificado de outorga		Capacidade instalada de produção				Volume de reservação disponível (m³)
				(%)	(L/hab.dia)		Vazão outorgada	Tempo de captação (horas)	Captação		Tratamento		
									Vazão (m³/dia)	Tempo de funcionamento (horas/dia)	Vazão (m³/dia)	Tempo de funcionamento (horas/dia)	
Sede	Copasa	Toda a área urbana do município (Sede)	21067	90	142,5	15,39	150,00	20	3.223	20	20	20	2735
Sítio Laranjeiras	Prefeitura	Apenas a comunidade	70	100	125	26	345,6	20	300	20	-	-	-*
Monjolinho	Prefeitura	Apenas a comunidade	89	100	125	26	70,2	12	37,2	12	-	-	5

*não existe reservação, sendo a captação feita diretamente na barragem

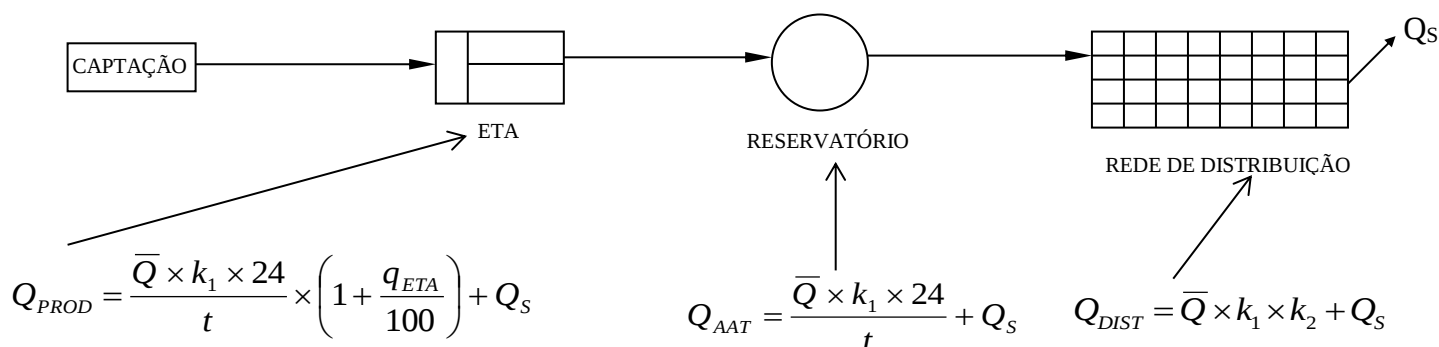
Fonte: Projeto SanBas, 2021

A Figura 17 indica as vazões a serem consideradas em cada uma das unidades de um sistema de abastecimento de água. Observa-se que todas elas derivam da vazão média, dada por:

$$\bar{Q}(\text{L/s}) = \frac{P(\text{hab}) \times \text{qpc} (\text{L/hab. dia})}{86.400 (\text{s/dia})}$$

Importante ressaltar que a cota per capita (qpc), cuja unidade usual é L/hab.dia, é definida por Libânio e colaboradores (2010) como a média diária, por indivíduo, dos volumes requeridos para satisfazer aos consumos doméstico, comercial, público e industrial, além das perdas no sistema. Já o indicador IN014 – Consumo micromedido por economia, do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Snis-MDR, 2018), refere-se ao volume micromedido, não considerando, portanto, as perdas no sistema. O Manual de Usos Consultivos da Agência Nacional de Águas (ANA) utiliza como referência as informações do Snis e considera o uso per capita como aquele representado pela água que potencialmente chega aos usuários, ou seja, não considerando o índice de perdas no sistema (ANA, 2019); nesse caso, deve-se multiplicar a vazão por (100/(100-IP)).

Figura 17 – Vazões nas diversas unidades de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Adaptado de Libânio e colaboradores, 2010

Os significados de cada termo são os apresentados a seguir, com as respectivas unidades:

- P: população, em habitantes (hab);
- qpc: consumo per capita, em L/hab.dia;
- IDP: índice de perdas, em %;
- t: período de funcionamento da produção, em horas;
- q_{ETA} : consumo de água na ETA, em %;
- k_1 : coeficiente do dia de maior consumo, adimensional;
- k_2 : coeficiente da hora de maior consumo, adimensional; e

- Q_s : vazão singular de grande consumidor, em L/s.

Diante do exposto, para projetar a demanda futura foram realizados os cálculos para cada uma das unidades do sistema, por meio de equações específicas. Inicialmente, foi realizado o cálculo da demanda média, do dia de maior consumo e da hora de maior consumo, calculados considerando a população prevista para cada ano (P), o coeficiente do dia de maior consumo (k_1) ou da hora de maior consumo (k_2) e o consumo per capita (qpc), conforme apresentado nas equações.

Segundo Libânio e colaboradores (2010), é usual no meio técnico, como princípio norteador, definir o volume de reservação como um terço do volume correspondente à demanda no dia de maior consumo. Os mesmos autores destacam que essa premissa abarca acréscimos de volume de reservação para assegurar o abastecimento durante eventuais paralisações, o que se torna mais relevante para os sistemas de menor porte. Nessas circunstâncias, não há possibilidade de eventuais manobras por meio das interligações com outros sistemas. Há, também, estimativas do tempo despendido para reparo das tubulações em função dos diâmetros, considerando, inclusive, o tempo necessário para a detecção da avaria. Assim os reservatórios de distribuição devem ter capacidade suficiente para armazenar um terço do consumo diário correspondente aos setores por ele abastecidos, conforme equação a seguir:

$$V_{\text{Reservação necessário}} = \frac{\text{Demanda}_{\text{dia de maior consumo}}}{3}$$

Para avaliar se as unidades que compõe os sistemas de abastecimento de água atualmente instalados no município são capazes de atender a demanda necessária, o saldo ou déficit do sistema foi calculado pela diferença entre a capacidade instalada (de produção ou reservação) e a demanda calculada, conforme equações a seguir:

$$\text{Saldo ou déficit}_{\text{Produção}} = \text{Capacidade instalada}_{\text{Produção}} - Q_{\text{Produção máxima}}$$

Com base nas metodologias de cálculos descritas na presente seção, o tópico a seguir apresenta os resultados da avaliação de demandas pelos serviços de abastecimento de água, no período compreendido entre os anos de 2022 e 2041, horizonte de planejamento do PMSB de Caxambu.

❖ Avaliação de demandas pelos serviços de abastecimento de água

Na Tabela 32 é apresentada a demanda atual e futura pelos serviços de abastecimento de água coletivo com distribuição por rede da área urbana de Caxambu, conforme projeção populacional elaborada e apresentada no item 2.2.

Na tabela é apresentado o sistema da sede municipal, que não atende integralmente a área urbana, somente 90%. A intenção é analisar se o sistema conseguirá atender satisfatoriamente à demanda da população atual e futura na área de abrangência desse sistema, conforme projeção populacional elaborada e apresentada no item 2.

Para os cálculos, foi considerado que 60% da produção da ETA Caxambu-Baependi é destinada para Caxambu, conforme informação da Copasa que utiliza macromedidores para regular a distribuição, entre os dois municípios, da água tratada.

O consumo per capita utilizado foi de 142,5 L/hab/dia e o índice de perdas foi considerado como 17,42%, dados obtidos do SNIS (2019). É importante destacar os valores enviados no check list e nos comunicados via Ofício 0652/2020 são divergentes, uma vez que as perdas relatadas são de 15,39%.

Tabela 32 – Avaliação de demandas pelos serviços de abastecimento de água, projetadas de 2022 a 2041, para o Sistema de Abastecimento de Água da Sede de Caxambu

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA SEDE DE CAXAMBU																		
Ano	População atendida			Consumo per capita micromedido (L/hab.dia)	Tempo de funcionamento (h/dia)	Índice de perdas (%)	Cota per capita	DEMANDAS									AVALIAÇÃO DO SALDO OU DÉFICIT	
								Consumo			Produção necessária	Dimensionamento da unidade de produção - outorga		Capacidade instalada			Saldo ou déficit de produção, considerando a produção média (m³/dia)	Saldo ou déficit de reservação (m³)
	População na área de abrangência do sistema (hab.)	Cobertura de atendimento (%)	População atendida					Médio (m³/dia)	Dia de maior consumo (m³/dia)	Hora de maior consumo (L/s)	Vazão de produção (m³/dia)	(m³/dia)	(L/s)	Volume de reservação necessário (m³)	Capacidade de produção instalada (m³/d)	Volume de reservação disponível (m³)		
2022	20811	90	18730	142,5	20	17,42	173	3590	4308	75	5427,93	5652	65	1436	6154	2735	726	1.299
2023	20682	90	18614	142,5	20	17,42	173	3568	4281	74	5394,28	5652	65	1428	6154	2735	760	1.307
2024	20554	90	18499	142,5	20	17,42	173	3546	4255	74	5360,89	5652	65	1419	6154	2735	793	1.316
2025	20426	91	18588	142,5	20	17,42	173	3523	4228	73	5327,51	5652	65	1410	6154	2735	826	1.325
2026	20266	91	18442	142,5	20	17,42	173	3496	4195	73	5285,78	5652	65	1399	6154	2735	868	1.336
2027	20107	92	18498	142,5	20	17,42	173	3468	4162	72	5244,31	5652	65	1388	6154	2735	910	1.347
2028	19947	92	18351	142,5	20	17,42	173	3441	4129	72	5202,58	5652	65	1377	6154	2735	951	1.358
2029	19787	93	18402	142,5	20	17,42	173	3413	4096	71	5160,85	5652	65	1366	6154	2735	993	1.369
2030	19628	93	18254	142,5	20	17,42	173	3386	4063	71	5119,37	5652	65	1355	6154	2735	1034	1.380
2031	19678	94	18497	142,5	20	17,42	173	3394	4073	71	5132,42	5652	65	1358	6154	2735	1021	1.377
2032	19772	95	18783	142,5	20	17,42	173	3411	4093	71	5156,93	5652	65	1365	6154	2735	997	1.370
2033	19905	96	19109	142,5	20	17,42	173	3434	4120	72	5191,62	5652	65	1374	6154	2735	962	1.361
2034	20071	97	19469	142,5	20	17,42	173	3462	4155	72	5234,92	5652	65	1385	6154	2735	919	1.350
2035	20264	98	19859	142,5	20	17,42	173	3496	4195	73	5285,26	5652	65	1399	6154	2735	869	1.336
2036	20478	99	20273	142,5	20	17,42	173	3532	4239	74	5341,07	5652	65	1413	6154	2735	813	1.322
2037	20708	100	20708	142,5	20	17,42	173	3572	4287	74	5401,06	5652	65	1429	6154	2735	753	1.306
2038	20948	100	20948	142,5	20	17,42	173	3614	4336	75	5463,66	5652	65	1446	6154	2735	690	1.289
2039	21192	100	21192	142,5	20	17,42	173	3656	4387	76	5527,30	5652	65	1463	6154	2735	627	1.272
2040	21434	100	21434	142,5	20	17,42	173	3697	4437	77	5590,42	5652	65	1479	6154	2735	563	1.256
2041	21667	100	21667	142,5	20	17,42	173	3738	4485	78	5651,19	5652	65	1496	6154	2735	503	1.239

Fonte: Projeto SanBas, 2021

Observa-se, conforme apresentado na tabela anterior, que o sistema se manterá com saldo de produção positivo, ou seja, a capacidade instalada do sistema será capaz de atender às necessidades da população residentes nestes locais até o final do plano, em 2041. Na sede, a projeção populacional indica que um crescimento de cerca de 4%, e isso acarretará em um aumento da demanda média para 5651 m³/dia, o que significa um acréscimo de quase 230 m³/dia desde o início do plano.

Em relação ao volume de reservação necessário para o atendimento da demanda, também se observa uma variação quando comparado os valores obtidos para o início e final do horizonte de planejamento do PMSB na sede urbana, cerca de 60 m³ a menos.

Como já foi dito anteriormente, o sistema de Baependi está contido na área de abrangência do SAA que atende Caxambu. É importante ressaltar que nesta tabela foram considerados somente os dados de Caxambu, portanto, sem influência do município de Baependi.

5.1.2.2. *Demanda de água para localidades com potencial de implantação de sistemas coletivos*

Com base no Produto C – Diagnóstico Técnico-Participativo, 259 pessoas estão localizadas fora das áreas de abrangência dos sistemas coletivos com rede de distribuição, apresentados e analisados no item 5.1.2.1. Esses munícipes atualmente utilizam soluções alternativas (coletivas ou individuais) para o abastecimento de água. No Diagnóstico do PMSB, buscou-se identificar aqueles locais que atualmente utilizam soluções alternativas, mas que, em razão das características locais, podem vir a ser atendidos por sistemas coletivos de abastecimento de água com distribuição por rede.

Assim, para as localidades Monjolinho e Sítio Laranjeiras, foi calculada a demanda de água e o volume de reservação necessário. Contudo, ressalta-se que esse cálculo é preliminar e apenas uma referência ao futuro prestador de serviços, sendo propostos no Produto E (Programas, Projetos e Ações) estudos para identificar a viabilidade técnico-econômica de sua implantação, e respectivos projetos para aqueles em que for identificada a viabilidade.

O cálculo de demandas seguiu a mesma metodologia de cálculo apresentada no item 5.1.2.1, utilizando-se as equações de demandas (média, dia de maior consumo e hora de maior consumo) e de volume de reservação necessário. As variáveis consideraram os

mesmos critérios e valores apresentados na Tabela 30 para população, consumo per capita e coeficientes de majoração (k_1 e k_2).

De acordo com a projeção populacional, ao longo do horizonte de planejamento do PMSB não haverá aumento significativo da população de Monjolinho nem do Sítio Laranjeiras, passando dos atuais 70 para 74 habitantes e de 89 para 94 habitantes, respectivamente. As informações são apresentadas na Tabela 33 e Tabela 34.

Destaca-se também que apesar da análise de crescimento ou redução ter sido realizada de acordo com a projeção populacional, o valor utilizado na variável “população na área de abrangência do sistema” foi informado à equipe por residentes das respectivas localidades, participantes do Comitê de Coordenação.

Tabela 33 – Demandas para os serviços de abastecimento de água, projetadas de 2022 a 2041, para a localidade de Monjolinho

SISTEMA MONJOLINHO							
Ano	População na área de abrangência do sistema (hab.)	População atendida		DEMANDAS			Volume de reservação necessário (m³)
		(%)	(hab)	Médio (m³/dia)	Dia de maior consumo (m³/dia)	Hora de maior consumo (L/s)	
2022	89	100,00	89	11,13	13,35	0,23	4,45
2023	88	100,00	88	11,06	13,27	0,23	4,42
2024	88	100,00	88	10,99	13,18	0,23	4,39
2025	87	100,00	87	10,90	13,08	0,23	4,36
2026	87	100,00	87	10,82	12,98	0,23	4,33
2027	86	100,00	86	10,73	12,88	0,22	4,29
2028	85	100,00	85	10,64	12,77	0,22	4,26
2029	84	100,00	84	10,56	12,67	0,22	4,22
2030	85	100,00	85	10,58	12,70	0,22	4,23
2031	85	100,00	85	10,64	12,76	0,22	4,25
2032	86	100,00	86	10,71	12,85	0,22	4,28
2033	86	100,00	86	10,80	12,96	0,22	4,32
2034	87	100,00	87	10,90	13,08	0,23	4,36
2035	88	100,00	88	11,02	13,22	0,23	4,41
2036	89	100,00	89	11,14	13,37	0,23	4,46
2037	90	100,00	90	11,27	13,52	0,23	4,51
2038	91	100,00	91	11,40	13,68	0,24	4,56
2039	92	100,00	92	11,53	13,84	0,24	4,61
2040	93	100,00	93	11,65	13,99	0,24	4,66
2041	94	100,00	94	11,77	14,13	0,25	4,71

Fonte: Projeto SanBas, 2021

Tabela 34 – Demandas para os serviços de abastecimento de água, projetadas de 2022 a 2041, para a localidade de Sítio Laranjeiras

SISTEMA SÍTIO LARANJEIRAS								
Ano	População na área de abrangência do sistema (hab.)	Consumo per capita (L/hab/dia)	População atendida		DEMANDAS			Volume de reservação necessário (m³)
			(%)	(hab)	Médio (m³/dia)	Dia de maior consumo (m³/dia)	Hora de maior consumo (L/s)	
2022	70	125	100	70	8,75	10,50	0,18	3,50
2023	70	125	100	70	8,75	10,50	0,18	3,50
2024	69	125	100	69	8,64	10,37	0,18	3,46
2025	69	125	100	69	8,57	10,29	0,18	3,43
2026	68	125	100	68	8,51	10,21	0,18	3,40
2027	68	125	100	68	8,44	10,13	0,18	3,38
2028	67	125	100	67	8,37	10,05	0,17	3,35
2029	66	125	100	66	8,30	9,96	0,17	3,32
2030	67	125	100	67	8,33	9,99	0,17	3,33
2031	67	125	100	67	8,37	10,04	0,17	3,35
2032	67	125	100	67	8,42	10,11	0,18	3,37
2033	68	125	100	68	8,49	10,19	0,18	3,40
2034	69	125	100	69	8,57	10,29	0,18	3,43
2035	69	125	100	69	8,66	10,40	0,18	3,47
2036	70	125	100	70	8,76	10,51	0,18	3,50
2037	71	125	100	71	8,86	10,64	0,18	3,55
2038	72	125	100	72	8,97	10,76	0,19	3,59
2039	73	125	100	73	9,07	10,88	0,19	3,63
2040	73	125	100	73	9,17	11,00	0,19	3,67
2041	74	125	100	74	9,26	11,11	0,19	3,70

Fonte: Projeto SanBas, 2021

É possível observar, a partir das tabelas anteriores, que tanto Monjolinho quanto Sítio Laranjeiras terão sua maior demanda no ano de 2041, quando terão maior quantidade de habitantes. Para Monjolinho, no dia de maior consumo, esse valor será de 14,13 m³/dia e para Sítio Laranjeiras será de 11,11 m³/dia. Além disso, é necessário observar a reservação mínima necessária, sendo de aproximadamente 5,0 m³ para Monjolinho e 4,0 m³ para Sítio Laranjeiras.

5.1.2.3. *Demanda de água para soluções alternativas (coletivas ou individuais)*

Conforme apresentado no Produto C – Diagnóstico Técnico-Participativo, as localidades Fazenda Glória, Joia, Mombaça, Morro Cavado, Morro Queimado, Olho D'Água, Portal Mombaça, Sítio Santa Maria e Volta Grande possuem baixa densidade demográfica,

apresentando casas dispersas umas das outras, o que pode inviabilizar a implantação de sistemas coletivos de abastecimento de água. Para esses locais, as soluções alternativas podem se mostrar como tecnologias mais apropriadas.

As soluções alternativas (coletivas ou individuais) são, geralmente, utilizadas em áreas rurais ou em locais com moradias dispersas e com ausência de rede geral de abastecimento de água (PÁDUA, 2010; FUNASA, 2019a). Heller (2010) ressalta que a concepção do projeto para soluções alternativas deve ser realizada com garantia de qualidade da água, conforme padrão de potabilidade vigente, com quantidade superior ao mínimo estabelecido para os atendimentos básicos, tecnicamente satisfatória, social e culturalmente aceita, economicamente viável e inócua ao ambiente.

Além disso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) discute o acesso à água potável no que diz respeito à disponibilidade de água. Nesse sentido, determina que o indivíduo precisa ter acesso a, no mínimo, 20 litros de água por dia (WHO, 2017). Em estudo desenvolvido por Howard e Bartram (2003), foram determinados os níveis de acesso tendo como base a distância percorrida, o tempo gasto para atingir a fonte de água e o volume de água coletado. Os autores ainda relacionaram o nível de acesso às necessidades humanas atendidas e os consequentes efeitos nocivos à saúde. A Tabela 35 apresenta a classificação desenvolvida pelos autores.

Tabela 35 – Níveis de acesso à água, segundo a estimativa de volume de água coletado, distância percorrida, necessidades atendidas e consequentes efeitos à saúde

Nível de acesso	Estimativa de volume de água coletado	Medida de acesso à água - distância percorrida e tempo gasto	Necessidades atendidas	Nível de efeitos à saúde
Sem acesso	Quantidade coletada frequentemente abaixo de 5 litros per capita por dia	Mais de 1000 m de distância percorrida ou 30 minutos de tempo total de coleta	Consumo não pode ser assegurado e higiene não é possível, a menos que praticada na fonte de água	Muito alto
Acesso básico	Quantidade média que não excederá 20 litros per capita por dia	Distância percorrida entre 100 e 1000 m ou 5 a 30 minutos de tempo total de coleta	Consumo pode ser assegurado. A higiene das mãos e higiene alimentar básica é possível. A lavagem de roupas e o banho são difíceis de garantir, a menos que sejam realizados na fonte	Alto
Acesso intermediário	Quantidade média de cerca de 50 litros per capita por dia	Água entregue através de uma torneira pública (ou distância percorrida dentro de 100 m ou 5 minutos de tempo total de coleta)	Consumo assegurado. Higiene - toda a segurança básica do indivíduo e de alimentos - assegurada. Lavagem de roupas e banho também podem ser assegurados	Baixo
Acesso ideal	Quantidade média igual ou acima de 100 litros per capita por dia	Água fornecida através de múltiplas torneiras continuamente	Todas as necessidades de consumo atendidas. Todas as necessidades de higiene devem ser atendidas	Muito baixo

Fonte: Adaptado de Howard e Bartram, 2003

Para fins de cálculo da demanda necessária nas áreas em que as soluções alternativas, individuais ou coletivas, podem se mostrar mais apropriadas, aplicou-se a equação de demanda média apresentada no item 5.1.2.1.

Para a variável população, foi subtraída da população total do município a população atendida ou com potencial de atendimento por sistema coletivo, conforme apresentado nos itens 5.1.2.1 e 5.1.2.2, sendo esse cálculo realizado para os 20 anos do horizonte de planejamento do PMSB. Para a variável consumo per capita (qpc), tomou-se como referência a estimativa de consumo per capita na área rural, para o estado de Minas Gerais, correspondente a 125 L/hab. dia (ONS, 2003; ONS, 2005 citados por ANA, 2019). Cabe destacar que o mínimo recomendado pela OMS é de 50 L/hab.dia. No entanto, o Plano Municipal de Saneamento Básico deve almejar alcançar o acesso ideal aos serviços de abastecimento de água a toda a população do município, seja ela atendida por sistemas coletivos ou por soluções alternativas. Por esse motivo, optou-se por calcular a demanda de água para as soluções alternativas utilizando o mesmo per capita de

referência para as demais áreas rurais do município. O resultado do cálculo é apresentado na Tabela 36.

Tabela 36 – Demanda máxima de água para a população atendida por soluções alternativas (coletivas ou individuais)

Ano	População (hab.)	Demanda máxima (m³/dia)
2022	103	12,88
2023	102	12,75
2024	100	12,50
2025	98	12,25
2026	97	12,13
2027	95	11,88
2028	93	11,63
2029	91	11,38
2030	89	11,13
2031	89	11,13
2032	90	11,25
2033	92	11,50
2034	94	11,75
2035	97	12,13
2036	99	12,38
2037	102	12,75
2038	105	13,13
2039	108	13,50
2040	111	13,88
2041	114	14,25

Fonte: Projeto SanBas/UFGM, 2020

Considerando um consumo per capita de 125L/hab.dia, no início de plano, a demanda foi estimada em 12,88 m³/dia passando para 14,25 m³/dia no final de plano, o que representa um aumento de 10,6%. Esses valores devem ser considerados quando da elaboração de projetos para implantação das soluções alternativas. Contudo, ressalta-se que essa demanda está dispersa no território municipal, uma vez que a população atualmente não atendida por sistema coletivo se encontra em diferentes comunidades rurais ou em domicílios dispersos na área rural. Desta forma, para fins de projeto, as particularidades das situações de carência identificadas em cada comunidade devem ser consideradas.

5.1.2.4. Demanda de água para a população flutuante

Conforme apresentado no Produto C – Diagnóstico Técnico-Participativo e no item 2.3 referente à população flutuante, o município de Caxambu possui características turísticas, atraindo uma população flutuante, que ocupa principalmente pousadas, hotéis, e similares, em períodos esporádicos, a exemplo de finais de semana, feriados e períodos de alta temporada, como janeiro, julho e dezembro.

Segundo informações da Secretaria Municipal de Turismo de Caxambu, a concentração dessa população se dá, em maior parte, nos hotéis e pousadas localizadas no Centro.

Nesse sentido, no presente PMSB optou-se por calcular a demanda de água dessa população, a fim de orientar ações direcionadas ao atendimento dessa demanda sazonal, a exemplo de criação de sistemas para atendimento emergencial.

O cálculo de demandas foi realizado para três diferentes situações observadas no município de Caxambu, de acordo com informações repassadas pela Secretaria Municipal de Turismo, que são:

- considerando a capacidade total de hospedagem pelos hotéis e pousadas;
- considerando a lotação comumente ocorrida nos períodos de alta temporada, janeiro, julho e dezembro; e
- considerando a lotação média ocorrida durante o ano.

Contudo, cabe ressaltar a necessidade de realizar um levantamento mais detalhado dessa população, o qual será proposto no Produto E desse PMSB.

Ademais, para o cálculo da demanda seguiu-se a mesma metodologia apresentada no item 5.1.2.1, utilizando-se as equações de demandas (média, dia de maior consumo e hora de maior consumo) e de volume de reserva necessário. Para a variável de consumo per capita, foi considerado o valor da sede urbana, sendo considerado 142,5 L/hab/dia. Em relação aos coeficientes de majoração (k_1 e k_2), foram considerados os mesmos apresentados na Tabela 30 sendo 1,2 e 1,5, respectivamente.

Para a população flutuante, o cálculo não foi realizado ao longo dos anos do horizonte de planejamento, sendo calculada apenas a demanda atual, uma vez que não foram identificadas, na literatura, metodologias para projetar esse tipo de população, informação ratificada pela equipe de demógrafos responsável pela projeção populacional apresentada no presente PMSB. O resultado do cálculo é apresentado na Tabela 37.

Tabela 37 – Demanda de água no bairro Centro* para a população flutuante no município de Caxambu

Situação turística	Estimativa de n° de pessoas	DEMANDAS			
		Consumo			Volume de reservação necessário (m³)
		Médio (m³/dia)	Dia de maior consumo (m³/dia)	Hora de maior consumo (L/s)	
Hotéis e pousadas em sua capacidade total de hospedagem	1.330	229,4	275,3	4,8	92,0
Hotéis e pousadas com 50% da capacidade total de hospedagem - situação observada em períodos de alta temporada turística	665	114,7	137,7	2,4	46,0
Lotação média ao longo do ano (28%)	372	64,2	77,0	1,3	26,0

* informação corresponde à lotação de hotéis localizados no bairro Centro, de acordo com a Secretaria Municipal de Turismo, Cultura, Esporte e Lazer

Fonte: Projeto SanBas/UFGM, 2020

Conforme apresentado na Tabela 37, o sistema de abastecimento de água da sede municipal de Caxambu precisa prever ao longo do ano o atendimento a uma demanda média de 64,2 m³/ dia e a um volume de reservação de 26,0 m³, referente a população flutuante. Além da demanda média de água ao longo do ano, é importante que sejam considerados no planejamento dos serviços de abastecimento de água a demanda e o volume necessário de reservação em períodos de alta temporada turística (114,7 m³/dia e 46,0 m³, respectivamente), principalmente nos meses de janeiro, julho e dezembro, em que os hotéis e pousadas operam com aproximadamente 50% da capacidade total de hospedagem. Por fim, é necessário que sejam previstas ações para a situação em que os hotéis e pousadas atinjam a capacidade máxima de hospedagem, ou seja, demanda média de 229,4 m³/dia e volume de reservação de 92,0 m³, apesar da rara ocorrência de tal situação, conforme relatado pela Secretaria Municipal de Turismo.

5.1.3. Principais mananciais passíveis de utilização para o abastecimento de água

A identificação e definição de mananciais para abastecimento de água para consumo humano necessita de estudos aprofundados e específicos, que devem ser realizados anteriormente a um determinado projeto. Para tanto, na presente seção e na seção seguinte, serão apresentadas informações que visam subsidiar uma futura identificação e escolha de mananciais para fins de abastecimento no município.

Conforme já abordado no Produto C, em Caxambu foram identificados 16 mananciais superficiais¹⁰ que se distribuem por todo o território. Dentre os mananciais superficiais existentes, destacam-se o Ribeirão do Taboão e o Rio Baependi (localizados na Bacia do Rio Verde), considerando suas vazões e enquadramentos. Na Tabela 38 são caracterizados os mananciais supracitados.

Tabela 38 – Características dos possíveis mananciais superficiais para abastecimento de água futuro no município de Caxambu

Manancial	Q _{mld} média ¹ (m ³ /s)	Q _{7,10} média ² (m ³ /s)	Enquadramento
Ribeirão do Taboão	4,7649	0,9469	Classe 2 ³
Rio Baependi	18,1084	4,2654	Classe 2 ³

¹ Q_{mld}: Vazão média de longo período. Para o dado apresentado, optou-se por calcular a média da Q_{mld} apresentada no estudo de regionalização de vazões (IDE-Sisema) para diversos trechos dos cursos d'água no município, uma vez que a variação entre os trechos era pequena e não impactaria na análise em nível de plano de saneamento. Contudo, para estudos em nível de projeto, deve ser considerada a Q_{mld} específica do ponto de interesse.

² Q_{7,10}: Vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos. Para o dado apresentado, optou-se por calcular a média da Q_{7,10} apresentada no Atlas Digital das Águas de Minas (UFV, 2020) para diversos trechos dos cursos d'água no município, uma vez que a variação entre os trechos era pequena e não impactaria na análise em nível de plano de saneamento. Contudo, para estudos em nível de projeto, deve ser considerada a Q_{7,10} específica do ponto de interesse.

³ As águas da bacia do rio Verde foram enquadradas por meio da Deliberação Normativa Nº 33, de 18 de dezembro de 1998, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, com base na Deliberação Normativa COPAM Nº 10, de 16 de dezembro de 1986. Entretanto, conforme prevê o artigo 14 da Resolução CNRH Nº 91, de 5 de novembro de 2008, os corpos de água enquadrados com base em legislação anterior deveriam passar por adequação aos atuais procedimentos, especialmente no que se refere à aprovação do respectivo comitê de bacia hidrográfica, à deliberação do Conselho de Recursos Hídricos competente e ao programa de efetivação. Portanto, o enquadramento dos corpos d'água da bacia do Rio Verde foram atualizados e adequados pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, mas ainda não implementados. Todavia, de acordo com o Plano, não ocorreram grandes alterações nos usos das águas que obrigassem uma atualização do enquadramento na sub-bacia do rio Baependi, permanecendo assim o enquadramento em Classe 2, realizado anteriormente (ECOPLAN e LUME, 2009).

Fonte: ECOPLAN e LUME, 2009.; Sisema, 2020

Conforme discutido no Produto C deste PMSB, apesar do enquadramento indicar a possibilidade de uso desses mananciais para abastecimento (após tratamento convencional), é importante destacar a necessidade de avaliação da disponibilidade de água dos recursos hídricos apresentados, em termos de qualidade e quantidade, sendo necessária uma análise específica do(s) possível(eis) ponto(s) de captação a serem considerados futuramente.

Foram discutidos também no Produto C os resultados do monitoramento das águas superficiais realizados pelo Igam, por meio do Projeto “Águas de Minas”. Dos pontos de amostragem existentes, dois deles são para amostragem do Rio Baependi, um ponto localizado a jusante do Município de Baependi e outro ponto à montante da confluência com o Rio Verde, no

¹⁰ Manancial superficial “é constituído pelos cursos d'água (córregos, ribeirões, rios, lagos, represas, etc.) e, como o nome indica, tem o espelho d'água na superfície do terreno” (HELLER e CASSEB, 1995, p.74).

Município de Conceição do Rio Verde, sendo de interesse para o presente trabalho o ponto localizado no Município de Baependi (BG024). Os resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) e da Contaminação por Tóxicos (CT) entre os anos de 2013 e 2017 para o ponto BG024 mostraram que o IQA foi médio durante todo o período de amostragem; com relação à CT, o ponto considerado apresentou baixa contaminação durante quase todo o período analisado, com exceção do ano de 2017, o qual apresentou contaminação média.

Já em relação à quantidade, ao se considerar um possível ponto de captação, deve ser analisada não somente a vazão de água disponível no determinado ponto. Isso porque, o limite máximo de captações em recursos hídricos a serem outorgados na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde (UPGRH – GD4), para cada seção considerada em condições naturais, é de 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$, devendo ser garantidos, a jusante de cada intervenção, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% (cinquenta por cento) da $Q_{7,10}$ (IGAM, 2019). Cabe ressaltar que, em consulta à listagem de usos dos recursos hídricos cadastrados e outorgados junto ao órgão ambiental estadual no município de Caxambu (apresentada no Produto C), não foram identificados usos regularizados nos mananciais apresentados na Tabela 38. Destaca-se ainda que, em consulta ao Portal InfoHidro, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), não foram identificadas áreas de conflito declaradas na região dos rios apresentados na Tabela 38 (IGAM, 2018), que poderiam ocasionar dificuldades na utilização dos mananciais para fins de abastecimento público.

Considerando o somatório da projeção de demandas de água apresentadas, em que se estima uma demanda de 5402 m³/d para atendimento dos sistemas coletivos (Sede, Monjolinho e Sítio Laranjeiras) e 14,25 m³/d para atendimento às soluções individuais (demanda máxima ao longo dos 20 anos), há indicativos de que os cursos d'água apresentados na Tabela 38 (vazão total disponível para captação, considerando o máximo de 50% da $Q_{7,10}$,) podem suprir a demanda da população por captação superficial a ser atendida no município de Caxambu. Contudo, ressalta-se que essa é uma análise preliminar, pois também deverão ser considerados os usos à montante dos pontos de captação, inclusive os cadastros de uso insignificante, que pode impactar na vazão de água disponível.

Outra possível alternativa é a utilização de mananciais subterrâneos¹¹. De acordo com os dados produzidos no diagnóstico técnico-participativo (Produto C), a base de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) possui 35 poços cadastrados no município (CPRM, 2020). Desses, todos possuem dados construtivos, apontando profundidades variando entre 6 metros e 122,5 metros; 16 possuem dados de vazão, com dados variando entre 0,04m³/h e 24,8 m³/h; e 15 possuem algum dado referente às análises químicas, sendo esse principalmente condutividade elétrica, apontando uma variação entre 19 µS/cm 1850 µS/cm. Cabe destacar que esses poços cadastrados estão localizados em diferentes regiões do município, sob diferentes aquíferos, o que pode justificar a diferença entre os valores apresentados. Ressalta-se ainda que a quantidade de poços identificados pode estar subestimada, uma vez que, nas Oficinas Setoriais, os moradores mencionaram que uma quantidade considerável de famílias e estabelecimentos privados que possuem poços particulares, tanto na área rural quanto urbana, para uso agrícola, consumo humano, entre outros fins, indicando que o cadastro dos poços tubulares (individuais e coletivos) pode estar desatualizado. Em Caxambu existem poços como soluções individuais, mas as soluções mais utilizadas são as captações em nascentes.

Com base no exposto, assim como para os mananciais superficiais, ao se considerar os mananciais subterrâneos para abastecimento de água, faz-se necessário a realização de análises específicas da água de poços a serem considerados, a fim de propor a melhor metodologia para tratamento da água, considerando-se as possibilidade de tratamento já apresentadas no item 5.1.1 do presente documento, além de ser necessário um levantamento dos usos de água a montante do ponto de interesse, de forma que possa não comprometer o abastecimento. Isso porque, ao comparar as informações contidas no Produto C de números de poços tubulares cadastrados no SIAGAS (63) e número de outorgas deferidas pelo IGAM para poço tubular (8), há indicativos de que podem ocorrer perfurações indiscriminadas de poços, que não possuem outorga, controle ou monitoramento da quantidade e qualidade da água captada.

¹¹ Manancial subterrâneo “é aquele cuja água vem do subsolo, podendo aflorar à superfície (nascentes, minas, etc.) ou ser elevado à superfície através de obras de captação (poços rasos, poços profundos, galerias de infiltração)” (HELLER e CASSEB, 1995, p.74).

5.1.4. Definição das alternativas de mananciais para atendimento à demanda calculada

No âmbito do PMSB, não é possível definir alternativas para o atendimento à população, podendo ser apresentadas apenas as possibilidades a serem estudadas, pois para a definição são necessários outros estudos (hidrológicos, físicos, econômicos e outros) que possam embasar a tomada de decisão, os quais não são escopo de um PMSB. Sendo assim, sugere-se a realização de levantamentos de dados e informações sobre os potenciais mananciais (quantitativos e qualitativos), que possam subsidiar uma análise aprofundada sobre as alternativas existentes (apresentadas no item anterior), e assim, embasar a definição. Cabe ressaltar que, quando da realização dos estudos mencionados, é necessário considerar os estudos de demandas de água, conforme realizado no presente documento (item 5.1.2.1), de modo a identificar se a alternativa estudada atende a expansão da área de abrangência do sistema, segundo a projeção populacional.

5.1.5. Cobrança pelos serviços prestados com base nos requisitos legais sobre sustentabilidade econômico-financeira

De acordo com a Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, os serviços públicos de saneamento “terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções”, sendo proibida a duplicidade de cobrança de custos administrativos ou gerenciais. Tal cobrança pode ser realizada por meio de taxas, tarifas ou preços públicos, que, no caso dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços, separadamente, ou em conjunto, como é o caso da tarifa média de água e da tarifa média de água e esgoto. Essas tarifas devem passar por processos sistemáticos de reajuste e revisão, de modo a permitir a manutenção dos serviços em regime de eficiência (BRASIL, 2007). A cobrança pelos serviços prestados visa alcançar o equilíbrio orçamentário e a sustentabilidade dos serviços públicos, permitindo o custeio das despesas relacionadas à prestação dos serviços de saneamento e, consequentemente, podendo ampliar o acesso dos cidadãos aos serviços.

Ainda, a referida Lei, em seu Artigo 30, estabelece que a estrutura de remuneração e cobrança dos serviços públicos de saneamento deve levar em consideração a capacidade de pagamento

dos consumidores, o nível de renda da população da área atendida, as categorias de usuários (comércio, indústria, residência, etc.), distribuídas por faixas ou quantidades crescentes de utilização ou de consumo, a quantidade mínima de consumo, o adequado atendimento dos usuários de menor renda e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

Nesse sentido, a cobrança pelos serviços de abastecimento de água nos municípios mineiros é realizada conforme a estrutura tarifária elaborada pela Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae-MG). As tabelas tarifárias estabelecidas pela Arsae-MG “definem os valores máximos a serem cobrados pelos prestadores dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário”. A cobrança pode ser fixa (R\$/mês) ou estabelecida por faixa de consumo (R\$/m³ de água consumida no mês) e as tarifas são diferentes para cada tipo de usuário (residencial, comercial, industrial e pública, além da categoria residencial social), com a finalidade de “adequar a cobrança ao perfil de consumo de cada um” (ARSAE-MG, 2020b).

Conforme apresentado nos itens 4.7.1 e 4.7.2 do Produto C deste PMSB, em Caxambu, a Arsae regula a taxa de água cobrada aos usuários do sistema coletivo de abastecimento existente. Nos três casos, há aplicação de tarifa social para a população que atende aos requisitos estabelecidos nas Resoluções Arsae-MG nº 127/2019 (ARSAE-MG, 2019) e nº 136/2020 (ARSAE-MG, 2020a). Na Tabela 39 são resumidas as informações sobre a aplicação da tarifa social de água no município de Caxambu

Tabela 39 – Tarifas sociais aplicáveis aos usuários da Copasa para serviços de abastecimento de água no município de Caxambu

Sistema	Número de famílias contempladas com a tarifa social (2020)	Prestadora	Valores da tarifa social	
			Faixa de consumo (m³)	Tarifa de água (R\$/m³)
Caxambu (Sede)	1924	Copasa	Fixa	7,87 (R\$/mês)
			0 a 5	0,67
			> 5 a 10	1,702
			> 10 a 15	3,468
			> 15 a 20	4,283
			> 20 a 40	4,966
			> 40	7,816

Fonte: Arsae-MG, 2019; Arsae-MG, 2020a; Copasa, 2020

A partir dos dados de pessoas beneficiadas pela Tarifa Social é possível identificar que 17% da população total de Caxambu é contemplada pelo Programa.

5.2. Serviços de esgotamento sanitário

Segundo o relatório do Programa Conjunto de Monitoramento para Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene, da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), 4,2 bilhões de pessoas no mundo não acessam serviços de esgotamento sanitário em condições adequadas e seguras para uso e 3 bilhões não possuem instalações básicas com disponibilidade de água para a higienização das mãos¹² (JPM, 2019). Ainda nesse relatório, a OMS e a Unicef destacam que, apesar da significativa redução da prática de defecação a céu aberto no mundo, de 21% para 9%, referente aos anos 2000 e 2017, respectivamente, ainda há 673 milhões de pessoas que realizam essa prática.

Em locais sem a presença de sistema ou solução alternativa para o esgotamento sanitário, o efluente gerado nos domicílios é descartado sem tratamento em rios, córregos, vias públicas, diretamente no solo ou de outras formas inadequadas. A ausência desses sistemas e ou soluções podem gerar diversos problemas socioambientais, incluindo a deterioração dos recursos hídricos e, conseqüentemente, a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, por meio do consumo de água contaminada por esgotos.

Conforme apresentado no Diagnóstico Técnico-Participativo (Produto C) deste PMSB, na Sede do município de Caxambu, a Copasa não identifica deficiências relacionadas aos serviços de esgotamento sanitário prestados, mas, como visto em campo, existem problemas de lançamentos inadequados e, segundo a própria prestadora de serviços, a população reclama de extravasamentos de esgotos e ocorrências de entupimentos. Além disso, existem fossas espalhadas pela cidade em área de cobertura dos serviços da Copasa.

Diante disso, para construir as perspectivas técnicas para os serviços de esgotamento, faz-se necessário compreender os aspectos demográficos do município (considerando as áreas urbana e rural), as projeções de demandas por serviços de esgotamento sanitário e sugestões de tecnologias apropriadas à realidade local, os quais são apresentados nos itens a seguir.

¹² O ato/ação de lavar as mãos com sabão e água “reduz substancialmente a prevalência de doenças como a diarreia, responsável pela morte de 760 mil crianças abaixo de cinco anos, a cada ano, em todo mundo” (NEVES-SILVA; HELLER, 2016, p. 1866).

5.2.1. Alternativas técnicas de engenharia para sistemas de esgotamento sanitário

A universalidade do acesso aos serviços de saneamento se apresenta como um grande desafio. No Brasil, seguindo o panorama mundial, observam-se assimetrias no acesso aos serviços sanitários, sendo a área urbana historicamente favorecida com ações sanitárias, enquanto há reduzido investimento na área rural. Os Planos Municipais de Saneamento Básico buscam minimizar tais desigualdades de acesso aos serviços de saneamento, dando visibilidade às áreas rurais dos municípios e inserindo suas necessidades no escopo do PMSB. Assim, as tecnologias apresentadas neste documento são divididas entre soluções ou sistemas coletivos, sugeridos para serem implantados em áreas urbanas ou aglomerados urbanos, e soluções ou sistemas individuais, mais adequados para a realidade dos domicílios que se encontram dispersos nas áreas rurais.

Nesse panorama, o Programa Saneamento Brasil Rural (PSBR) lista as diretrizes e estratégias que devem ser adotadas, no âmbito do esgotamento sanitário, em comunidades rurais, incluindo sistemas coletivos e individuais (FUNASA, 2019b). Tais diretrizes devem ser observadas na definição das tecnologias a serem implementadas (Tabela 40).

Tabela 40 – Diretrizes e estratégias para esgotamento sanitário

Diretrizes
1 - Priorizar a implantação de serviços públicos de esgotamento sanitário de maior aceitabilidade e de fácil manejo pela população local
2 - Garantir e fomentar a participação da população nas etapas de concepção, implantação, operação e manutenção do serviço
3 - Garantir acessibilidade financeira para a perenidade do serviço público de esgotamento sanitário escolhido e implantado na comunidade
5 - Prever acessibilidade física às instalações sanitárias
6 - Garantir a coleta, o transporte, o uso e/ou a disposição de águas residuárias e de lodo de forma adequada.
7 - Fomentar e apoiar a utilização de energia solar fotovoltaica e energia eólica, para redução dos custos com energia elétrica em sistemas de esgotamento sanitário.

Fonte: Funasa, 2019b

As soluções sugeridas neste documento foram baseadas nas tecnologias e diretrizes apresentadas no “Manual de Saneamento” (2019a), no “Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento” (FUNASA, 2018a) e no “Programa de Nacional de Saneamento Rural” (FUNASA, 2019b), todos elaborados pela Fundação Nacional de Saúde (Funasa), além do livro “Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: Referencial para a escolha de soluções”, escrito por Tonetti e colaboradores (2018). As soluções individuais e coletivas sugeridas para o PMSB de Caxambu são descritas nos itens seguintes.

5.2.1.1. Soluções Coletivas

As soluções coletivas podem ser empregadas nas áreas urbanas e rurais, entretanto devem ser considerados diversos fatores, como a densidade populacional e a garantia da viabilidade econômico-financeira da solução coletiva empregada. Além disso, as soluções coletivas de esgotamento sanitário necessitam de disponibilidade hídrica para que ocorra a coleta, transporte e tratamento do esgoto. Para localidades que possuem poucos moradores e os domicílios próximos uns dos outros, podem ser empregados, como pequenos sistemas coletivos, as técnicas abordadas como soluções individuais no presente documento.

Para a escolha da tecnologia a ser aplicada no tratamento coletivo dos esgotos é extremamente necessário o envolvimento da população, pois esta deve saber quais as vantagens de tratar os esgotos para a saúde e para o ambiente, além de que as soluções coletivas envolvem o pagamento de tarifas ao prestador de serviços; assim, a população deve estar ciente dos valores cobrados por aquele prestador e a obrigatoriedade de realizar a ligação à rede coletora, segundo disposto na Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento no Brasil (BRASIL, 2020a).

Como titular dos serviços, o município, deve ter em mente que as medidas estruturais previstas pelas alternativas técnicas empregadas, não serão efetivas se não houver a gestão dos serviços, além de medidas de educação e participação social (FUNASA, 2019a).

Para os locais com casas aglomeradas e maior índice de densidade populacional, torna-se necessária a implantação de unidades de tratamento coletivo, pela falta de disponibilidade de área para tratamento do esgoto, próxima às residências. A seleção do tratamento em cada contexto deve considerar as características dos esgotos gerados nos domicílios, a eficiência na remoção de matéria orgânica e patógenos que se deseja alcançar, com base nas legislações vigentes, e os custos operacionais e financeiros da implantação e manutenção do sistema (FUNASA, 2019b).

O esquema da Figura 20 sintetiza as soluções técnicas que podem ser adotadas em sistemas coletivos convencionais no território de Caxambu. Foram incorporadas as soluções já empregadas no município e inseridas outras que podem ser implantadas. Na Tabela 41 são apresentadas as características de tratamento para os sistemas coletivos apresentados na Figura 20.

Segundo informações do Atlas Esgotos, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o município de Caxambu possui necessidade de tratamento secundário convencional dos seus efluentes domésticos, com remoção de carga orgânica entre 60 e 80%, e sem necessidade de atenção aos teores de fósforo e nitrogênio. Cabe destacar que, mesmo com a consideração do Atlas Esgotos, Caxambu possui tratamento terciário, realizado por duas lagoas de maturação, como pode ser visto na Figura 18 e Figura 19.

Figura 18 – Lagoa de Maturação I da ETE Caxambu

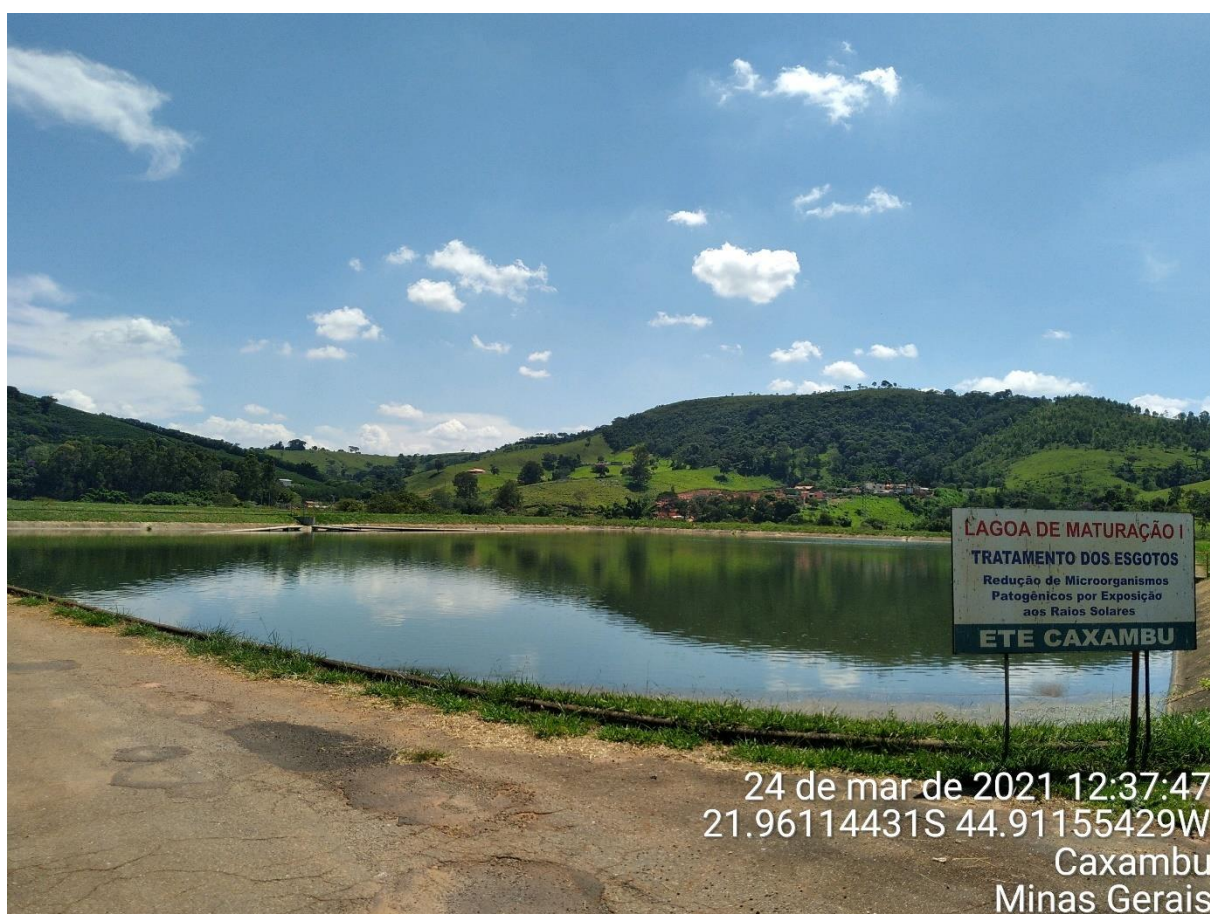


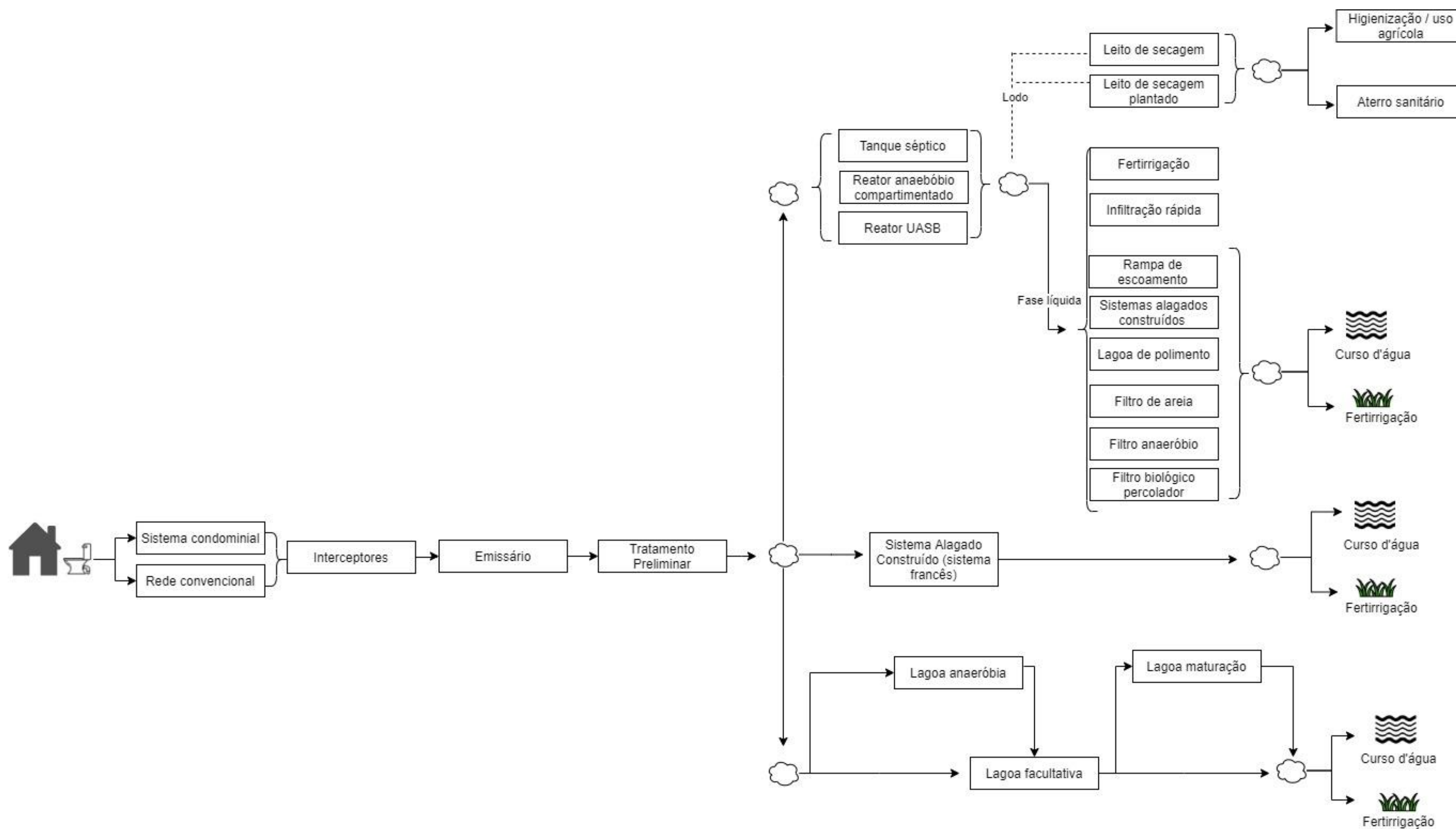
Figura 19 – Lagoa de maturação II da ETE Caxambu



O início da operação da ETE se deu no ano de 2002 e o tratamento do esgoto acontece 24h/dia, com mais de 90% de remoção de DBO, segundo a Copasa. Na ETE Caxambu a lagoa de maturação tem cerca de 0,8m de profundidade e, segundo o prestador de serviços, foram dimensionadas duas lagoas para que se garanta a tratabilidade do efluente em nível terciário caso uma das lagoas precise parar de funcionar para manutenção ou limpeza.

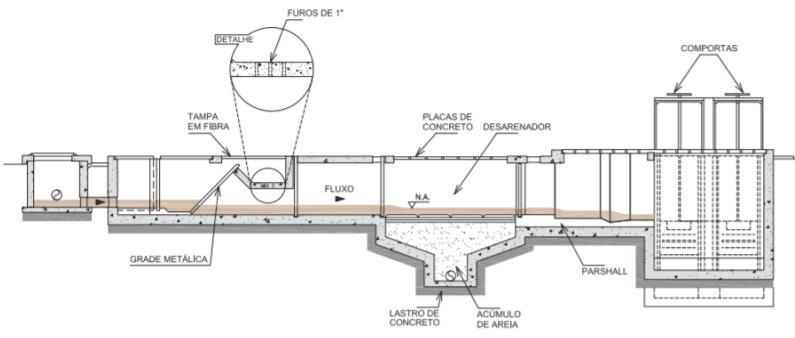
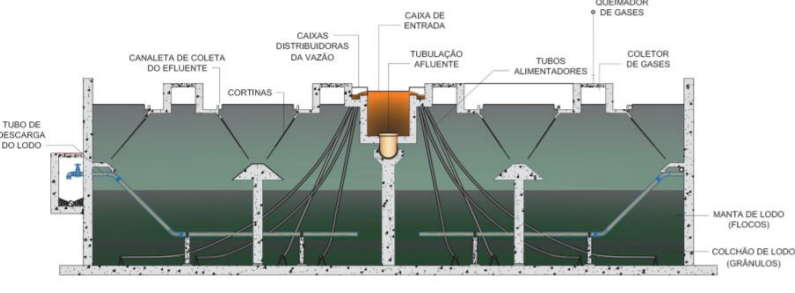
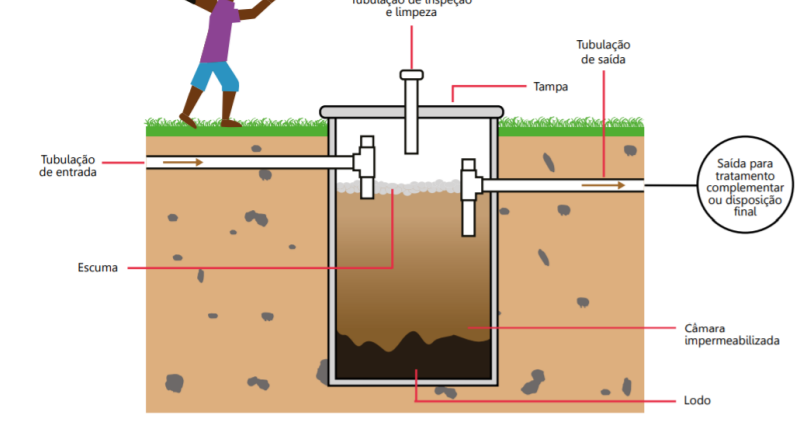
Os bairros rurais de Monjolinho e Laranjeiras, por possuírem residências próximas umas das outras serão considerados com potencial de implantação de sistema coletivo, por isso é necessário analisar a Tabela 41 para identificar qual melhor solução se enquadra em cada caso.

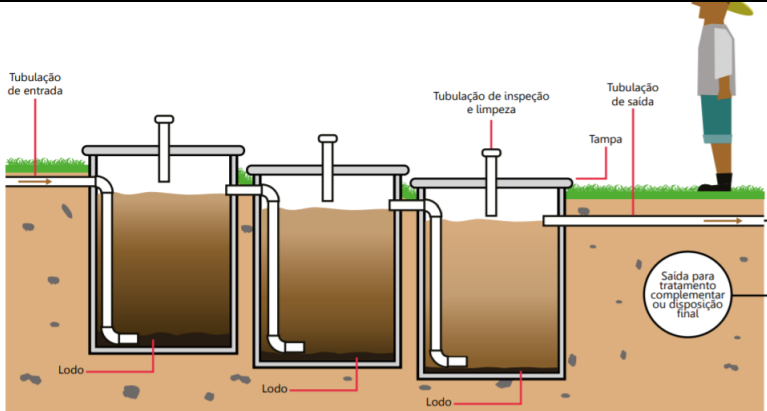
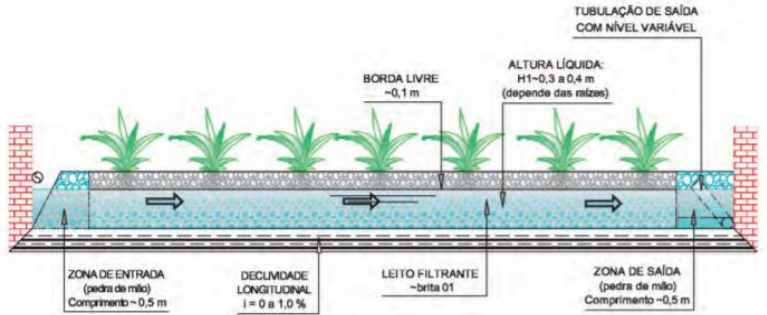
Figura 20 – Alternativas técnicas de esgotamento sanitário para sistemas coletivos

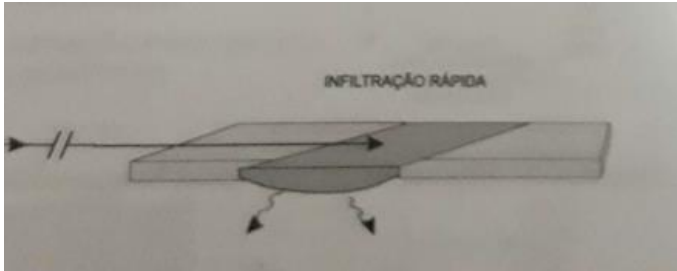
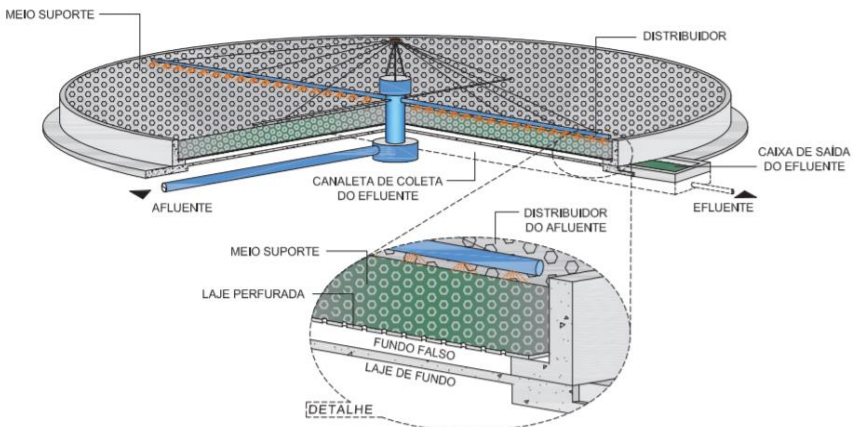


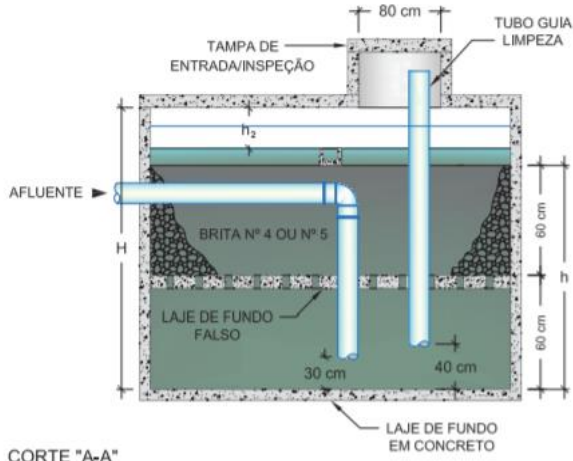
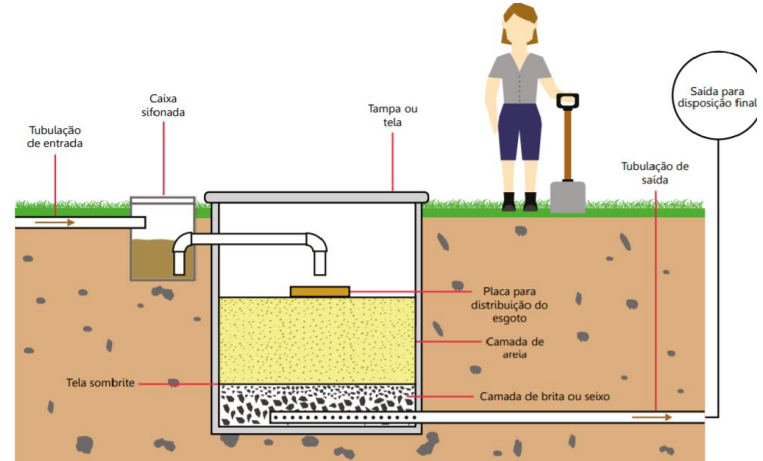
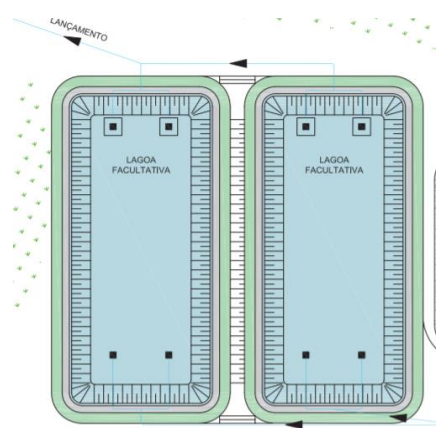
Fonte: Adaptado de Funasa, 2019b

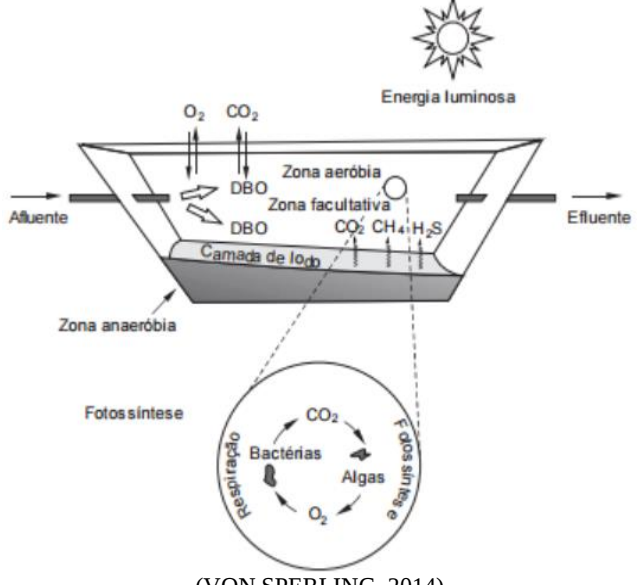
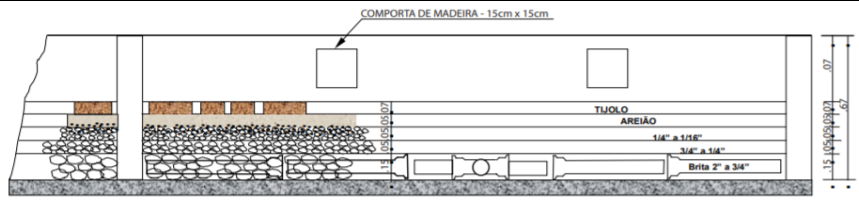
Tabela 41 – Tecnologias de tratamento para sistemas coletivos

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução técnica	Orientações para operação da solução técnica	Indicações ou requisitos
Tratamento preliminar	 (FUNASA, 2019a)	O tratamento preliminar tem como função a remoção de sólidos grosseiros e areia. Constam como tratamento preliminar as seguintes etapas operacionais: grade, medidor de vazão, desarenador. Os custos com essa solução técnica variam a depender das mecanizações instaladas em cada unidade operacional.	Uma parte significativa dos sólidos nos esgotos é compreendida pela matéria orgânica em suspensão. Assim, sua remoção por processos físicos remove parte da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que deveria ser digerida no tratamento secundário, no qual a remoção da DBO é mais custosa. Entre os requisitos de operação do sistema, destacam-se: • Limpar as grades; • Limpar o desarenador; • Limpar a área de entorno das unidades; e • Realizar a destinação final adequada dos resíduos.	-
Reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA/ UASB)	 (FUNASA, 2019a)	O reator UASB é um tratamento secundário que tem como finalidade a remoção anaeróbia da matéria orgânica. Essa solução técnica apresenta baixo custo operacional e reduzido consumo de energia, se houver reaproveitamento do gás emitido do reator.	Geralmente, a partida do processo é lenta, até que se consolide a biomassa formada por microrganismos que degradam a matéria orgânica dos esgotos domésticos. Usualmente o tratamento de esgotos com reator UASB necessita de pós-tratamento, possui baixa produção de lodo e necessita cuidados para não gerar de maus odores. Entre os requisitos de operação do sistema, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspecionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE); • Remover, tratar e destinar a espuma; • Remover, secar, tratar e destinar o excesso de lodo; • Limpar o meio filtrante e substituí-lo, quando necessário; e • Tratar e destinar os resíduos removidos.	Indicado para pequenas áreas. A implantação de reator UASB é condizente com baixa disponibilidade de área.
Tanque séptico	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O tanque séptico é formado por uma câmara que armazena o esgoto por um determinado período de tempo, proporcionando a sedimentação de material sólido e a flutuação de óleos e gorduras. Os sólidos retidos no fundo formam o lodo do tanque séptico, que aloja os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica do esgoto. Essa solução técnica apresenta baixos custos de implantação e operação.	O tratamento de esgotos com tanque séptico usualmente necessita de pós-tratamento, possui baixa produção de lodo, necessita de cuidados para não geração de maus odores, apresenta risco de entupimento, é restrito a afluentes com concentração de sólidos não elevada e apresenta boa resistência à variação de carga orgânica. Entre os requisitos de operação do sistema, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspecionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover, tratar e destinar a espuma; • Remover, secar, tratar e destinar o excesso de lodo; • Limpar o meio filtrante e substituí-lo, quando necessário; e • Tratar e destinar os resíduos removidos.	Indicado para pequenas áreas.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução técnica	Orientações para operação da solução técnica	Indicações ou requisitos
Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O RAC é muito semelhante ao tanque séptico, entretanto, possui múltiplas câmaras em série. Em cada câmara, o esgoto que entra é direcionado para o fundo do compartimento e a saída é feita sempre pela parte superior. Isso permite que o esgoto tenha um maior contato com o lodo que se acumula no fundo de cada câmara. É justamente nesse lodo que se encontram os microrganismos que degradam a matéria orgânica e purificam o esgoto. Essa solução técnica apresenta baixo custo de implantação e operação.	O esgoto, após tratamento pelo RAC, apresenta qualidade superior ao gerado pelo tanque séptico, mas necessita de pós-tratamento. O lodo deve ser removido periodicamente. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover, tratar e destinar a espuma; • Remover, secar, tratar e destinar o excesso de lodo; • Limpar o meio filtrante e substituí-lo, quando necessário; e • Tratar e destinar os resíduos removidos.	Indicado para pequenas áreas.
Sistemas alagados construídos (SAC)	 (FUNASA, 2019a)	Os sistemas alagados construídos, ou <i>wetlands</i>, são compostos por valas com paredes e fundo impermeabilizados, permitindo seu alagamento com o esgoto a ser tratado. Podem ser pouco profundas, dependendo do tipo (horizontal ou vertical), e possuem plantas aquáticas ou macrófitas que atuam na remoção de poluentes, além de proporcionar a fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. Os SAC possuem meio suporte particulado em seu interior (exemplo: areia, brita, seixo rolado). Essa solução técnica apresenta baixo custo e construção, operação e manutenção simples. Os requisitos energéticos são praticamente nulos.	As lagoas construídas apresentam possibilidade de proliferação de mosquitos no sistema de fluxo vertical (sistema francês), são susceptíveis a entupimentos, necessitam de substratos (areia e brita) e apresentam boa resistência à variação de carga orgânica. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Verificar a tendência de entupimento das unidades; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Remover e destinar o lixo, detritos e quaisquer espécies indesejadas de ervas daninhas nas unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Realizar a manutenção dos aterros (taludes); e • Podar e destinar os resíduos vegetais.	Elevados requisitos de área.
Fertirrigação	 (COUTO, 2017)	O efluente pré-tratado é aplicado no solo plantado, sendo as taxas de aplicação determinadas pela capacidade das culturas plantadas e do solo em assimilar o esgoto. A aplicação é realizada no período de desenvolvimento da cultura, por meio da utilização de aspersores ou sulcos. A fertirrigação apresenta baixo custo, mas a operação deve seguir as doses calculadas para o solo e para a cultura utilizada.	Na fertirrigação, a dose de aplicação é intermitente, variando de 3 a 730 cm/ano, e a aplicação é realizada em períodos de estiagem. O efluente não deve ser aplicado em culturas ingeridas cruas e pode ocorrer a presença de mosquitos no local. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar a qualidade da água e das plantas; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover e destinar o lixo, detritos e quaisquer espécies indesejadas de ervas daninhas; e • Podar e destinar os resíduos vegetais.	Solos arenosos não são indicados. A aplicação dessa solução técnica requer elevados requisitos de área.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução técnica	Orientações para operação da solução técnica	Indicações ou requisitos
Infiltração rápida	 (VON SPERLING, 2014)	A técnica de infiltração rápida consiste na infiltração de esgotos pré-tratados no solo, os quais são purificados pelo meio filtrante (solo), constituindo recarga para lençol subterrâneo. As águas podem ser expostas por bacias rasas ou valas de infiltração. A adoção dessa solução é restrita a solos de alta permeabilidade. Essa solução técnica apresenta baixo custo de implantação e operação.	A infiltração no solo apresenta potencial para contaminação do lençol freático com nitrato, caso não sejam seguidas as recomendações técnicas relativas às doses de aplicação. Essa técnica pode ser realizada durante todo o ano, mas necessita de dias de pousio. A dose de aplicação varia de 550 a 15.000 cm/ano. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar a qualidade da água e das plantas; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover e destinar o lixo, detritos e quaisquer espécies indesejadas de ervas daninhas; e • Podar e destinar os resíduos vegetais.	Depende da capacidade de infiltração do solo (para solos permeáveis) e da altura do lençol freático. Requer área média e a localização deve ser afastada da vizinhança.
Rampa de escoamento superficial	 (FUNASA, 2019a)	Os esgotos são lançados na parte superior da rampa vegetada inclinada e recolhidos na parte inferior; o crescimento das plantas proporcionará proteção do solo contra erosão. Necessita de aspersores ou tubos janelados. Essa solução técnica apresenta baixo custo de implantação e operação.	A rampa de escoamento superficial apresenta menor dependência das características do solo, mas requer cuidados com o surgimento de caminhos preferenciais do efluente. Os fatores limitantes são a salinidade do solo e a fitotoxicidade para as plantas. As doses de aplicação variam de 240 a 730 cm/ano. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar a qualidade da água e das plantas; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover e destinar o lixo, detritos e quaisquer espécies indesejadas de ervas daninhas; e • Podar e destinar os resíduos vegetais.	Indicada para locais com extensa área disponível e com temperaturas elevadas.
Filtro biológico percolador	 (FUNASA, 2019a)	O filtro biológico percolador é um tanque de forma cilíndrica, preenchido com material suporte, como pedras. O afluente é aplicado em fluxo descendente e atravessa o meio filtrante. A matéria orgânica é consumida pelos microrganismos presentes no biofilme aderido ao material suporte. Essa solução técnica apresenta elevados custos de implantação.	O filtro biológico percolador é caracterizado por elevada perda de carga, necessidade de tratamento completo no lodo gerado (quando não empregado após o reator UASB) e baixa eficiência na remoção de coliformes. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Monitorar a produção de lodo no sistema de tratamento; • Verificar a ocorrência de empoçamento na superfície do filtro; • Verificar a ocorrência de proliferação excessiva de moscas; • Verificar o sistema de drenagem de fundo da unidade e eliminar acúmulo indevido de sólidos; • Limpar o meio filtrante e substituí-lo, quando necessário; e • Tratar e destinar os resíduos removidos	Indicado para locais com reduzida área. Relativa dependência da temperatura do ar.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução técnica	Orientações para operação da solução técnica	Indicações ou requisitos
Filtro anaeróbio	 (FUNASA, 2019a)	O filtro anaeróbio é formado por uma câmara preenchida com material filtrante, que permite a fixação de microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica dissolvida. O filtro pode apresentar um compartimento inferior sem recheio (fundo falso), com a função de reter o lodo produzido, que também possui microrganismos responsáveis pelo tratamento. Essa solução técnica apresenta baixos custos de implantação e operação.	Na operação do filtro anaeróbio, todo o material filtrante deve ser mantido afogado, isto é, totalmente preenchido com esgoto para evitar a oxigenação do meio. Para o preenchimento do filtro anaeróbio, deve-se escolher um material filtrante que não apresente alterações em sua composição a longo prazo, sendo recomendado um material leve, resistente e com tamanho uniforme. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Monitorar a produção de lodo no sistema de tratamento; • Verificar a ocorrência de empoçamento na superfície do filtro; • Verificar a ocorrência de proliferação excessiva de moscas; • Verificar o sistema de drenagem de fundo da unidade e eliminar acúmulo indevido de sólidos; • Limpar o meio filtrante e substituí-lo, quando necessário; e • Tratar e destinar os resíduos removidos.	Indicado para locais com reduzida área.
Filtro de areia	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	Os filtros de areia são formados por uma camada superior de areia seguida de camadas de outros materiais filtrantes com partículas de maior tamanho (exemplos: pedrisco, brita ou seixo rolado). O tratamento ocorre pela filtração de partículas do esgoto e pela degradação da matéria orgânica por microrganismos presentes na areia e demais materiais filtrantes. Essa solução técnica apresenta baixos custos de implantação e operação.	Para os filtros de areia, o uso continuado pode gerar entupimento (colmatação) da camada superior de areia. O esgoto deve ser aplicado sobre toda a área superficial de areia, da maneira mais homogênea possível; A NBR 13.969/ 1997 recomenda uma taxa de aplicação diária de esgoto de, no máximo, 200 L/m². Já para a vala de filtração, a mesma norma recomenda uma taxa de aplicação diária de, no máximo, 100 L/m². Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Verificar a tendência de entupimento das unidades; monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades. Monitorar e reparar o cercamento da ETE. • Limpar o meio filtrante e substituí-lo, quando necessário; e • Tratar e destinar os resíduos removidos.	-
Lagoa facultativa	 (FUNASA, 2019a)	No sistema de lagoas facultativas, o esgoto afluyente entra em uma extremidade da lagoa e sai pela outra; assim, parte da matéria orgânica sedimenta, formando o lodo de fundo. A matéria orgânica dispersa no corpo d'água tem sua decomposição realizada pelas bactérias facultativas. Essa solução técnica apresenta construção e operação muito simples e reduzidos custos, além de requisitos energéticos praticamente nulos. A eficiência de desenvolvimento do sistema varia de acordo com condições climáticas (temperatura e insolação) e apresenta possibilidade de crescimento de insetos.	Na operação do sistema de lagoas facultativas, a remoção do lodo é realizada após longo período (20 anos). Não possui necessidade de equipamentos. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Limpar as caixas e tubulações; • Remover os sólidos flutuantes (escuma e macrófitas); • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Inspeccionar os taludes e as condições de impermeabilização das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover, tratar e destinar o lodo; e • Remover a vegetação que porventura se desenvolva nos taludes internos.	Elevado requisito de área e necessidade de temperatura elevada.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução técnica	Orientações para operação da solução técnica	Indicações ou requisitos
Lagoa anaeróbia	 (VON SPERLING, 2014)	Essa lagoa possui menor área superficial e maior profundidade em comparação com a lagoa facultativa; a fotossíntese quase não ocorre, predominando, assim, condições anaeróbias no meio. Para a operação não são necessários custos elevados, devido ao fato de a decomposição da matéria orgânica ser realizada por bactérias.	Apesar de ser considerado como simples operação, deve-se atentar quanto à superfloração de algas nas lagoas e os maus odores que são liberados na decomposição anaeróbica. Necessidade razoável de remoção de lodo. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Limpar as caixas e tubulações; • Remover os sólidos flutuantes (escuma e macrófitas); • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Inspeccionar os taludes e as condições de impermeabilização das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover, tratar e destinar o lodo; e • Remover a vegetação que porventura se desenvolva nos taludes internos.	As lagoas anaeróbias necessitam de áreas inferiores às das lagoas facultativas; necessidade de afastamento de vizinhança (maus odores).
Lagoa de maturação e lagoas de polimento	 (SANTOS, s.d.)	Possibilita um polimento do efluente, para remoção de patógenos. Muito econômica se comparada à desinfecção dos efluentes existentes.	As lagoas de maturação e lagoas de polimento são rasas, possuem elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido. Apresentam elevada eficiência na remoção de patógenos e possuem total remoção de ovos de helmintos. A operação é simples, mas requer cuidados com a área do entorno. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Limpar as caixas e tubulações; • Remover os sólidos flutuantes (escuma e macrófitas); • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; • Inspeccionar os taludes e as condições de impermeabilização das unidades; • Monitorar e reparar o cercamento da ETE; • Remover, tratar e destinar o lodo; e • Remover a vegetação que porventura se desenvolva nos taludes internos.	Indicado para locais com extensa área disponível para as lagoas de polimento e com temperaturas elevadas.
Leito de secagem	 (FUNASA, 2019a)	Os leitos de secagem, ao receberem esgoto pré-tratados, realizam a redução da umidade, com a drenagem e evaporação da água. Essa solução técnica apresenta baixo custo de implantação e operação.	Os leitos de secagem podem ser cobertos ou livres, dependendo das condições pluviométricas locais. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Remover (depois de 20 a 40 dias), tratar e destinar o lodo; • Em caso de leito plantado, realizar a poda; • Inspeccionar a integridade física e estrutural das unidades; e • Monitorar e reparar o cercamento da ETE.	A depender das condições pluviométricas locais. Necessidade de área média.

Funasa, 2018; Funasa, 2019a; Funasa, 2019b; Tonetti e colaboradores, 2018; von Sperling, 2014; Matos e Matos, 2017

5.2.1.2. Soluções Individuais

Em um recorte segundo a situação do domicílio, estima-se que sete em cada dez pessoas que não possuem serviços básicos de saneamento, como acesso ao banheiro e à água tratada, em todo o mundo, vivem em áreas rurais (JMP, 2019, p. 8). Dessa forma, um olhar para o rural se faz necessário a fim de reduzir as lacunas de desigualdades que foram criadas entre rural-urbano, ao longo dos anos, na prestação dos serviços de saneamento no Brasil.

As soluções individuais são adotadas no escopo unifamiliar, com dois ou mais domicílios da mesma família. Longe de serem tecnologias inferiores ou precárias - quando comparadas às tecnologias robustas utilizadas nos centros urbanos -, as soluções individuais para o esgoto doméstico apresentam variáveis que devem ser observadas, tais como as características *físicas*; *ambientais*; *econômicas*; *culturais* e *demográficas* de cada local (Tabela 42). Esse cenário traz desafios na escolha das instalações sanitárias e no tipo de tratamento a ser implantado.

Tabela 42 – Características que influenciam na escolha da solução técnica

Densidade demográfica	Tipo de esgoto gerado	Física e Ambiental	Socioeconômica	Sociocultural
Distribuição dos domicílios no território: dispersos ou aglomerados em vilas, distritos.	Se há separação do esgoto de bacias sanitárias das águas cinzas, proveniente de pias, tanque, máquina de lavar, e chuveiros.	• Tipo de solo (arenoso, argiloso etc.); • Profundidade do lençol freático; • Presença de nascentes e cursos d'água superficiais; • Disponibilidade hídrica; • Clima; • Área disponível.	• Custo da implantação, operação e manutenção; • Condições financeiras da população; • Demanda de energia.	• Compreensão dos costumes e hábitos locais; • Aceitação da população; • Formas de organização social e cultural local.

Fonte: Projeto SanBas/UFGM, 2020

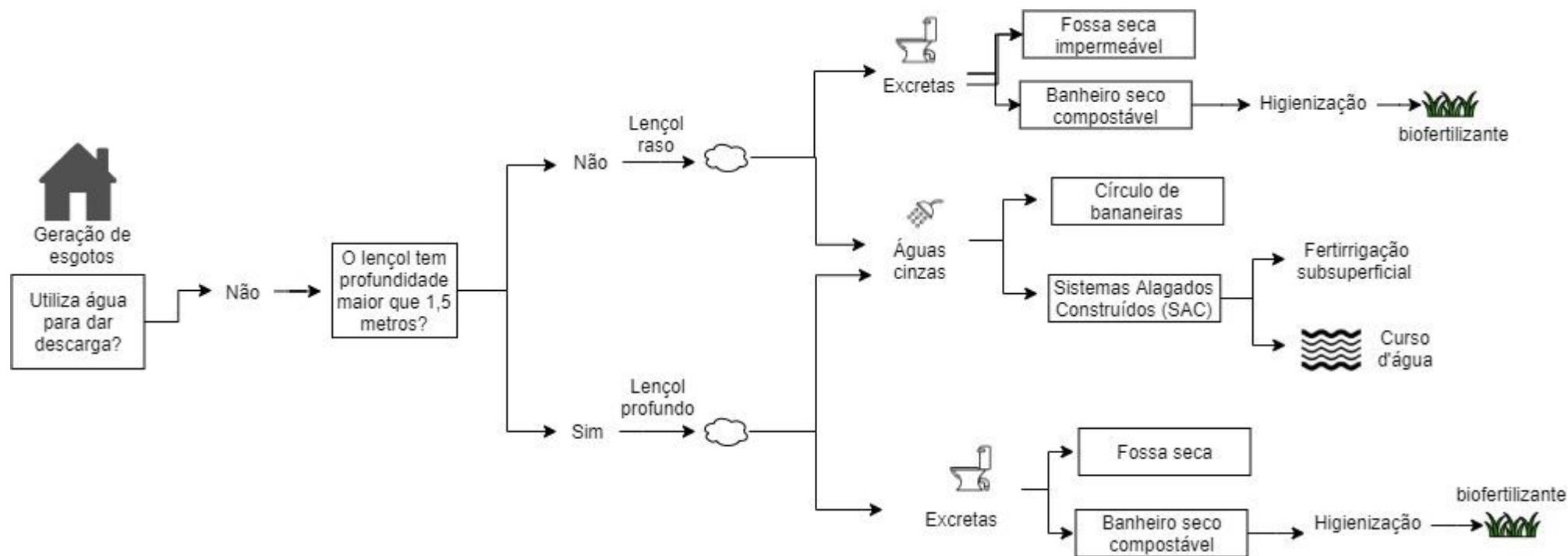
Uma distinção sobre os esgotos domésticos deve ser feita a fim de direcionar para o melhor tratamento local, sendo considerado como as águas cinzas, oriundas da pia da cozinha, lavatório, chuveiro e tanque, e águas fecais, oriundas do vaso sanitário, ou excretas quando não há veiculação hídrica.

Para avaliar o risco de contaminação pela infiltração do esgoto é preciso conhecer a profundidade do lençol freático. Dessa maneira, consegue-se determinar quais tecnologias não oferecem risco de contaminação, adotando unidades de tratamento com impermeabilização do solo. Por isso, a profundidade do lençol freático foi inserida na escolha das alternativas técnicas de esgotamento sanitário para sistemas individuais,

apresentadas na Figura 21 e na Figura 22. Na Tabela 43 são descritas as características das tecnologias de tratamento para sistemas individuais.

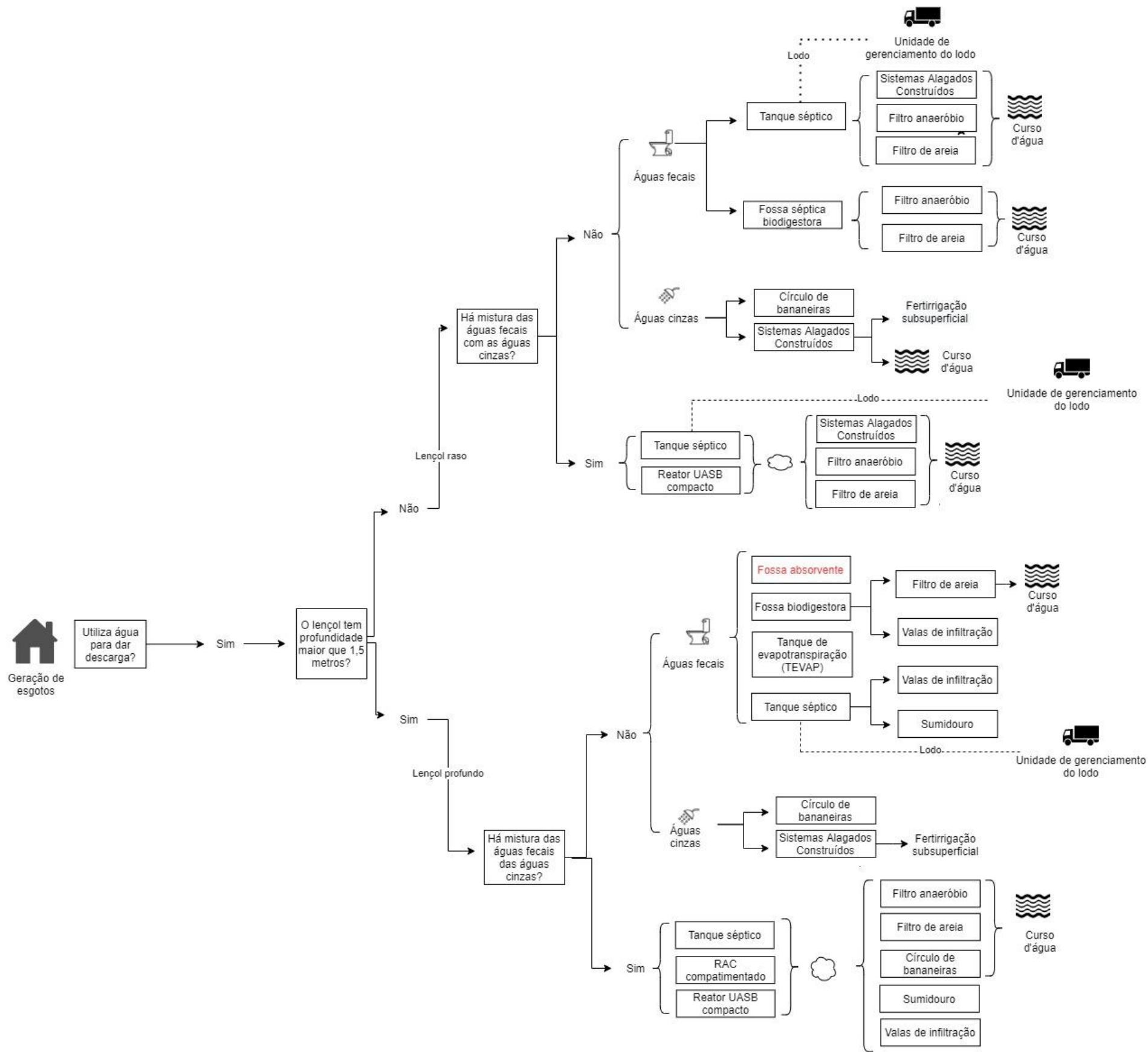
Para as soluções individuais, foram consideradas técnicas que já são utilizadas no município e as técnicas passíveis de utilização, de acordo com a realidade local. Destaca-se que se deve promover diálogo com a comunidade local para verificar qual a tecnologia mais adequada à realidade da população, segundo suas condições culturais, sociais e econômicas, com os recursos necessários para o investimento.

Figura 21 – Alternativas técnicas de esgotamento sanitário para sistemas individuais sem veiculação hídrica



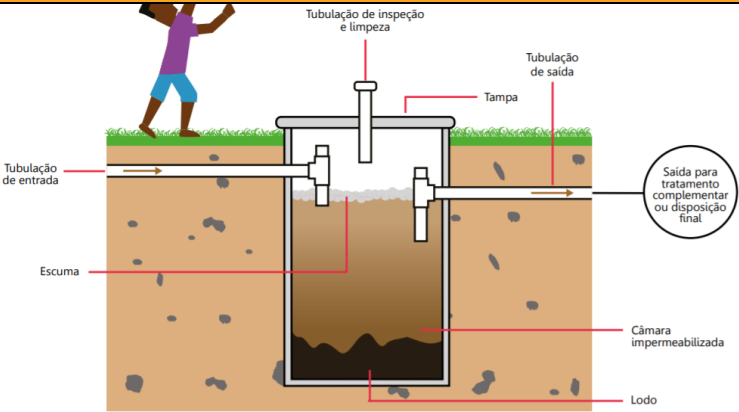
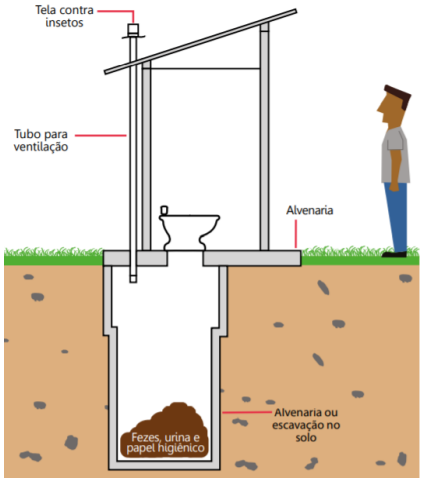
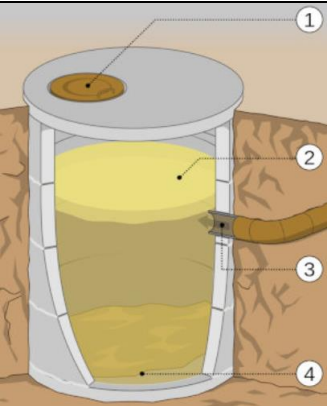
Fonte: Adaptado de Funasa 2019a; Tonetti e colaboradores, 2018

Figura 22 – Alternativas técnicas de esgotamento sanitário para sistemas individuais com veiculação hídrica

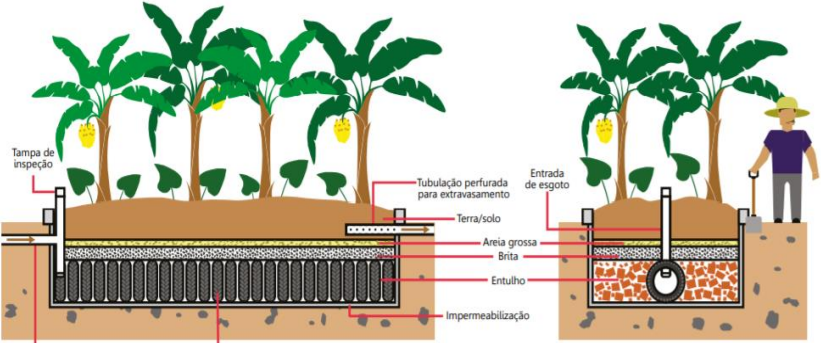
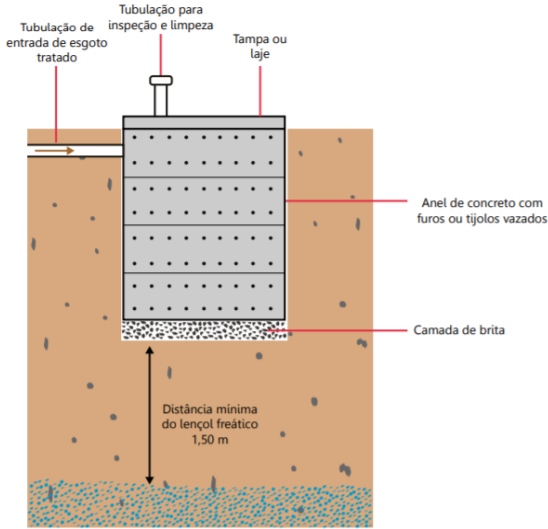


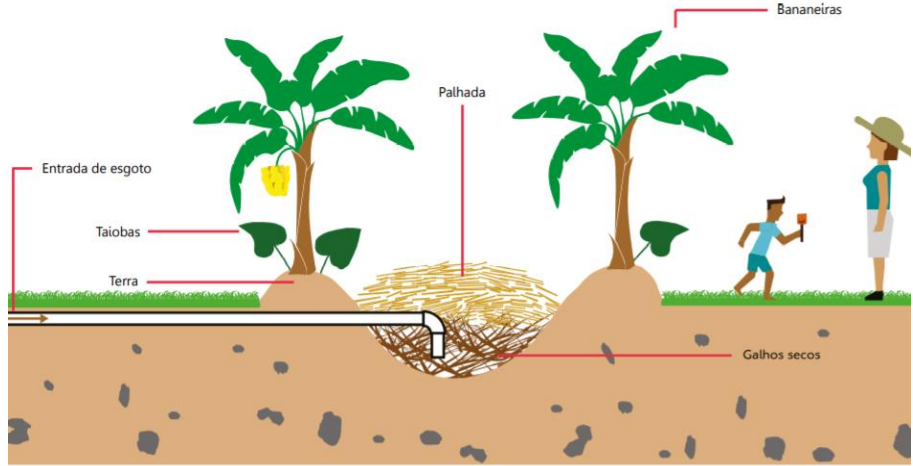
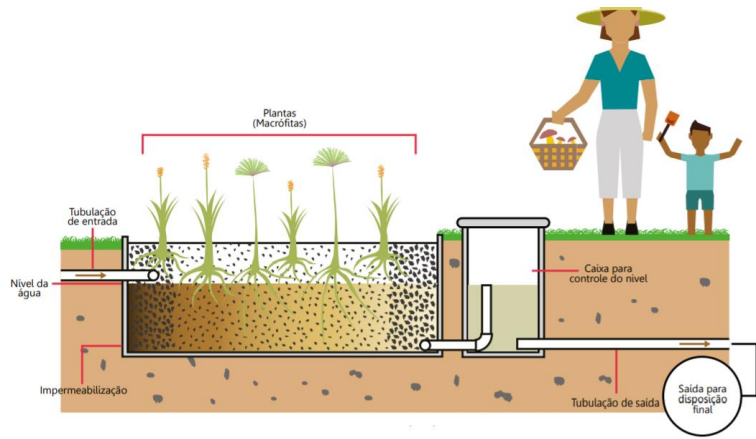
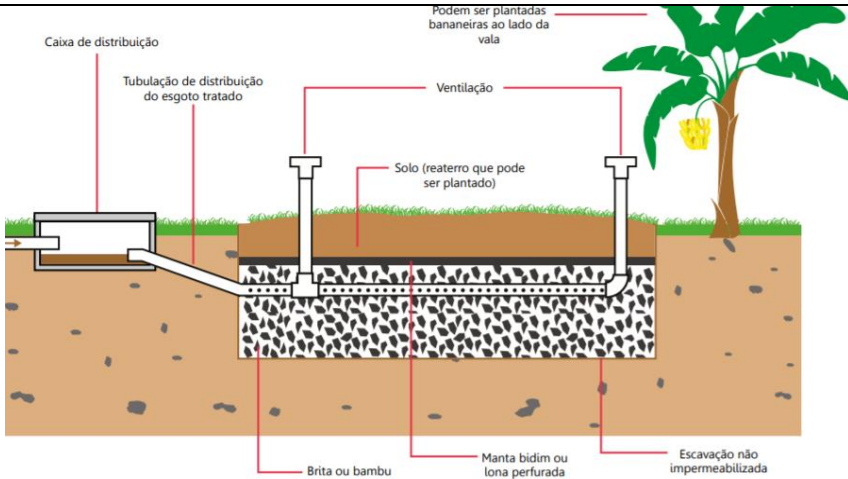
Fonte: Adaptado de Funasa 2019a; Tonetti e colaboradores, 2018

Tabela 43 – Tecnologias de tratamento de esgotos domésticos para sistemas individuais

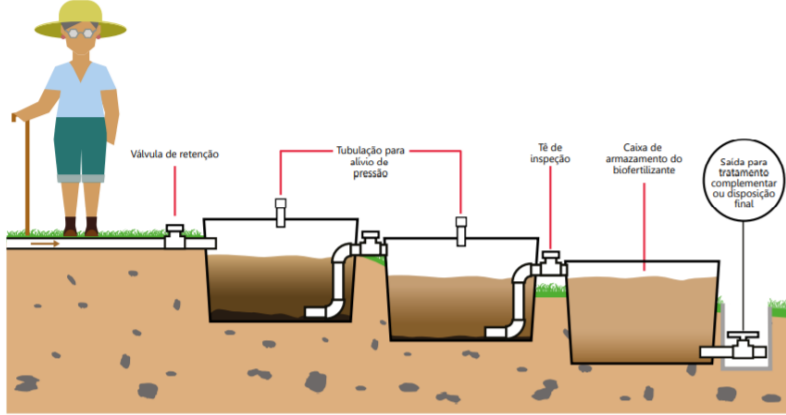
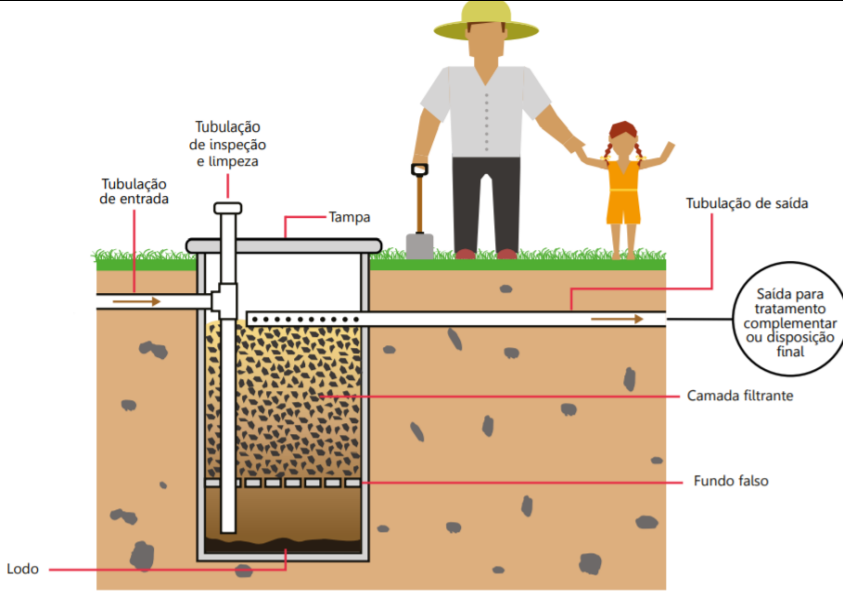
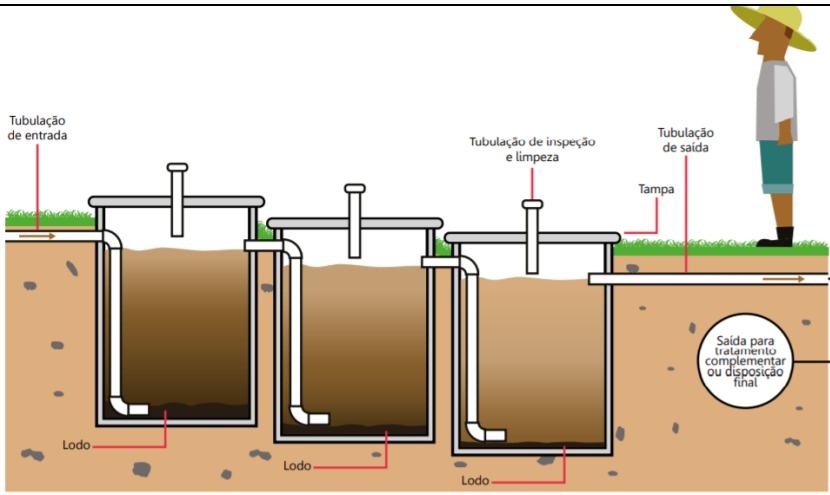
Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução tecnológica	Orientações de operação da solução técnica	Localização
Tanque séptico	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O tanque séptico constitui-se de uma câmara que condiciona os sólidos à sedimentação e à digestão do lodo anaerobicamente. No tocante ao aspecto construtivo, o tanque séptico é instalado em um buraco revestido com manilhas de concreto armado, alvenaria, com impermeabilização das laterais e do fundo. Essa solução técnica é considerada uma solução simples e de fácil manutenção, apresentam custo médio e baixa frequência de manutenção (uma vez ao ano).	Deve ser realizada a remoção do lodo que se concentra no fundo do tanque séptico, por meio de sucção através da caixa de inspeção pelo caminhão limpa fossa, não havendo contato direto com as pessoas. Necessita de pós tratamento. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar as condições de funcionamento das unidades; • Remover, tratar e destinar o lodo.	Adequado para situações de lençol freático raso, em razão da impermeabilização do tanque, evitando-se a contaminação do lençol freático.
Privada higiênica com fossa seca	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	Essa solução dispõe de uma casinha, para proteção e abrigo da pessoa. A fossa seca constitui-se de uma escavação feita no solo, com ou sem revestimento, a depender da coesão do solo. No tocante ao aspecto construtivo, a privada higiênica com fossa seca é instalada em buraco revestido com manilhas de concreto armado, tijolos, madeiras, com revestimento do fundo.¹ Essa solução técnica é considerada como de construção simples e de fácil manutenção, apresentam custo médio e média frequência de manutenção (duas a quatro vezes ao ano).	Devido aos odores da decomposição da matéria orgânica pela ação das bactérias é indicado a utilização de tubo de ventilação e inserir tela contra moscas. Após seu enchimento o buraco deve ser aterrado com terra ou pedras. Essa solução não dispõe de veiculação hídrica, ou seja, sem utilização de água, apenas as fezes, urina e papel higiênico devem ser destinados na fossa seca. Se houver mau cheiro e presença de insetos é recomendada a cobertura dos dejetos com cal, cinza ou terra. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Adicionar matéria orgânica seca, após cada uso. • Alternar o uso das câmaras, a cada 6 meses, ou sempre que necessário, no caso de fossas geminadas; • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar as condições de funcionamento das unidades; • Promover a limpeza, tratamento e disposição adequada dos resíduos gerados.	Construir em locais que não são susceptíveis a inundação ou enchentes e distantes dos pontos de captação de água, na parte inferior do terreno.
Fossa absorvente		Constitui-se de uma câmara que condiciona os sólidos à sedimentação e à digestão do lodo anaerobiamente. No tocante ao aspecto construtivo, a fossa absorvente é implantada em buraco escavado em solo, com laterais de alvenaria, pedras ou concreto. Essa solução técnica é considerada como construção simples. Não requer elevado investimento, apresenta custo baixo e média frequência de manutenção.	Por se tratar de apenas uma unidade há riscos de o solo colmatar¹³ e perder sua capacidade de infiltração, havendo, assim, necessidade de abertura de uma nova fossa absorvente. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; desobstruir as caixas e tubulações; • Alternar o uso de cada unidade, a cada 12 meses, ou sempre que necessário; • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades;	São adequadas para solos permeáveis e estáveis, com lençol freático profundo. Distante do ponto de captação de água e de outras habitações.

¹³ O processo de acolmatção consiste no fenômeno acúmulo de sólido nos poros do solo, provocando o entupimento das mesmas e reduzindo, assim, a capacidade de infiltração do solo.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução tecnológica	Orientações de operação da solução técnica	Localização
	(REMESZ, s.d.)		• Monitorar as condições de funcionamento das unidades.	
Tanque de evapotranspiração	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O tanque de evapotranspiração é uma vala de alvenaria com compartimento interno (câmara) e externo (filtro de material poroso). O líquido e nutrientes restantes são consumidos pelas raízes pela vegetação plantada acima da estrutura. No tocante ao aspecto construtivo, a vala do tanque de evapotranspiração deve ser impermeabilizada. A parte interna da estrutura é uma câmara composta por pneus ou outro material; a parte interna, ou meio poroso é constituído de entulho, casca de coco e material terroso, onde são cultivadas as plantas, como bananeiras, taiobas. Essa solução técnica apresenta baixa frequência de manutenção (uma vez por ano) e custo de investimento médio.	A terra que fica acima da estrutura não deve ficar exposta. É indicada a construção de tubos de inspeção e verificação. Os compostos advindos do efluente são aproveitados para o cultivo de plantas. Todavia, não são recomendáveis o plantio e consumo de hortaliças e demais plantas cujas raízes ou frutos são colhidos do solo. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Realizar a manutenção da cobertura com folhas e palha, para evitar a interferências das águas pluviais • Monitorar das condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar das condições de funcionamento das unidades; • Manejar as plantas; • Substituir a vegetação e meio filtrante, em caso de entupimento; destinar os resíduos vegetais.	Adequado para situações de lençol freático raso em razão da impermeabilização do tanque, evitando-se a contaminação do lençol freático.
Sumidouro	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O sumidouro configura-se uma escavação no terreno para a disposição do efluente do tanque séptico. No tocante ao aspecto técnico, o sumidouro é implantado em buraco revestido de tijolos com aberturas nas laterais ou outro material que permita a infiltração do efluente no terreno. Essa solução técnica é considerada de baixo custo de implantação e operação.	O sumidouro deve ser inspecionado semestralmente para avaliar sua capacidade de absorção. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Alternar o uso de cada unidade, a cada 12 meses, ou sempre que necessário; • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar as condições de funcionamento das unidades.	Construção indicada em locais cuja percolação do solo é elevada e onde o lençol freático é profundo. Distantes dos pontos de captação de água, na parte inferior do terreno. E com residências dispersas uma das outras.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução tecnológica	Orientações de operação da solução técnica	Localização
Círculo de bananeiras	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O círculo de bananeiras é considerado um tratamento complementar no qual o efluente é encaminhado para uma vala meio circular com pedras ao fundo, troncos e restos vegetais. Na superfície é realizada a cobertura de palhas. No tocante ao aspecto construtivo, a escavação do buraco pode ser feita manualmente ou por meio de máquinas. Não deve ser impermeabilizado e de ser no formato de prato fundo. Essa solução técnica é considerada de baixo custo e de simples construção. A frequência de manutenção é de duas a quatro vezes por ano.	Indicado para o tratamento de águas cinzas, por ser uma tecnologia de simples operação e construção. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Realizar a manutenção da cobertura com folhas e palha, para evitar interferência das águas pluviais; • Colher os frutos; • Monitorar as condições físicas e estruturais da unidade; • Monitorar as condições de funcionamento da unidade; • Substituir o material de enchimento a cada 3 anos; • Manejar as plantas.	Construção indicada em locais cuja percolação do solo é elevada. Distantes dos pontos de captação de água, na parte inferior do terreno. E com residências dispersas uma das outras.
Sistemas Alagados Construídos (SAC) ou wetlands	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	Unidade utilizada para o tratamento de águas cinzas ou esgoto doméstico previamente tratado. No tocante ao aspecto construtivo, os sistemas alagados construídos tratam-se de valas retangulares, com paredes com fundo impermeabilizado para o alagamento da área com esgoto. O tratamento é feito através da absorção da matéria orgânica e poluentes pelas plantas aquáticas ou macrófitas que são plantadas nas superfícies das valas. Essa solução técnica é considerada de alto custo. A frequência de manutenção é de duas a quatro vezes por ano.	Demanda cuidados com a entrada de sólidos grosseiros e gordura no sistema, necessitando de pré-tratamento para não ocorrer entupimentos. O nível de efluente na unidade deve ser subsuperficial para evitar empoçamento e proliferação de larvas. As espécies de plantas aquáticas escolhidas devem ser de rápido crescimento em sistemas alagados e propagação. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno da unidade; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar as condições de funcionamento das unidades; • Manejar as plantas; • Substituir a vegetação e meio filtrante, em caso de entupimento; • Destinar os resíduos vegetais.	Necessitam de considerável disponibilidade de área.
Valas de infiltração	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	Trata-se de valas escavadas, com inserção de tubos perfurados para percolação do efluente do tanque séptico. No tocante ao aspecto construtivo, as valas de infiltração são valas escavadas no terreno, sem impermeabilização do solo, com tubos perfurados em cima de pedras ou outro material que ofereça meio suporte. Essa solução técnica é considerada econômica e de simples construção.	Para maior eficiência do sistema e, conseqüentemente, do tratamento é preciso a aplicação intermitente do efluente nos canais do sistema das valas. O plantio de árvores nas proximidades da vala deve ser evitado para que as raízes das plantas não comprometam o funcionamento adequado do sistema. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar as condições de funcionamento das unidades.	Necessitam de considerável disponibilidade de área e de solos permeáveis, não recomendado em solos saturados.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução tecnológica	Orientações de operação da solução técnica	Localização
Filtros de areia	(TONETTI e colaboradores, 2018)	Os filtros de areia são unidades construídas sobre o solo para filtrar em areia grossa o efluente advindo do tanque séptico. No tocante ao aspecto construtivo, os filtros de areia podem ser de concreto ou alvenaria, podendo ser semienterrados ou enterrados. Essa solução técnica apresenta custo variável a depender do tipo de solo e de filtro a ser implantado. Necessidade de manutenção é alta (mais de cinco vezes por ano).	Ao final do tratamento o efluente pode ser disposto no ambiente ou reaproveitado, devido a elevada remoção de matéria orgânica que o tratamento combinado consegue alcançar. Esta solução é adotada quando não há formas de utilizar valas de infiltração ou sumidouro. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações. • Limpar o filtro e destinar os resíduos removidos.	Este sistema combinado de tecnologias é indicado quando há risco de poluição do lençol freático, não sendo possível, assim, a percolação do efluente no solo.
Reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB) compacto	(TONETTI e colaboradores, 2018)	O reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA, ou UASB na expressão em inglês) compacto é uma unidade de tratamento de esgotos domésticos na qual o esgoto entra em uma câmara (reator) pela parte inferior, percorrendo o interior até sua saída no topo. No tocante ao aspecto construtivo, o reator UASB compacto pode ser construído com tubos plásticos, anéis de concreto (zimbras), alvenaria ou qualquer outro material que garanta a sua impermeabilização e que tenha o tamanho adequado. Há modelos econômicos sendo implantados, principalmente, no contexto unifamiliar, porém com custo da ordem de R\$1.500 a R\$2.500 (TONETTI e colaboradores, 2018).	Devido aos odores da decomposição das bactérias é indicado a utilização de tubo de ventilação em razão da liberação de gases que provocam mau cheiro. Requer a instalação de caixa de gordura para evitar a entrada de excesso de gordura e sólidos sedimentáveis no tanque do reator, o que pode prejudicar seu pleno funcionamento. Necessita de pós tratamento. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar as condições físicas e estruturais das unidades; • Monitorar as condições de funcionamento das unidades.	Construir em locais que não são susceptíveis a inundação ou enchentes e distantes dos pontos de captação de água, na parte inferior do terreno.
Banheiro seco compostável	(TONETTI e colaboradores, 2018)	Consiste no confinamento dos dejetos em câmara impermeabilizada localizada abaixo do acento de evacuação. Adiciona-se serragem para realização da compostagem do material. No tocante ao aspecto construtivo, utiliza-se para a câmara alvenaria impermeabilizada ou recipiente de plástico (bombona). É comum a construção de dois acentos e duas câmaras, em duplicidade. A urina pode ser coletada em um vaso separador e pode ser tratada juntamente com as águas cinzas. O custo pode variar de baixo a médio, dependendo do material a ser utilizado. A frequência de manutenção é alta (cinco vezes por ano).	Às fezes nunca devem ficar expostas ao ar livre, deve ser utilizada material secante (cal, serragem, folhas secas) para sua desidratação e alcalinização do material. Há risco de contaminação durante o manejo, deve ser utilizado equipamento de proteção individual (EPI), especialmente luvas. Entre os requisitos de operação, destaca-se que o material que será composto deve ser levado para uma pilha de compostagem, no qual deve ficar 6 meses para gerar composto rico em nutrientes. No caso de terem dois assentos e duas câmaras o material já sai pronto para uso (após 6 meses de armazenamento inativo).	O banheiro seco compostável pode ser construído em uma casinha separada ou no próprio domicílio.

Tecnologia	Ilustração	Descrição da solução tecnológica	Orientações de operação da solução técnica	Localização
Fossa séptica biodigestora	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	Destinada somente para tratamento de águas fecais. É composta por três caixas d'água conectadas, onde ocorre a degradação da matéria orgânica e sua transformação em biofertilizante. No tocante ao aspecto construtivo, a fossa séptica biodigestora pode ser construída com diversos materiais: caixas de fibrocimento ou fibra de vidro, anéis de concreto, caixas de polipropileno (estas não podem ser enterradas pois se deformam). As tampas devem ser pintadas de preto e devem ser instalados tubos de respiros. O custo de implantação é alto. A frequência de manutenção é alta (cinco vezes por ano).	Essa solução técnica necessita de pós-tratamento. O biofertilizante deve ser manipulado com EPI e usado somente em frutíferas, não sendo possível sua utilização em hortaliças, verduras ou frutas que crescem rente ao solo. Também não devem ser coletadas frutas do chão em áreas onde o biofertilizante foi aplicado Não deve ser jogado papel no vaso sanitário e a limpeza deve ser realizada somente com sabão neutro. Entre os requisitos de operação, destaca-se que as águas fecais da primeira caixa são conduzidas para a segunda, através de uma tubulação que se inicia no fundo da primeira caixa. O mesmo processo é repetido na segunda caixa. A terceira caixa serve de reservatório para o biofertilizante produzido, antes de ser aplicado.	Necessita de disponibilidade de área. Não deve ser construída em área alagada para evitar entrada de água de chuva no sistema.
Filtro anaeróbio	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O filtro anaeróbio é formado por uma câmara preenchida com material filtrante, que permite a fixação de microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica dissolvida. O filtro pode apresentar um compartimento inferior sem recheio (fundo falso), com a função de reter o lodo produzido, que também possui micro-organismos responsáveis pelo tratamento. No tocante ao aspecto construtivo, o filtro anaeróbio pode ser construído com anéis de concreto, em alvenaria, ou qualquer outro material que garanta a impermeabilização das paredes e do fundo. Normalmente, a entrada de esgoto é realizada na parte inferior do filtro. Essa solução técnica apresenta médio custo de implantação e operação.	Todo o material filtrante deve ser mantido afogado, isto é, totalmente preenchido com esgoto para evitar a oxigenação do meio. Para o preenchimento do filtro anaeróbio, deve-se escolher um material filtrante que não apresente alterações em sua composição a longo prazo, sendo recomendado um material leve, resistente e com um tamanho uniforme alternativos. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Monitorar e garantir a eficiência das unidades; • Monitorar a produção de lodo no sistema de tratamento; • Verificar a ocorrência de empoçamento na superfície do filtro; • Verificar o sistema de drenagem de fundo da unidade e eliminar acúmulo indevido de sólidos; • Limpar o meio filtrante, e substituí-lo, quando necessário; • Tratar e destinar os resíduos removidos.	Indicado para locais com reduzida área.
Reator anaeróbio compartimentado (RAC)	 (TONETTI e colaboradores, 2018)	O RAC é muito semelhante ao tanque séptico, entretanto possui múltiplas câmaras em série. Em cada câmara, o esgoto que entra é direcionado para o fundo do compartimento e a saída é feita sempre pela parte superior. Isso permite que o esgoto tenha um maior contato com o lodo que se acumula no fundo de cada câmara. É justamente nesse lodo que se encontram os micro-organismos que degradam a matéria orgânica e purificam o esgoto. No tocante ao aspecto construtivo, o RAC pode ser construído com anéis de concreto, alvenaria, bombonas plásticas, caixas d'água, ou qualquer outro material que garanta a sua impermeabilização. Essa solução técnica apresenta alto custo de implantação e operação.	O esgoto após tratamento pelo RAC apresenta qualidade superior ao gerado pelo tanque séptico, porém necessita de pós tratamento. O lodo deve ser removido periodicamente. Entre os requisitos de operação, destacam-se: • Limpar a área de entorno das unidades; • Desobstruir as caixas e tubulações; • Não pode haver entrada de água de chuva no sistema; • Inspeccionar da; • Remover, e realizar destinação adequada de lodo; • Substituir o meio filtrante, quando necessário.	Indicado para pequenas áreas.

Fonte: Tonetti e colaboradores, 2018; Funasa, 2018; 2019a; 2019b

As soluções individuais apresentadas nesse tópico são sugeridas para a população da área rural de Caxambu, que vive em comunidades onde os domicílios são dispersos uns dos outros. Isso inclui todas as comunidades da área rural do município, com exceção do Sítio Laranjeiras e Monjolinho.

Segundo o IBGE, o município de Caxambu apresentava, em 2010, cinco domicílios sem instalações hidrossanitárias (IBGE, 2010). Em campo não foi possível observar essa situação, uma vez que, em todos os locais visitados pela Equipe UFMG/Projeto SanBas junto da Auxiliar Técnica, existiam tais instalações. Em um dos locais visitados havia uma fossa séptica econômica, constituída com bombonas de 200 L, e em outro local um tanque de evapotranspiração (TEvap), ainda sem uso devido à falta de tubulação para ligação que, segundo informou o morador, será providenciada ainda no mês de maio de 2021. Estes são dois exemplos de tratamento que podem ser implantados em domicílios onde há separação de águas cinzas das águas fecais, uma vez que a tecnologia é utilizada somente para águas provenientes do vaso sanitário.

É necessário observar as condições dos locais antes de propor alguma solução individual, bem como a distância da casa, a proximidade de árvores para que as raízes não causem danos às estruturas e também a profundidade do lençol freático.

Para as águas cinzas, o círculo de bananeiras é uma solução de baixo custo e de simples construção, com baixa frequência de manutenção. Vale ressaltar que, para a construção destes sistemas, a utilização em mutirões é muito comum, onde as pessoas das comunidades se ajudam para que mais pessoas possam ter a solução implementada. Em conversas com os moradores, muitos deles se dispuseram a ajudar uns aos outros na construção, e afirmaram que seria menos complicado se a prefeitura participasse com algum tipo de ajuda financeira, disponibilidade de material ou mão de obra.

Para os casos em que as águas da casa não são separadas, há alternativas interessantes como o tanque séptico com valas de infiltração. Este sistema, apesar de precisar retirar o lodo de tempos em tempos do tanque séptico, pode ser interessante para locais de fácil acessibilidade, uma vez que o custo de implantação é médio e a frequência de manutenção é baixa.

São propostas soluções distintas para domicílios que já existem separação das águas fecais das águas cinzas uma vez que se entende que o morador provavelmente não terá

disponibilidade para separar as tubulações. Porém, em vista dos benefícios que o TEvap, bem construído e com as dimensões adequadas, traz para os moradores, a exemplo de ser uma solução sem emissão de efluentes, com baixa manutenção e possuir um aspecto paisagístico, a sugestão seria utilizá-lo na maioria dos domicílios, sempre que possível. É importante destacar que o TEvap é utilizado somente para as águas fecais, que são as mais problemáticas do esgoto doméstico.

Dessa forma, é importante que a Prefeitura atue com programas de incentivos, como orientações e ajuda financeira quando possível, para que as soluções sejam implementadas pelos munícipes, uma vez que nem todos terão condições de arcar com as construções. Além disso, a capacitação para operar e manter o sistema é de extrema importância, porque muitas das vezes as soluções são construídas, mas a população não consegue conservar as estruturas por falta de informação.

5.2.1.3. Normas brasileiras

Atualmente há inúmeras soluções técnicas no âmbito da engenharia, criadas com o intuito de tratar os esgotos. As normativas brasileiras relacionadas à concepção e dimensionamento de projetos que auxiliam na construção de soluções usualmente adotadas nos sistemas de esgotamento sanitário são (FUNASA, 2017):

- a) NBR 9648/1986 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário – Procedimento;
- b) NBR 9649/1986 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário – Procedimento;
- c) NBR 7367/1988 – Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário;
- d) NBR 12207/1992 – Projeto de interceptores de esgoto sanitário – Procedimento;
- e) NBR 12208/1992 – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário – Procedimento;
- f) NBR 12266/1992 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento;
- g) NBR 12587/1992 – Cadastro de sistema de esgotamento sanitário – Procedimento;
- h) NBR 7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;

- i) NBR 13969/1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação;
- j) NBR 8160/1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução;
- k) NBR 14486/2000 – Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – Projeto de redes coletoras com tubos de PVC;
- l) NBR 15710/2009 – Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo;
- m) NBR 12209/2011 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários;
- n) Filtro de areia - Dimensionamento e detalhes de projeto ABNT NBR 11799/1990 ABNT - NBR 13969/1997.

Importante observar que, embora o PSBR apresente como diretriz para o esgotamento sanitário a priorização da implantação de serviços públicos de esgotamento sanitário de maior aceitabilidade e de fácil manejo pela população local indicando como uma das estratégias:

- 1.1 - Dar preferência à tecnologia já utilizada e, quando necessário, promover sua adequação ou melhoria, ou, ainda, indicar a implementação de serviços públicos de esgotamento sanitário capazes de atender às demandas locais, desde que garantam a salubridade, a privacidade, o conforto, a segurança e a dignidade da população, e que considerem as diversidades sociais, culturais, étnicas e regionais.

Parte significativa das alternativas técnicas aqui identificadas carecem de normatização no Brasil sendo que esta questão é determinante para superação dos enormes déficits de acesso identificados, especialmente, em áreas rurais.

5.2.2. Projeções de demanda por serviços de esgotamento sanitário

Assim como no abastecimento de água, as soluções de esgotamento sanitário diferenciam-se entre individuais ou coletivas. As soluções individuais são estáticas, soluções locais que atendem uma ou poucas residências, com ou sem veiculação hídrica, conforme apresentado na Tabela 43. Já os sistemas coletivos são dinâmicos e se caracterizam pelo afastamento dos esgotos da área servida (VON SPERLING, 2014). Assim, são abordadas no tópico seguinte a demanda por serviços de esgotamento

sanitário, atual e futura, para os sistemas coletivos e soluções individuais, considerando o horizonte de planejamento do PMSB de Caxambu (2022 a 2041).

5.2.2.1. *Demandas para o sistema coletivo de esgotamento sanitário existente*

Tal como apresentado no Diagnóstico Técnico Participativo (Produto C), Caxambu possui um sistema de coleta e tratamento de esgotos que atende à população da área urbana do município. O sistema foi avaliado com vistas a identificar se a estrutura implantada de coleta e tratamento tem capacidade de atender à demanda atual e às demandas futuras ou se será necessária a ampliação do sistema. Para calcular a demanda para esse sistema coletivo de esgotamento sanitário, ao longo do horizonte de planejamento de 20 anos do PMSB, são utilizadas as variáveis listadas na Tabela 44. Os valores para essas variáveis foram obtidos por meio de informações fornecidas pelos prestadores de serviços ou, em alguns casos, valores de referência apresentados em literatura específica.

Tabela 44 – Variáveis utilizadas no cálculo de demanda do sistema coletivo de esgotamento sanitário de Caxambu

Variável	Significado	Unidade	Fonte dos valores utilizados no PMSB e justificativa
População na área de abrangência	É toda a população inserida na área de abrangência do sistema, incluindo aqueles não atendidos	Hab	Foi adotada a população ano a ano apresentada na projeção populacional (tópico 2 do presente documento), considerando-se a população urbana do município, porque o sistema coletivo de tratamento de esgoto de Caxambu atende especificamente à população urbana do município.
População atendida (P)	População atualmente atendida pelo sistema	%	Os dados referentes à população atendida foram repassados pela prestadora de serviço (Copasa), sendo utilizado como base o ano de 2020.
Consumo per capita (qpc)	Consumo médio já considerando todos os usuários do sistema (domésticos, públicos, comerciais e industriais)	L/hab/d	Os consumos médios per capita utilizados foram os mesmos utilizados nos cálculos para os serviços de abastecimento de água (apresentados no 4.1), os quais foram repassados pela prestadora de serviços (Copasa), sendo utilizado como ano base o ano de 2020.
Coeficiente de retorno (R)	Fração da água fornecida que adentra a rede coletora na forma de esgoto.	%	Segundo dados da literatura, valores típicos variam de 40 a 100%. Na impossibilidade de valores locais, o usualmente adotado é 80% (VON SPERLING, 2005). Como a prestadora de serviços (Copasa) não informou o coeficiente de retorno que utiliza para cálculo tarifário, o valor considerado para a Estação de Tratamento de Esgoto de Caxambu foi 80% tal como informa a literatura científica.
Taxa de infiltração	A quantidade de água infiltrada na rede coletora, que depende de fatores como: extensão da rede coletora, diâmetro da tubulação, área servida, tipo de solo, profundidade do lençol freático, topografia e densidade populacional.	L/s/km	Pode variar de 0,05 a 1,0 L/s.km. Para valores de taxa de infiltração, quando não se tem dados disponíveis usualmente é utilizado valores propostos na Tabela 45 para a estimativa inicial. (CRESPO, 1997 apud VON SPERLING, 2005; ABNT, 1986). Para o PMSB de Caxambu optou-se por utilizar o valor de 0,05, em razão da baixa permeabilidade do solo (informada pela Copasa e observada nos estudos de geologia apresentados no Produto C) e da localização da rede de abastecimento acima do nível do lençol freático.
Extensão de rede	Extensão da rede coletora implantada.	km/hab	Os dados foram repassados pela Copasa, sendo utilizado o ano de 2019 como base de referência para o único sistema no município, o qual atende a população da área urbana.
Capacidade instalada de tratamento	A capacidade que o sistema tem de tratar os esgotos sanitários.	L/s	Considerou-se a capacidade máxima de tratamento da ETE, conforme projeto desta, repassados pela Copasa.

Fonte: Libânio e colaboradores, 2016; von Sperling, 2005; Alem Sobrinho e Tsutiya, 1999

Tabela 45 – Valores aproximados de taxas de infiltração em sistemas de esgotamento

Diâmetro do tubo (mm)	Tipo de junta	Nível de lençol subterrâneo	Permeabilidade do solo	Coefficiente de infiltração (L/s/km)
< 400	Elástica	Abaixo das tubulações	Baixa	0,05
			Alta	0,10
		Acima das tubulações	Baixa	0,15
			Alta	0,30
	Não Elástica	Abaixo das tubulações	Baixa	0,05
			Alta	0,5
		Acima das tubulações	Baixa	0,5
			Alta	1,0
> 400	--	--	--	1,0

Fonte: Crespo, 1997 apud von Sperling, 2005

Algumas informações repassadas para a Equipe UFMG/Projeto SanBas foram inconsistentes, como pode ser observada na Tabela 46. Na Tabela constam valores discrepantes para o atendimento do mesmo serviço, esgotamento sanitário, por isso foi realizada uma análise sobre quais dados seriam utilizados para elaborar este Prognóstico. Vale acrescentar que os termos de prestação de serviço pela Copasa para o município de Caxambu são tais que a prestadora deve alcançar a população urbana com serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Tabela 46 – Informações sobre o serviço de esgotamento sanitário e a cobertura de atendimento

Informação	Fonte	População total da área de abrangência do SES	População atendida	População não atendida	Proporção de atendimento
Check List Projeto SanBas	Preenchido pela Copasa em 17/09/2020 e enviado para a Equipe UFMG/Projeto SanBas	20.731	18.311	2.420	88,33%
Ofício nº 0652/2020	Enviado pela Copasa em 18/06/2020 para a Prefeitura Municipal de Caxambu	9.493	8.369	1.124	88,16%
SNIS	Preenchido pela prestadora de serviços	21.204	20.903	301	98,58%
Trabalho de campo	Entrevistas com a população, com um agente comunitário de saúde e com representantes da Copasa no período de 22 a 27/03/2021	Adotada a população do estudo da Projeção Populacional do Projeto SanBas, ou seja, 21.067 habitantes	Adotada 98,88% da Projeção Populacional do Projeto SanBas para o ano de 2019, ou seja, 20.832 habitantes	• Bairro Campo do Meio: 10 domicílios • Bairro Bosque: 04 domicílios • Condomínio Vale das Colinas: 55 domicílios	98,88%
Dados utilizados para elaboração do Prognóstico de Saneamento Básico do PMSB de Caxambu		Projeção Populacional	Será utilizada a informação de população atendida enviada no Check List (88,33%), uma vez que a Copasa informou que a população atendida em final de plano será de 95%, e os outros valores (do SNIS e do trabalho de campo) superam essa porcentagem de atendimento. Os valores enviados no Ofício nº 0652/2020 são discrepantes com a realidade do município em relação ao número de habitantes, por isso a informação foi desconsiderada.		

Fonte: Projeto SanBas/2021

Na Tabela 47 são sistematizados os valores adotados para realização do prognóstico do único sistema de esgotamento sanitário presente em Caxambu, operado pela Copasa, o qual atende a população urbana municipal.

Tabela 47 – Principais valores adotados para a realização do prognóstico do sistema coletivo de esgotamento sanitário do município de Caxambu operado pela Copasa

Parâmetro	Valor correspondente
População na área de abrangência (hab)	21.067 ^(a)
População atendida (hab)	18.608
Consumo per capita (L/hab/dia)	142,5 ^(b)
Coeficiente de retorno (%)	80
Coeficiente de infiltração (L/s/km)	0,05 ^(c)
Extensão total da rede coletora do sistema (km)	92,25
Capacidade de tratamento (L/s)	87,68 ^(d)

(a) A Prefeitura Municipal de Caxambu informou à Equipe da UFMG que o sistema de esgotamento sanitário do município atende à população urbana. A Copasa, por sua vez, informou que a população da área de abrangência do sistema, relativa ao ano de 2019, é de 20.731 habitantes. No entanto, a projeção populacional apresentada no presente Produto, encontra, para o mesmo ano, o total de 21.067 habitantes na área urbana. Assim sendo, os cálculos de demanda foram aplicados com base nos dados da projeção populacional para a área urbana.

(b) Valor informado pela Copasa no SNIS no ano de 2019.

(c) Coeficiente de infiltração adotado com base nas informações da Copasa relativas à localização da rede coletora de esgotos acima do lençol d'água e à permeabilidade baixa do solo. Os estudos de geologia apresentados no Produto C corroboram a informação de baixa permeabilidade do solo na área da sede urbana, onde se localiza maior parte da extensão da rede.

(d) Vazão tratada (L/s) prevista para fim de plano da estação de tratamento de esgoto, conforme dados da Copasa. Para fins de cálculos de demanda, essa vazão foi considerada vazão máxima projetada (capacidade máxima) para operação do sistema.

Fonte: Copasa, 2020; Projeto SanBas, 2020

Por meio das variáveis adotadas dos sistemas é realizado o cálculo para verificar a demanda de tratamento ao longo de 20 anos. Assim, é primeiramente calculada a vazão doméstica média de contribuição (Q méd), de acordo com a população no ano de referência, o consumo per capita (qpc) e o coeficiente de retorno (R), conforme a seguinte equação:

$$Q \text{ méd (L/s)} = \frac{P \text{ (hab)} \times qpc \text{ (L/hab.d)} \times R}{86400 \text{ (s/d)}}$$

Como a taxa de infiltração é expressa em vazão por extensão de rede, seria necessário estimar ao longo dos anos a extensão das redes coletoras em cada sistema para calcular a vazão de infiltração, por meio da equação:

$$Extensão \text{ rede (km)} = extensão \text{ de rede por habitante (km/hab)} \times P \text{ (hab)}$$

Porém, como a Copasa informou para a sede municipal o valor da extensão da rede é de, 92,2 km, e esse valor é superior ao encontrado pela fórmula citada acima, considerou-se o valor estipulado pela prestadora de serviços nos cálculos de demanda.

A extensão da rede é necessária para obter a vazão de infiltração no sistema, que é calculado multiplicando a extensão da rede pela taxa de infiltração, como observado na equação a seguir:

$$Q_{inf}(L/s) = \text{extensão da rede (m)} \times \text{taxa de infiltração (L/s.km)}$$

Assim a vazão a ser tratada se caracteriza pela soma da vazão média doméstica e a vazão de infiltração, como na equação:

$$Q(L/s) = Q_{méd}(L/s) + Q_{inf}(L/s)$$

Ao calcular a vazão a ser tratada é possível verificar se existe saldo ou déficit de tratamento, comparando com a capacidade instalada de tratamento na ETE. Este cálculo é realizado pela diferença da capacidade instalada de tratamento e a vazão a ser tratada, como apresentado na equação:

$$\text{Saldo ou deficit de tratamento (L/s)} = \text{capacidade instalada (L/s)} - Q(L/s)$$

❖ Avaliação das demandas por sistema existente

Na Tabela 48 é apresentado o resultado de avaliação sobre a capacidade do sistema de tratamento de esgoto ETE Caxambu em relação à demanda da população, na área de abrangência, conforme projeção populacional elaborada e apresentada no item 2.

Tabela 48 – Demandas do sistema de esgotamento sanitário da área urbana de Caxambu

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE CAXAMBU										
Ano	População na área de abrangência do sistema (hab.)	População atendida por coleta e tratamento		Vazão média de contribuição (L/s)	Extensão da rede (km)	Taxa de infiltração (L/s.km)	Vazão de infiltração (L/s)	Vazão a ser tratada (L/s)	Capacidade instalada de tratamento (L/s)	Saldo ou déficit de tratamento (L/s)
		%	(hab)							
2022	20.811	88,33	18.382	23,15	92,20	0,05	4,61	27,76	66,62	38,86
2023	20.682	89,39	18.488	23,28	92,20	0,05	4,61	27,89	66,62	38,73
2024	20.554	90,45	18.591	23,41	92,20	0,05	4,61	28,02	66,62	38,60
2025	20.426	91,51	18.692	23,54	92,20	0,05	4,61	28,15	66,62	38,47
2026	20.266	92,57	18.761	23,63	92,20	0,05	4,61	28,24	66,62	38,38
2027	20.107	93,63	18.827	23,71	92,20	0,05	4,61	28,32	66,62	38,30
2028	19.947	94,70	18.889	23,79	92,20	0,05	4,61	28,40	66,62	38,22
2029	19.787	95,76	18.948	23,86	92,20	0,05	4,61	28,47	66,62	38,15
2030	19.628	96,82	19.003	23,93	92,20	0,05	4,61	28,54	66,62	38,08
2031	19.678	97,88	19.261	24,25	92,20	0,05	4,61	28,86	66,62	37,76
2032	19.772	98,94	19.563	24,63	92,20	0,05	4,61	29,24	66,62	37,38
2033	19.905	100,00	19.905	25,07	92,20	0,05	4,61	29,68	66,62	36,94
2034	20.071	100,00	20.071	25,27	92,20	0,05	4,61	29,88	87,68	57,80
2035	20.264	100,00	20.264	25,52	92,20	0,05	4,61	30,13	87,68	57,55
2036	20.478	100,00	20.478	25,79	92,20	0,05	4,61	30,40	87,68	57,28
2037	20.708	100,00	20.708	26,08	92,20	0,05	4,61	30,69	87,68	56,99
2038	20.948	100,00	20.948	26,38	92,20	0,05	4,61	30,99	87,68	56,69
2039	21.192	100,00	21.192	26,69	92,20	0,05	4,61	31,30	87,68	56,38
2040	21.434	100,00	21.434	26,99	92,20	0,05	4,61	31,60	87,68	56,08
2041	21.667	100,00	21.667	27,28	92,20	0,05	4,61	31,89	87,68	55,79

Fonte: Projeto SanBas, 2021

A demanda do sistema de esgotamento sanitário de Caxambu foi calculada com base na projeção populacional da área urbana e nas informações operacionais do sistema fornecidas pela Copasa (consumo de água per capita – L/hab/d; população atendida; extensão da rede coletora – km; e capacidade instalada de tratamento da ETE – L/s). Considerou-se que a extensão de rede não varia ao longo dos 20 anos do horizonte de planejamento, assim como o consumo de água per capita. Os resultados indicam que o sistema tem capacidade para atender a variação de demanda até o ano de 2041, último ano de planejamento. É importante ressaltar que a Estação de Tratamento de Caxambu foi projetada para atender Caxambu e Baependi, como mencionado no Produto C. Os cálculos foram realizados considerando somente a projeção populacional para Caxambu, portanto, antes da unidade receber os efluentes de Baependi, é necessário realizar um novo estudo de demanda com a população total que será atendida pelo sistema.

Ressalta-se que a cada atualização do presente PMSB, faz-se necessário aferir os valores de consumo de água per capita, bem como da extensão da rede coletora de esgotos – dados que podem variar de acordo com o comportamento da população e incentivo ao consumo racional de água e da eventual necessidade de ampliação da rede coletora para atender futuros domicílios na área de abrangência do sistema.

É importante ressaltar que não cabe a este PMSB apresentar alternativas de concepção detalhadas para o serviço de esgotamento sanitário, mas sim avaliar as disponibilidades (capacidade instalada) e necessidades desse serviço para a população (demanda), propondo alternativas para compatibilizá-las. Ainda, com a ausência de informações para estimar algumas variáveis, foram utilizados dados teóricos da literatura. Assim, não é possível realizar dimensionamento de sistemas por meio dos dados aqui listados, sendo imprescindível elaborar projetos específicos que trabalhem com os dados obtidos dos respectivos locais.

5.2.2.2. *Demanda para localidades com potencial de implantação de sistemas coletivos*

Com base no Produto C – Diagnóstico Técnico-Participativo, a área rural de Caxambu não está incluída na área de abrangência do sistema coletivo apresentado e analisado no item anterior. A população rural atualmente utiliza soluções individuais para o esgotamento sanitário. No Diagnóstico do PMSB, buscou-se identificar aqueles locais que, em razão das características locais, podem vir a ser atendidos por sistemas coletivos de esgotamento sanitário, a exemplo da proximidade das casas, locais com tendência de crescimento, turismo etc. Assim, para as

localidades rurais de Monjolinho e Sítio Laranjeiras foi calculada a demanda para um possível sistema de esgotamento sanitário. Entretanto, cabe destacar que não é escopo do PMSB elaborar um projeto para estes sistemas de esgotamento sanitário, mas somente apresentar a demanda destes locais. No Produto E – Programas, Projetos e Ações, serão propostos estudos para identificação da viabilidade técnico-econômica do desenvolvimento de projetos e implantação de soluções coletivas nesses locais. O cálculo de demandas seguiu a mesma metodologia de cálculo apresentada no item anterior, utilizando-se as mesmas equações ora apresentadas.

De acordo com representantes da população rural no Comitê de Coordenação, o bairro Monjolinho possui 29 domicílios, correspondendo ao total de 89 pessoas, e o bairro Sítio Laranjeiras possui cerca de 20 domicílios com cerca de 70 moradores. Observou-se, em campo, que nesses locais não há esgotamento sanitário adequado, sendo os próprios moradores responsáveis pelo afastamento e descarte dos esgotos domésticos e por soluções de abastecimento de água. Destaca-se que o Sítio Laranjeiras possui acesso a um precário sistema de abastecimento de água, sob responsabilidade da Prefeitura Municipal.

Portanto, foram calculadas as demandas para potenciais sistemas de esgotamento sanitário para atender essas duas localidades. Primeiramente, foi estimada a projeção populacional do Bairro Monjolinho e do Bairro Sítio Laranjeiras, considerando-se as informações das representantes no Comitê de Coordenação, bem como a taxa de crescimento populacional obtida no estudo de Projeção Populacional apresentado no item 2.2 do presente documento. Com isso, constatou-se que o ano de maior quantitativo populacional, para ambos os bairros, é o último ano do horizonte de planejamento do PMSB (ano de 2041), para o qual a população de Monjolinho terá crescido de 89 para 94 habitantes e a população de Sítio Laranjeiras terá crescido de 70 para 74 habitantes. Considerou-se que tal crescimento populacional não é significativo para apresentação de cálculo de variação de demandas ano a ano (de 2020 a 2041). Os cálculos de demanda estão apresentados na Tabela 49 de acordo com a demanda máxima em cada localidade para o horizonte de planejamento do PMSB.

Cabe mencionar os seguintes dados considerados para efetuar os cálculos de demanda apresentados na Tabela 49:

- **consumo per capita de água:** foi utilizado o mesmo valor relativo à área urbana de Caxambu (informado pela Copasa como 142,5 L/hab/d), visto que a Prefeitura Municipal não possui informação sobre o consumo de água do sistema de

abastecimento de água de Sítio Laranjeiras, tampouco sobre as soluções de abastecimento de Monjolinho;

- **extensão de rede coletora:** foi utilizado o fator 0,0015 km/hab (VON SPERLING, 2005) multiplicado pela população de cada localidade como estimativa da rede coletora de esgotos a ser implantada;
- **proporção de população atendida por coleta e por tratamento de esgotos:** considerou-se que a implantação e a operação dos sistemas seriam iniciadas com cobertura total de atendimento da população;
- **coeficiente de retorno:** foi adotado o valor de 0,6; o que significa a proporção de 60% do consumo per capita de água sendo convertido em esgotos domésticos nos domicílios rurais.
- **taxa de infiltração:** foi utilizado o mesmo valor do sistema de esgotamento sanitário da área urbana, considerando-se as mesmas características de permeabilidade do solo e localização da rede coletora com relação às águas subterrâneas.

Tabela 49 – Demandas pelos serviços de esgotamento sanitário para as localidades Monjolinho e Sítio Laranjeiras válidas para o horizonte de planejamento do PMSB

Bairro	População na área de abrangência do sistema (hab.)	População atendida por coleta		População atendida por tratamento		Vazão média de contribuição (L/s)	Extensão da rede estimada (Km)	Taxa de infiltração (L/s/km)	Vazão de infiltração (L/s)	Vazão a ser tratada (L/s)
		%	(hab)	%	(hab)					
Monjolinho	94	100	94	100	94	0,09	0,14	0,05	0,01	0,10
Sítio Laranjeiras	74	100	74	100	74	0,07	0,11	0,05	0,01	0,08

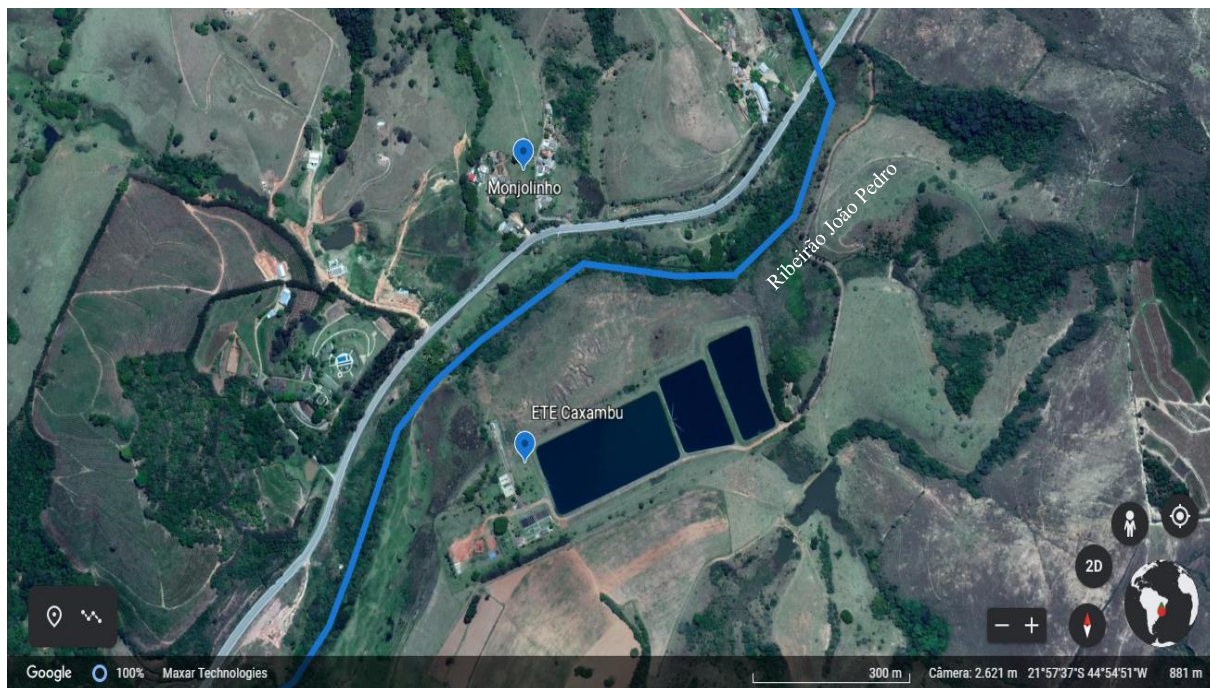
Fonte: Projeto SanBas, 2020

Conforme observado na Tabela 49, os possíveis sistemas coletivos a serem implantados nas localidades rurais de Monjolinho e Sítio Laranjeiras deverão ser projetados para atender a demanda média de 0,10 L/s e 0,08 L/s, respectivamente – vazão máxima estimada válida para todo horizonte de planejamento do PMSB, desde o ano de 2020 até 2041.

É importante destacar que o bairro Monjolinho está localizado em frente à ETE Caxambu, estando na outra margem da rodovia (Figura 23). Parte dos esgotos sanitários da população de Monjolinho é lançada bruta no Ribeirão João Pedro e outra parte é tratada por soluções individuais, cuja adequação técnica não se pode afirmar. Para fins deste prognóstico considera-se uma segunda solução para o bairro, que é transportar os esgotos sanitários até a ETE

Caxambu, uma vez que o interceptor da ETE passa na margem da rodovia. A viabilidade técnico econômica desta solução deverá ser avaliada pela Prefeitura em conjunto com os moradores de Monjolinho, considerando ainda a possibilidade de implantação de um modelo de tarifa social.

Figura 23 – Localização de Monjolinho e da ETE Caxambu



Fonte: Google Earth, 2021

5.2.2.3. Demanda por soluções individuais

Conforme apresentado no item referente à projeção populacional, observa-se no município de Caxambu um aumento populacional ao longo do horizonte do PMSB na área urbana e aparente estabilização da população rural (variando de 259 habitantes em 2020 a 269 habitantes em 2041). A diminuição e estabilização da população das áreas rurais é um fenômeno que os municípios brasileiros têm observado nas últimas décadas. Esse cenário traz impacto na vazão média de contribuição de esgotos gerados pela população na zona urbana. Já na zona rural, o baixo adensamento e/ou distanciamento das residências, somada à diminuição populacional ao longo dos anos, indica uma redução da contribuição, o que aponta para a implantação de soluções individuais, em razão da inviabilidade financeira e operacional de um sistema coletivo.

As soluções individuais não constituem serviço público de saneamento (BRASIL, 1997, art. 5). Entretanto, o PSBR (FUNASA, 2019a) recomenda a superação da autogestão, principalmente nas áreas rurais, inclusive para soluções individuais. Este modelo não é raro, no qual a

população assume a provisão e, conseqüentemente, a gestão dos serviços, em função da pouca participação do poder público, ou até mesmo sua omissão diante do que lhe é atribuído legalmente como dever (BRASIL, 1998). O PSBR ainda ressalta:

“Deve-se, pois, reconhecer a relevância da participação da população no exercício de práticas rotineiras fundamentais à viabilidade das ações, seja no papel de usuários sensíveis aos seus deveres, seja no papel de operadores domiciliares cientes de suas obrigações, para juntamente com os demais agentes, colaborarem para o funcionamento adequado das soluções de saneamento. Entende-se que a gestão dos serviços de saneamento envolva e esteja envolvida em processos multiescalares, onde cada setor da sociedade, do usuário ao Poder Público Federal, detém responsabilidades sobre ações e políticas desenvolvidas. Assim, as técnicas individuais necessitam de apoio da gestão municipal, estadual e nacional, além de ações de educação e participação social” (FUNASA, 2019a, p.116).

Nesse sentido, para fins de cálculo da demanda necessária nas áreas em que as soluções individuais podem se mostrar mais apropriadas, aplicou-se a equação de vazão média de contribuição. Para a variável população, foi subtraída da população total do município a população atendida ou com potencial de atendimento por sistema coletivo, conforme apresentado nos itens 5.1.2.1 e 5.1.2.2, sendo esse cálculo realizado para os 20 anos do horizonte de planejamento do PMSB (Tabela 50), considerando-se as mesmas variáveis de consumo per capita de água, coeficiente de retorno e taxa de infiltração adotadas no item anterior, relativo aos potenciais sistemas dos Bairros Monjolinho e Sítio Laranjeiras.

Tabela 50 – Vazão média de contribuição de esgotos para a população atendida por soluções individuais

Ano	População rural (Hab)	População atendida por coleta - ES 3		Vazão média de contribuição (L/s)
		%	hab	
2020	100	80	80	0,10
2021	100	80	80	0,10
2022	100	84	84	0,10
2023	99	85	84	0,10
2024	98	87	86	0,10
2025	98	87,5	85	0,10
2026	97	88	85	0,10
2027	96	88,5	85	0,10
2028	95	90	86	0,10
2029	95	90,3	85	0,10
2030	94	91	85	0,10
2031	94	92	87	0,10
2032	95	92,5	87	0,10
2033	95	93	89	0,11
2034	96	93,5	90	0,11

Ano	População rural (Hab)	População atendida por coleta - ES 3		Vazão média de contribuição (L/s)
		%	hab	
2035	97	94	91	0,11
2036	98	94,5	93	0,11
2037	99	95	94	0,11
2038	100	95,5	96	0,11
2039	101	96	97	0,12
2040	103	97	99	0,12
2041	104	98	102	0,12

Fonte: Projeto SanBas, 2020

Observa-se na Tabela 50 que a vazão média de contribuição de esgotos domésticos do conjunto de domicílios com soluções individuais mantém-se, relativamente, a mesma ao longo do horizonte de planejamento do PMSB, sendo estimada em 0,10 L/s no ano de 2020 e 0,13 L/s no ano de 2042. Isso se deve ao fato de que a população rural dispersa permanece relativamente estável no período analisado.

5.2.3. Estimativas de carga e concentração de demanda bioquímica de oxigênio e coliformes termotolerantes

5.2.3.1. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

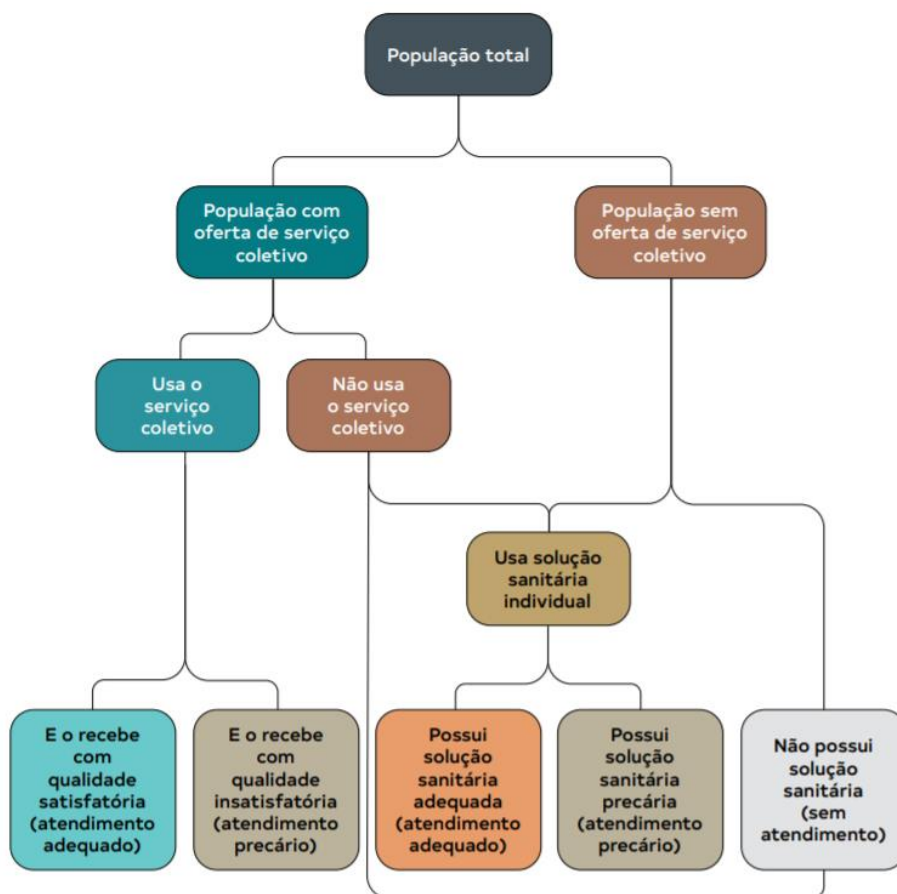
Os esgotos domésticos são constituídos de matéria orgânica diluída em água e microrganismos presentes, principalmente, no trato gastrointestinal humano. Em elevadas concentrações, a matéria orgânica desequilibra a dinâmica dos cursos d'água, uma vez que as bactérias decompositoras de matéria orgânica consomem o oxigênio dissolvido em água e liberam nutrientes no meio, favorecendo o surgimento de algas. A queda na concentração do oxigênio dissolvido afeta a fotossíntese de outros seres e torna o ambiente inviável para a sobrevivência da fauna aquática. Por fim, na ausência de oxigênio há o surgimento de bactérias anaeróbicas, responsáveis pela decomposição de matéria orgânica sem oxigênio, gerando acidez e gases com maus odores (gás metano e gás sulfídrico) (VON SPERLING, 2014).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é uma forma de se medir, de maneira indireta, a quantidade de matéria orgânica disponível nos corpos hídricos. Neste método é mensurada a quantidade de oxigênio demandado por bactérias aeróbicas para a estabilização bioquímica da matéria orgânica. Dessa forma, quanto maior a DBO, maior será a poluição por esgotos no corpo d'água. Outro método adotado para a mensuração do consumo de oxigênio é a demanda

química de oxigênio (DQO). Diferentemente da DBO, em que a estabilização é realizada por bactérias, na DQO a oxidação é feita com auxílio de um oxidante (FUNASA, 2014).

Para realizar o cálculo de carga orgânica, foi necessário dividir a população de Caxambu de acordo com a situação do domicílio (urbana ou rural). Assim, foram utilizados os dados do Censo Demográfico 2010, do IBGE, por meio da divisão dos setores censitários do município estudado. Ao dividir a população em razão da sua situação – urbano ou rural –, verificou-se qual segmento da população possui acesso aos sistemas de esgotamento sanitário – por sistema coletivo ou sistema individual adequado¹⁴ – e qual não possui acesso a nenhum tipo de sistema de esgotamento sanitário (Figura 24).

Figura 24 – Divisão do acesso aos sistemas de esgotamento sanitário pela população



Fonte: Funasa, 2019a

¹⁴ Considerando as fossas sépticas como solução individual adequada, conforme o Plansab (MDR, 2019) e o PSBR (FUNASA, 2019a).

Em Caxambu, a população urbana, de acordo com a divisão censitária do IBGE, é aquela localizada na área urbana da sede municipal. Já a área rural engloba o restante do território, inclusive os Bairros Monjolinho e Sítio Laranjeiras.

As tecnologias apresentadas nas Tabela 51 e Tabela 52 foram embasadas nos sistemas apresentados na alternativas técnicas no item 5.2.1 (FUNASA, 2019a; FUNASA 2019b; TONETTI e colaboradores, 2018; VON SPERLING, 2005), entretanto foram apresentadas na Tabela 52 somente aquelas soluções individuais que possuem eficiência de remoção de DBO apresentadas em Tonetti e colaboradores (2018).

Tabela 51 – Eficiências teóricas adotadas para soluções individuais

Tratamento	Disponibilidade hídrica	Tipo de esgoto tratado	Taxa de eficiência adotada (%)
Tanque séptico	Com água	Águas cinzas e fecais	50 a 80 %
Fossa séptica biodigestor	Com água	Águas fecais	
Reator de filtro anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA/ UASB) unifamiliar	Com água	Águas fecais e águas cinzas	
Biodigestor	Com água	Águas fecais e águas cinzas	
Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB) Compacto	Com água	Águas fecais e águas cinzas	
Tanque de evapotranspiração	Com água	Águas fecais	80 % ou mais
Tanque séptico + sistema alagado construído	Com água	Águas cinzas e fecais	
Tanque séptico + filtro anaeróbio	Com água	Águas fecais e águas cinzas	
Tanque séptico + filtro de areia	Com água	Águas cinzas e fecais	
Filtro anaeróbio + filtro de areia	Com água	Águas cinzas e fecais	
Fossa seca	Sem água	Excretas	Não se aplica ¹
Fossa absorvente	Com água	Águas fecais	Não se aplica ²
Banheiro seco	Sem água	Excretas	
Círculo de bananeiras	Sem ou com água	Águas cinzas	Não se aplica ³
Sumidouro	Com água	águas cinzas e esgoto pré-tratado	
Vala de infiltração	Com água	Águas cinzas e esgoto pré-tratado	

(1) Não há qualquer remoção da matéria orgânica

(2) A matéria orgânica é utilizada como composto na agricultura

(3) São formas de dispor o efluente no solo, após o efluente passar por processos anteriores de tratamento

Fonte: Tonetti e colaboradores, 2018

Tabela 52 – Eficiências teóricas adotadas para soluções coletivas

Sistema de tratamento	Eficiência na remoção adotada para o cálculo de carga remanescente (%)
Tratamento Primário Convencional	30 a 35%
Reator Anaeróbio Compartimentado (RAC)	50 a 80%
Reator UASB	60 a 75%
Lagoa facultativa	
Lagoa facultativa	75 a 85%
Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	
UASB + Filtro anaeróbio	75 a 87%
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80 a 85%
Escoamento superficial	
Sistemas Alagados Construídos / Wetlands	80 a 90%
UASB + lagoas de polimento	77 a 87%
UASB + escoamento superficial	77 a 90%
UASB + filtro biológico percolador alta carga	80 a 93%
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação	80 a 95%
Infiltração rápida	85 a 98%
Tanque séptico + infiltração	90 a 98%
Fertirrigação/ infiltração lenta	90 a 99%

Fonte: von Sperling, 2005;

Para realização dos cálculos, utilizou-se a projeção populacional, apresentada no item 2.2, para os 20 anos de duração do PMSB.

Para a definição do índice de ampliação do acesso às soluções coletivas e individuais adequadas nas áreas urbanas e rurais do município de Caxambu foram utilizadas as metas propostas para os indicadores ES2 e ES3 para a área rural, sendo que para a área urbana foi considerado 88,33% de atendimento por coleta e tratamento desde o ano base (2020) considerando informações da Copasa e a projeção populacional.

Para área rural, a estimativa do dado foi calculada tendo como referência os percentuais de crescimento de cada indicador, no período de 2010 a 2017, sendo considerado os valores da região do país na qual o município está inserido. Assim, as taxas de crescimento dos indicadores para a região Sudeste no período mencionado (apresentada no Apêndice A), foram aplicadas sobre os valores do município no ano de 2010, obtendo-se as estimativas desses para o ano de 2017, este considerado o ano base dos indicadores ES2 e ES3. Cabe ressaltar que os valores estimados para 2017 passaram por uma consulta junto aos Comitês Executivo e de Coordenação do PMSB de Caxambu, que ratificaram que as estimativas eram próximas à realidade do

município para o ano de 2017. Ainda foram calculadas as metas para os de 2024, 2029, 2031 e 2041, sendo prazo imediato (até o ano de 2024), curto (até o ano de 2029), médio (até o ano de 2033) e longo (até o ano de 2041), como apresentados no item 2.

A quantificação de poluentes é realizada por meio do cálculo de carga, unidade expressa em termos de massa por unidade de tempo, segundo a equação:

$$Carga (kg/dia) = População(hab) \times carga \text{ per capita } (kg/hab /dia)$$

Para determinar as estimativas de carga per capita, isto é, a contribuição de cada indivíduo por unidade de tempo, foi utilizado o valor correspondente a 0,054 kg DBO/dia (VON SPERLING, 2005).

A partir da equação apresentada para o cálculo de carga e a partir da meta definida para o ano de análise, foi quantificada a parcela de carga orgânica gerada ou DBO afluente para:

- a) população conectada à rede coletora (sistema coletivo) ou com solução individual adequada;
- b) população rural sem tratamento com potencial de implantação de solução coletiva;

A partir dos dados de carga orgânica gerada ou DBO afluente é necessário verificar a carga DBO remanescente, ou DBO efluente para cada situação e de acordo com a eficiência de tratamento adotada, por meio da equação:

$$DBO_{efl} = 1 - \left(\frac{E}{100} \right) \times DBO_e$$

onde:

E = eficiência do tratamento na remoção da DBO (%)

DBO_e = DBO do esgoto afluente ao tratamento, ou esgoto bruto (mg/L)

DBO_{efl} = DBO efluente do tratamento (mg/L)

Destaca-se que a eficiência varia de acordo com o tratamento podendo variar de 60 a 90%, tanto para as soluções individuais e coletivas.

Para realizar a quantificação da carga orgânica remanescente total, deve-se somar a DBO gerada sem tratamento, a DBO efluente da solução individual adotada e a carga DBO efluente do sistema coletivo. A Tabela 53 apresenta as estimativas de carga orgânica para a população urbana e a Tabela 54 para a população rural.

Tabela 53 – Estimativa de carga orgânica para a população urbana

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA SEDE URBANA MUNICIPAL						Carga DBO depois do tratamento - DBO afluente (Kg DBO/dia) - Soluções coletivas	
Ano	População na área de abrangência do sistema (hab.)	% População atendida por coleta - ES 2	% Volume de esgoto tratado/esgoto coletado - ES 4	Carga de DBO sem tratamento (Kg DBO/dia)	Carga de DBO antes do tratamento - DBO afluente (Kg DBO/dia)	75 - 85%	85 - 98%
2022	20.811	88,33	100,0	12,6	1111,2	248,2-148,9	148,9-19,9
2023	20.682	89,39	100,0	11,4	1105,5	249,6-149,8	149,8-20
2024	20.554	90,45	100,0	10,2	1099,7	251-150,6	150,6-20,1
2025	20.426	91,51	100,0	9,0	1094,0	252,3-151,4	151,4-20,2
2026	20.266	92,57	100,0	7,8	1086,6	253,3-152	152-20,3
2027	20.107	93,63	100,0	6,6	1079,1	254,2-152,5	152,5-20,3
2028	19.947	94,70	100,0	5,5	1071,7	255-153	153-20,4
2029	19.787	95,76	100,0	4,4	1064,1	255,8-153,5	153,5-20,5
2030	19.628	96,82	100,0	3,2	1056,7	256,5-153,9	153,9-20,5
2031	19.678	97,88	100,0	2,2	1060,4	260-156	156-20,8
2032	19.772	98,94	100,0	1,1	1066,6	264,1-158,5	158,5-21,1
2033	19.905	100,0	100,0	0	1074,9	268,7-161,2	161,2-21,5
2034	20.071	100,0	100,0	0	1083,8	271-162,6	162,6-21,7
2035	20.264	100,0	100,0	0	1094,3	273,6-164,1	164,1-21,9
2036	20.478	100,0	100,0	0	1105,8	276,5-165,9	165,9-22,1
2037	20.708	100,0	100,0	0	1118,2	279,6-167,7	167,7-22,4
2038	20.948	100,0	100,0	0	1131,2	282,8-169,7	169,7-22,6
2039	21.192	100,0	100,0	0	1144,4	286,1-171,7	171,7-22,9
2040	21.434	100,0	100,0	0	1157,4	289,4-173,6	173,6-23,1
2041	21.667	100,0	100,0	0	1170,0	292,5-175,5	175,5-23,4

Fonte: Projeto SanBas, 2021

Tabela 54 – Estimativa de carga orgânica para a população rural de Monjolinho e Sítio Laranjeiras considerando a maior demanda para o horizonte de planejamento do PMSB

Bairro Rural	População na área de abrangência do sistema (hab)	População atendida por tratamento	Carga de DBO sem tratamento (kg DBO/dia)	Carga de DBO antes do tratamento - DBO afluente (kg DBO/dia)	Carga DBO depois do tratamento - DBO efluente (Kg DBO/dia) - Soluções coletivas				
					60 - 75%	75 - 85%	80 - 90%	85 - 98%	90 - 99%
Monjolinho	94	100	0,0	5,0	2 - 1,2	1,2 - 0,7	1 - 0,5	0,7 - 0,1	0,5 - 0
Sítio Laranjeiras	74	100	0,0	3,9	1,6 - 1	1 - 0,6	0,8 - 0,4	0,6 - 0,1	0,4 - 0

Fonte: Projeto SanBas, 2021

Tal como se observa Tabela 54, as cargas de DBO geradas no esgoto doméstico dos Bairros Monjolinho e Sítio Laranjeiras são 5,0 e 3,9 kg_{DBO}/d. Esse valor se manterá relativamente estável ao longo do horizonte de planejamento (de 2020 a 2041), tal como foi discutido anteriormente, em função da estabilidade da projeção populacional constatada para esses bairros rurais. Com relação a cobertura de atendimento da população de cada bairro, considera-se que a concepção dos sistemas de esgotamento sanitário seja avaliada em projetos específicos, com vistas a verificar a viabilidade de atendimento de 100% da população desde o início da operação do sistema, pois ambas as localidades apresentam adensamento dos domicílios e reduzida área de abrangência, indicando pequena escala de projeto para o sistema de esgotamento sanitário.

5.2.3.2. *Coliformes termotolerantes*

Os esgotos domésticos produzidos pelos domicílios causam malefícios à saúde humana em razão da presença de microrganismos patogênicos, estes agentes são transmissores de doenças. A contaminação causada por tais microrganismos ocorre por ingestão, contágio pela pele com água contaminada, contato de pessoa para pessoa, por doenças que se propagam por insetos que nascem na água, ingestão de alimentos contaminados e contato da pele com o solo. Os microrganismos patógenos são divididos em: bactérias, vírus, protozoários e helmintos - Tabela 55 (VON SPERLING, 2005).

A contaminação dos corpos d'água por excretas de animais e humanos introduz um risco de infecção àqueles que usam as águas para beber, preparar alimentos, higiene pessoal e recreação. As crianças, pessoas debilitadas, com imunodeficiências adquiridas, doentes e pessoas de idade avançada são mais susceptíveis de contrair doenças de veiculação hídrica. Eles necessitam de doses mais baixas de organismos patogênicos para desenvolverem doenças do que a população adulta em geral. A Tabela 55 apresenta a relação de doenças de transmissão hídrica e via fecal-oral (EISENBERG e colaboradores, 2001 citado por FERREIRA; PÁDUA, 2016).

Tabela 55 – Doenças de transmissão hídrica e via fecal-oral

Organismo	Doença	Agente causal	Sintomas/manifestação
Bactérias	Disenteria bacilar	<i>Shigella dysenteriae</i>	Forte diarreia
	Enterite por <i>Campylobacter</i>	<i>Campylobacter jejuni</i> ,	Diarreia, dor abdominal, indisposição, febre, náusea, vômito
		<i>Campylobacter coli</i>	

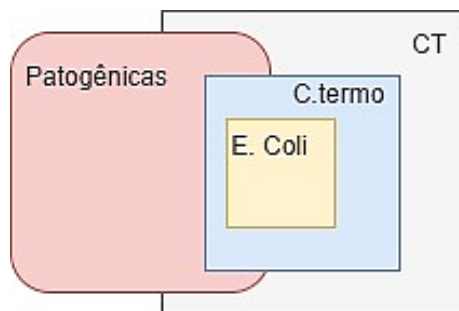
Organismo	Doença	Agente causal	Sintomas/manifestação
	Cólera	<i>Vibrio cholare</i>	Diarreia extremamente forte, desidratação, alta taxa de mortalidade
	Gastroenterite	<i>Escherichia coli</i> – enteropatogênica	Diarreia
	Leptospirose	<i>Leptospira</i> (várias espécies)	Icterícia, febre
	Febre paratifoide	<i>Salmonella</i> (várias espécies)	Febre, diarreia, indisposição, dor de cabeça, aumento do baço, envolvimento dos tecidos linfáticos e intestinos
	Salmonella	<i>Salmonella</i> (várias espécies)	Febre, náusea, diarreia
	Febre tifoide	<i>Salmonella typhi</i>	Febre elevada, diarreia, ulceração do intestino delgado
Vírus	Hepatite A	Vírus hepatite A	Icterícia, febre
	Doenças respiratórias	Adenovírus	Doenças respiratórias
	Gastroenterite	Enterovírus, Norwalk, rotavírus	Diarreia leve à forte, vômito
	Meningite	Enterovírus	Febre, vômito, enrijecimento do pescoço
	Poliomielite	<i>Poliomyelitis virus</i>	Paralisia, atrofia
Protozoários	Desintéria amebiana	<i>Entamoeba histolytica</i>	Diarreia prolongada, com sangramento, abscessos no fígado e intestino
	Giardíase	<i>Giardia lamblia</i>	Diarreia leve à forte, náusea, indigestão, flatulência
	Criptosporidiose	<i>Cryptosporidium</i>	Diarreia
	Balantidíase	<i>Balantidium coli</i>	Diarreia, disenteria
Helmintos	Ascaridíase	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Manifestações pulmonares, deficiência nutricional, obstrução intestinal e de outros órgãos
	Tricuríase	<i>Trichuris trichiura</i>	Diarreia, fezes com sangramento, prolapso retal

Fonte: von Sperling, 2005

Para verificar se a água está contaminada pela presença de fezes humanas ou de animais e, conseqüentemente, sua potencialidade para transmitir doenças, utilizam-se bactérias do grupo coliformes como os organismos indicadores de contaminação. Para verificação de indicadores de contaminação fecal são utilizados os coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli* os indicadores comumente utilizados, devido a rapidez e economia para detecção (VON SPERLING, 2005). Dentre os indicadores de contaminação fecal, destaca-se os coliformes fecais, organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais. Tais organismos são mensurados por meio de testes com altas temperaturas, eliminando, assim, aqueles que não são de origem fecal. Todavia, alguns organismos conseguem resistir ao teste, dificultando a identificação da análise de contaminação fecal. Por isso, optou-se por alterar a nomenclatura de coliformes fecais para

coliformes termotolerantes, em virtude da capacidade de resistência das bactérias, não necessariamente fecais, a elevadas temperaturas. O principal indicador de contaminação exclusivamente fecal, do grupo de coliformes tolerantes, é a bactéria *Escherichia coli* (Figura 25) (VON SPERLING, 2014).

Figura 25 – Representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal



Legenda: CT – Coliformes totais; C. termo – Coliformes termotolerantes; *E. coli* – *Escherichia coli*.

Fonte: Adaptado de von Sperling, 2005

A utilização de coliformes como organismos indicadores de contaminação por patógenos tem limitações, pois, não se detecta a presença de vírus, cistos e oocistos de protozoários e ovos de helmintos, mais resistentes que as bactérias. Portanto, a água pode não apresentar coliformes termotolerantes, mas pode conter outros patógenos. Os mecanismos de remoção dos coliformes presentes nos corpos d'água, pelas estações de tratamento de água e de esgotos, são os mesmos de outros grupos de bactérias e, de certa forma, de alguns vírus, ocorrendo por meio do processo de desinfecção. Já os protozoários e helmintos, são removidos por meio dos processos de filtração e sedimentação (FERREIRA; PÁDUA, 2016; VON SPERLING, 2005).

Os coliformes são utilizados como indicadores da eficiência de remoção de patógenos no processo de tratamento de esgotos. Por essa razão, há padrões da presença de coliformes cursos d'água com o objetivo de manter, minimamente, a qualidade das águas. A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, estabelece que os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor¹⁵ características de qualidade em desacordo com as metas do seu

¹⁵ Corpo receptor corresponde ao corpo hídrico superficial que recebe o lançamento de um efluente (CONAMA, 2005)

enquadramento (CONAMA, 2011). Ressalta-se que, no Brasil, não é usual tratar os esgotos ao nível de deixá-los livres de patógenos, sendo que a remoção efetiva dos patógenos comumente é realizada durante o processo de tratamento da água para consumo humano, a fim de evitar contaminação da população. Assim, não há limitação no padrão de lançamento de esgotos, mas o controle no tratamento de esgotos se dá pela verificação da presença de coliformes termotolerantes na mistura do esgoto com as águas do rio, por meio da Resolução Conama nº 357/2005, em função dos limites máximos da classe do corpo d'água receptor e consequentemente com o uso destinado para aquele corpo, conforme apresentado na Tabela 56.

Tabela 56 – Padrão de qualidade da água estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005 para o parâmetro coliformes termotolerantes, conforme a classe de enquadramento do corpo d'água

Parâmetro	Unidade	Padrão do corpo d'água (água doce)				Padrão de lançamento
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	200	1.000	4.000	Não há	Não há

Fonte: von Sperling, 2005

Para calcular a concentração de coliformes termotolerantes na mistura de esgoto com o curso d'água e, consequentemente, calcular a eficiência de remoção de coliformes necessária ao tratamento de esgotos para não deteriorar a qualidade da água do corpo receptor e, portanto, atender a Resolução Conama nº 357/2005, utiliza-se as seguintes equações:

$$N_o = \frac{Q_r \times N_r + Q_e \times N_e}{Q_r + Q_e}$$

$$N_{ep} = \frac{N_{op} \times (Q_r + Q_e) - Q_r \times N_r}{Q_e}$$

$$E = \frac{N_e - N_{ep}}{N_e}$$

onde:

N_o = concentração de coliformes no ponto de mistura (NMP/100mL)

N_{op} = concentração máxima permissível de coliformes no ponto de mistura, em função da legislação ambiental (NMP/100mL)

Q_r = vazão do rio, a montante do lançamento

Q_e = vazão de esgotos (m³/s)

N_r = concentração de coliformes no rio, a montante do lançamento (NMP/100mL)

N_e = concentração de coliformes nos esgotos (NMP/100mL)

N_{ep} = concentração máxima permissível de coliformes nos esgotos (NMP/100mL)

E = Eficiência requerida para a remoção de coliformes termotolerantes no tratamento de esgotos

Observa-se que o resultado de eficiência demanda informação relativa à concentração de coliformes termotolerantes no curso d'água receptor dos efluentes tratados, a montante do ponto de lançamento (N_r). Não tendo sido possível obter essa informação, no âmbito do PMSB de Caxambu, cabe adotar as eficiências típicas de remoção de coliformes, obtidos por diferentes sistemas de tratamentos, a nível primário e secundário, amplamente adotados no Brasil, conforme apresenta a Tabela 57.

Tabela 57 – Eficiências típicas (valores de projeto) de diferentes sistemas de tratamento de esgotos na remoção de coliformes

Tipo de tratamento	Sistema de tratamento	Eficiência na remoção de coliformes (%)
Primário	Tratamento primário	30 – 40
Lagoa de estabilização	Lagoa facultativa	90 – 99
	Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	90 – 99,9
	Lagoa aerada facultativa	90 – 95
	Lagoa aerada de mistura completa-lagoa de decantação	90 – 99
	Lagoa + lagoa de maturação	90 – 99,999
	Lagoa + lagoa de alta taxa	90 – 99,9
	Lagoa + remoção de algas	80 – 99
	Lodos ativados convencional	85 – 99
Lodos ativados	Aeração prolongada	85 – 99
	Lodos ativados + filtração	99 – 99,9
Reatores aeróbios com biofilmes	Filtro biológico (baixa carga)	70 – 90
	Filtro biológico (alta carga)	70 – 90
	Biodisco	75 – 90
	Biofiltro aerado submerso	75 – 90
	Reator com biofilme + filtração	99 – 99,9
Reatores anaeróbios	Reator anaeróbio de manta de lodo	70 – 90
	Fossa séptica-filtro anaeróbio	70 – 90

	Reator anaeróbio de manta de lodo + pós-tratamento	Variável (*)
Disposição controlada no solo	Infiltração lenta no solo	> 99
	Infiltração rápida no solo	> 99
	Infiltração subsuperficial no solo	> 99
	Escoamento superficial no solo	90 – 99
	Sistemas alagados construídos (wetlands)	90 – 99

(*) Reator UASB + pós-tratamento: praticamente todos os processos listados acima podem ser utilizados como pós tratamento. Pelo fato de se ter mais unidades em série na fase líquida, a eficiência global (reator UASB + pós-tratamento) pode ser ligeiramente superior à do processo selecionado para o pós-tratamento, caso este estivesse tratando esgotos brutos. Por exemplo, a eficiência do sistema UASB + lodos ativados pode ser ligeiramente superior à do sistema de lodos ativados tratando esgotos brutos.

(**) Os processos de infiltração no solo não geram efluentes superficiais, já que se infiltram no terreno. Medições no subsolo, próximos ao local de infiltração, usualmente indicam elevadas eficiências de remoção, superiores a 99%. Das variantes de infiltração no solo, a mais eficiente é a infiltração lenta.

Fonte: von Sperling, 2005

O tratamento dos esgotos domésticos é composto por quatro níveis: preliminar, primário, secundário e terciário (Tabela 58). Cada etapa é responsável pela remoção de partes de compostos orgânicos e inorgânicos, aumentando a eficiência na remoção na unidade de tratamento seguinte.

Tabela 58 – Níveis de tratamento do sistema de esgotamento sanitário

Nível do Tratamento	Características do Tratamento	Principais Tecnologias utilizadas
Preliminar	Responsável pela remoção de sólidos grosseiros e excesso de areia.	• Grades; • Desarenador.
Primário	Objetiva a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e estabilização da matéria orgânica. Esta etapa ocorre anaerobiamente.	• Decantador primário; • Flotador simples; • Tanque séptico.
Secundário	Visa a remoção da matéria orgânica fina e sólidos não sedimentáveis dissolvidos, não removidos no tratamento primário. Nessa etapa os processos ocorrem por mecanismos biológicos.	• Reator UASB; • Filtro anaeróbio; • Lagoa anaeróbia; • Lagoa aerada; • Sistemas alagados construídos (Wetlands); • Escoamento superficial; • Filtro biológico percolador; • Lodos ativados.
Terciário	Responsável pelo polimento do efluente, removendo os organismos patogênicos ou poluentes não biodegradáveis remanescentes dos demais processos de tratamento.	• Lagoa de maturação ozonização; • Processos oxidativos avançados (POAs); a clarificação; • Filtração com membranas.

Fonte: Adaptado de Funasa, 2019b

Os processos adotados no Brasil (a nível primário e secundário), normalmente são insuficientes para remoção dos organismos patogênicos. Os tratamentos com eficiência elevada, acima de 90%, não são suficientes para alcançar baixas concentrações de coliformes

nos corpos d'água, em razão da elevada presença destes organismos no esgoto bruto brasileiro. Assim, necessita-se de um processo que alcance a remoção acima de 99,99% (VON SPERLING, 2005). Dessa forma, para um tratamento adequado para remoção de coliformes termotolerantes são indicados tratamentos como: lagoa de maturação, infiltração no solo ou algum processo artificial, como cloração, ozonização, radiação ultravioleta ou membrana, listados na Tabela 59.

Tabela 59 – Principais processos para a remoção de organismos patogênicos no tratamento de esgotos

Tipo	Processo	Aspectos
Natural	Lagoa de maturação e polimento	Possuem alta mortalidade de bactérias e vírus; cistos e ovos de helmintos tendem a se sedimentar; custo baixo e grande simplicidade, mas requerem grandes áreas
	Infiltração no solo	Dependendo do tipo de aplicação de esgotos, deve se atentar para possíveis contaminações de vegetais; requer grandes áreas
Artificial	Cloração	Requer grandes dosagens, o que aumenta o custo; pode ocorrer a geração de subprodutos tóxicos; em cursos d'água deve se ter a preocupação com a toxicidade causada pelo cloro residual
	Ozonização	Eficaz, mas caro, está se tornando mais competitivo.
	Radiação ultravioleta	Não há geração de subprodutos, o efluente deve ser clarificação para que a radiação possa penetrar bem na massa líquida; é um processo cada vez mais competitivo e vantajoso do que a cloração
	Membranas	Constitui-se uma barreira física aos microrganismos patogênicos; não introduz produtos químicos nos líquidos, custos ainda são elevados.

Fonte: Adaptado de von Sperling, 2005

A adoção de níveis terciários de tratamento, do tipo artificial, deve considerar maiores custos de implantação, operação e manutenção, cabendo ao município a decisão pela escolha desse nível de tratamento, observando-se as normas e padrões vigentes para emissão de efluentes de tratamento de esgotos em cursos d'água. Tornando-se, assim, inviáveis para pequenos municípios.

Deve-se ter atenção aos requisitos necessários para implantação dos processos de infiltração no solo e lagoas de maturação e polimento, pois, apesar de possuírem baixo custo e manutenção simplificada, requerem grandes extensões de áreas. Além disso, com as técnicas de infiltração de esgotos no solo, é necessário atentar-se para evitar a salinização do solo, poluição do solo e plantas com metais pesados, efeitos prejudiciais à estrutura do solo, a contaminação dos mananciais, e principalmente, a contaminação dos seres humanos e animais por agentes patogênicos presentes (MATOS; MATOS, 2017). Para utilização das técnicas de infiltração do solo deve-se seguir as taxas de aplicação determinadas por um

técnico responsável e demais normas vigentes, além de realizar o cercamento da área para evitar qualquer contato e possível contaminação por agentes patogênicos.

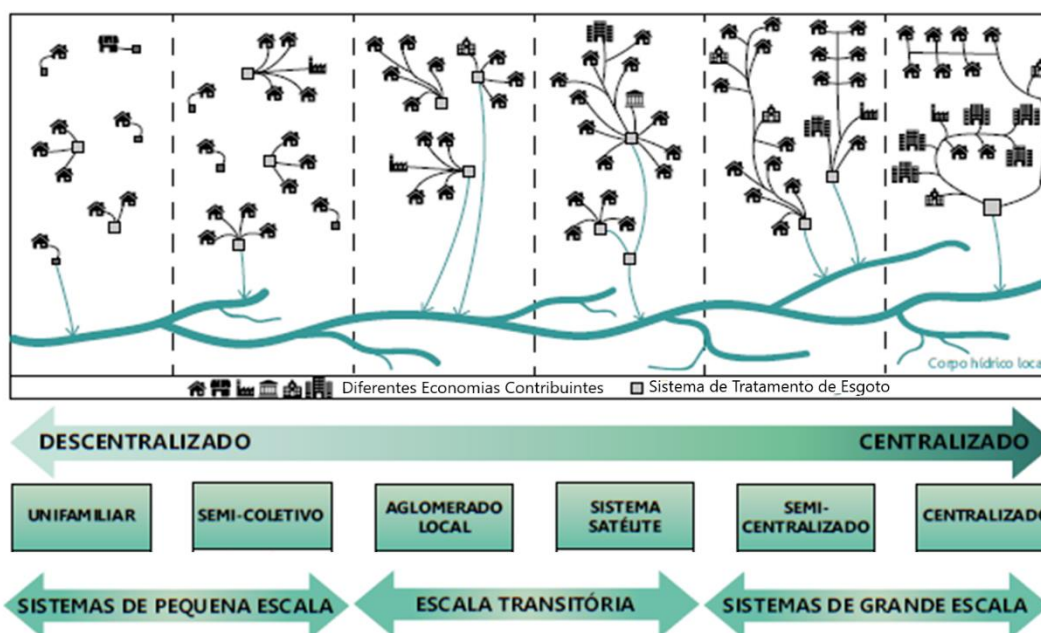
5.2.4. Comparação das alternativas de tratamento dos esgotos sanitários

Os sistemas coletivos convencionais de esgotamento sanitários são denominados sistemas centralizados. A partir do elevado adensamento de residências, as alternativas individuais não são mais adequadas para o tratamento e disposição dos esgotos. A densidade demográfica possibilita a viabilidade econômica do conjunto de unidades e equipamentos do denominado sistema de esgotamento sanitário centralizado ou convencional. Trata-se da implantação de rede coletora de esgotos sanitários, interceptores, emissários, estação elevatória de esgotos, e Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) (FUNASA, 2019b).

No âmbito local, os sistemas individuais coletam, tratam e realizam a disposição final próximo ao local de geração. Tonetti e colaboradores (2018, p. 35) explicam que os sistemas descentralizados são sistemas que “coletam, tratam e realizam a disposição final ou reuso do esgoto em local próximo à sua geração (...) que atendem um ou dois domicílios próximos ou podem ser projetados para pequenos aglomerados, como vilas, escolas rurais, igrejas, afins”. Deste modo, os sistemas de tratamento descentralizado de esgoto são sistemas intermediários entre o tratamento *in loco* e o centralizado (TCHOBANOGLIOUS; CRITES, 1998).

Segundo Rodríguez (2009), as tecnologias de tratamento descentralizado são usualmente empregadas em locais com população inferior a 2.000 habitantes, entretanto pode ser utilizada em populações superiores. De acordo com Tonetti e colaboradores (2018), pode ser realizada a distinção entre seis gradientes de sistemas de tratamento de esgoto, conforme o seu nível de centralização ou descentralização (Figura 26).

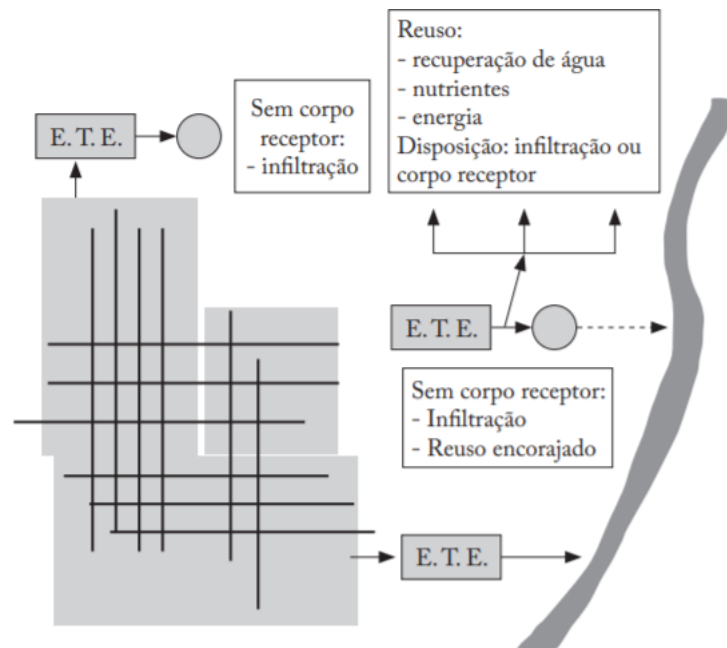
Figura 26 – Classificação dos tipos de sistemas de esgotamento sanitário



Fonte: Tonetti e colaboradores, 2018

As redes coletoras de esgotos, implantadas para direcionar os esgotos às ETEs centralizadas, percorrem grandes distâncias do local de geração dos esgotos – dos centros urbanos para locais periféricos –, tornando o custo de implantação de uma ETE significativamente elevado, podendo chegar a 60% do custo total (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013; MASSOUD e colaboradores, 2009). Assim as ETEs descentralizadas tentam reduzir os custos de rede coletora, tratando os esgotos próximos ao local de geração, podendo ser implantadas por sub-bacias ou em diversos arranjos, e permite ainda a disposição final realizada em corpo receptor ou no solo, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 – Estações de tratamento de esgotos descentralizadas



Fonte: Oliveira Jr., 2013

Moreira e colaboradores (2020), em nota técnica elaborada no âmbito do Projeto SanBas, elucidam que, no contexto do planejamento municipal, podem ser construídas ETES sustentáveis descentralizadas, como uma oportunidade de trazer benefícios econômicos e sociais. Dessa maneira, os sub-produtos gerados no tratamento de esgotos podem ser aproveitados, por exemplo: “i) o efluente tratado, que pode ser usado como água de reuso para diversos fins, a depender da sua qualidade; ii) o lodo, que pode ser aproveitado para condicionar o solo ou como fertilizante agrícola e; iii) o biogás, que pode ser recuperado para geração de energia” (SOARES e colaboradores, 2019 citado por MOREIRA e colaboradores, 2020).

Assim, são processos simples e de fácil manutenção e operação, que visam o conceito de economia circular, no qual é fechado um ciclo, reduzindo os resíduos do processo, inclusive, podendo contribuir para o desenvolvimento e melhoria da economia em seu entorno. Um estudo de caso, como exemplo, é apresentado em Moreira e colaboradores (2020), no qual o lodo, após ser higienizado, é utilizado na agricultura, o biogás é utilizado na higienização térmica do lodo e o remanescente de energia do biogás é utilizado para cocção ou aquecimento de água para banho.

Massoud e colaboradores (2009) apresentam que para as comunidades rurais, locais com menor densidade populacional, os fatores para escolha da tecnologia mais apropriada são igualmente observados, como a sustentabilidade econômica da tecnologia empregada, as demandas ambientais para preservação do meio ambiente para as futuras gerações, e socialmente aceitável, de acordo com fatores culturais e sociais da comunidade, além da saúde pública local (Figura 28).

Figura 28 – Fatores para escolha da tecnologia mais apropriada para áreas rurais



Fonte: Adaptado de Massoud e colaboradores, 2009

Massoud e colaboradores (2009) e Philippi (2000), ressaltam ainda a integração da comunidade para uma gestão participativa, na qual os cidadãos assumam uma maior responsabilidade quanto à definição das tecnologias mais adequadas para a realidade socioeconômica local e às condições específicas da comunidade, criando condições para o desenvolvimento da mão de obra local.

Contudo, no panorama do emprego de soluções de tratamento descentralizadas de esgoto, é comum encontrar baixo desempenho das unidades de tratamento, bem como diversas vezes são consideradas soluções temporárias e verifica-se a ausência de programa de gerenciamento que garanta o monitoramento e a inspeção regulares desses sistemas (VIANNA e colaboradores, 2019).

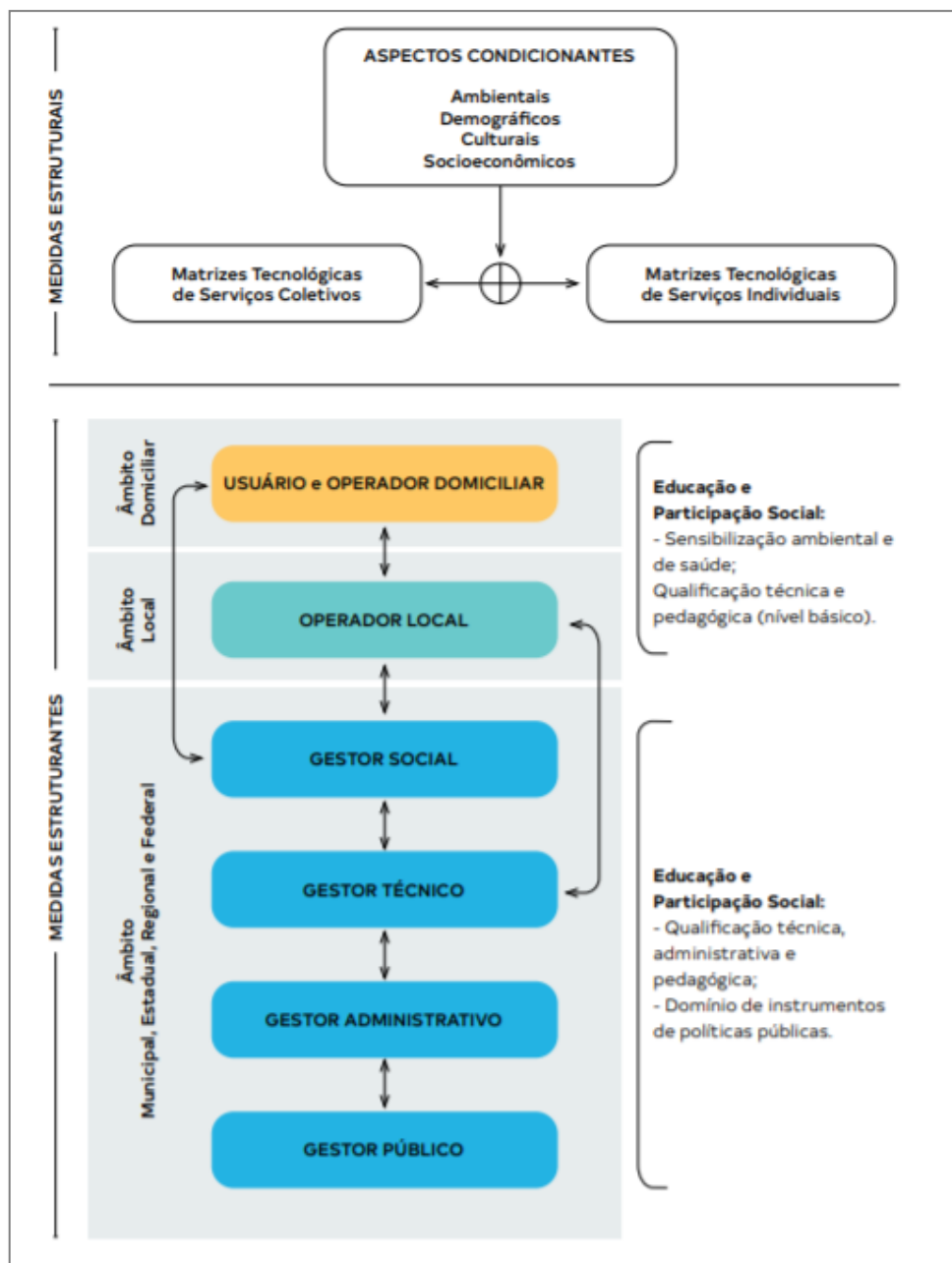
Deste modo, uma abordagem descentralizada vai ao encontro das diretrizes determinadas no PSBR (FUNASA, 2019a), sobretudo no âmbito da gestão multiescalar, com participação

social nos níveis domiciliar e local¹⁶. No qual, no nível domiciliar, os usuários arcam com a operação e manutenção rotineiras do sistema individual adotado, já no nível local arcam com as atividades rotineiras da solução tecnológica descentralizada empregada para a comunidade, e o Poder Público Municipal arca com a responsabilidade de organizar ou prestar os serviços, com apoio técnico-financeiro nos níveis regionais estaduais e federais.

O PMSB deve favorecer o cenário de discussão com a população sobre as vantagens e desvantagens dos sistemas centralizados e descentralizados, para isso é apresentado a integração estratégica do PSBR (FUNASA, 2019a) para os diversos atores envolvidos, com requisitos e atribuições necessárias (Figura 29).

¹⁶ A relevância da participação social para sustentabilidade dos serviços de saneamento básico está melhor detalhada no item 4 do presente documento.

Figura 29 – Interação dos três eixos estratégicos do saneamento básico nas áreas rurais e suas respectivas atribuições, requisitos e meios educacionais, para os diversos atores



Fonte: Funasa, 2019a

Diante do exposto, é necessária uma construção participativa para as tecnologias apresentadas no âmbito do PMSB para sistemas coletivos centralizados e descentralizados de esgotamento sanitário no município, além de adoção de soluções individuais que visem à proteção do meio ambiente e à saúde da população.

Em conversa com os representantes da população, foi possível observar a preferência pelos sistemas descentralizados em localidades com potencial de implantação, como Monjolinho e Sítio Laranjeiras. Para as demais localidades, os atores sociais entenderam que, devido à presença de casas muito dispersas, as soluções individuais são as mais adequadas e, como dito anteriormente, indicam que é necessário um planejamento e ajuda por parte da Prefeitura Municipal.

5.2.5. Cobrança pelos serviços prestados de esgotamento sanitário com base nos requisitos legais sobre sustentabilidade econômico-financeira

Sobre a cobrança pela prestação dos serviços de esgotamento sanitário, a redação alterada da Lei nº 11.445/2007 em razão da promulgação da Lei nº 14.026/2020 traz inovações no sentido de promover a obrigatoriedade de conexão às redes implantadas. Com destaque para os seguintes parágrafos do Capítulo VII - *DOS ASPECTOS TÉCNICOS* do referido marco legal:

§ 4º Quando disponibilizada rede pública de esgotamento sanitário, o usuário estará sujeito aos pagamentos previstos no **caput** deste artigo, sendo-lhe assegurada a cobrança de um valor mínimo de utilização dos serviços, ainda que a sua edificação não esteja conectada à rede pública. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 4º-A O pagamento de taxa ou de tarifa, na forma prevista no § 3º-A, não isenta o usuário da obrigação de conectar-se à rede pública de esgotamento sanitário e o descumprimento da obrigação sujeita o usuário ao pagamento de multa e às demais sanções previstas na legislação. (Incluído pela Medida Provisória nº 868, de 2018) (Vigência encerrada)

§ 5º O pagamento de taxa ou de tarifa, na forma prevista no **caput** deste artigo, não isenta o usuário da obrigação de conectar-se à rede pública de esgotamento sanitário, e o descumprimento dessa obrigação sujeita o usuário ao pagamento de multa e demais sanções previstas na legislação, ressalvados os casos de reúso e de captação de água de chuva, nos termos do regulamento (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

§ 6º A entidade reguladora ou o titular dos serviços públicos de saneamento básico deverão estabelecer prazo não superior a 1 (um) ano para que os usuários conectem suas edificações à rede de esgotos, onde disponível, sob pena de o prestador do serviço realizar a conexão mediante cobrança do usuário (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

§ 7º A entidade reguladora ou o titular dos serviços públicos de saneamento básico deverá, sob pena de responsabilidade administrativa, contratual e ambiental, até 31 de dezembro de 2025, verificar e aplicar o procedimento previsto no § 6º deste artigo a todas as edificações implantadas na área coberta com serviço de esgotamento sanitário (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020).

§ 8º O serviço de conexão de edificação ocupada por família de baixa renda à rede de esgotamento sanitário poderá gozar de gratuidade, ainda que os serviços públicos de saneamento básico sejam prestados mediante concessão, observado, quando couber, o reequilíbrio econômico-financeiro dos contratos (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020).

§ 9º Para fins de concessão da gratuidade prevista no § 8º deste artigo, caberá ao titular regulamentar os critérios para enquadramento das famílias de baixa renda, consideradas as peculiaridades locais e regionais (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020).

§ 10. A conexão de edificações situadas em núcleo urbano, núcleo urbano informal e núcleo urbano informal consolidado observará o disposto na Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017 (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020).

Importante observar que a não adesão às redes de esgotamento sanitário é um fenômeno recorrente na área de saneamento tendo sido observado em mais de um dos municípios que compõem o Projeto SanBas. Segundo Nota Técnica nº 55/2017 da ARSAE-MG, um dos motivos para a baixa adesão ao sistema de esgotamento sanitário é a baixa disponibilidade de pagamento pelo serviço. A ARSAE-MG no mesmo documento ainda ressalta que outro motivo para a baixa adesão aos sistemas de esgotamento sanitário é a utilização de outras soluções, pré-existentes à rede de esgoto, nas residências. Sob o ponto de vista do usuário do serviço de esgotamento sanitário, a solução do afastamento dos esgotos gerados no domicílio muitas vezes se mostra suficiente, não tendo relevância a questão ambiental. Portanto, localidades em que a solução fossa (séptica, infiltrante ou rudimentar) atende bem à população, apresentam uma enorme dificuldade para que o prestador eleve a adesão ao sistema coletivo dinâmico.

5.3. Serviços de manejo de águas pluviais

O manejo das águas pluviais e drenagem consistem em um componente do saneamento básico com especificidades quanto à sua gestão, diferenciando-o dos demais componentes. Isto porque não há uma diversidade de modelo de gestão atuando na prestação destes serviços nos municípios brasileiros, ficando sob responsabilidade geralmente, da prefeitura municipal, mais especificamente, do setor de obras. Destaca-se ainda a falta de recursos próprios, visto que, praticamente em todos os municípios brasileiros não se efetua a cobrança pelos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, bem como há dificuldade em se ter recursos humanos especializados e exclusivos para a prestação destes serviços. A partir desta realidade, nota-se um cenário desafiador para a efetivação de medidas estruturais e estruturantes relacionadas a este componente do saneamento básico nos municípios, que pode ser superado por meio do planejamento adequado da drenagem e manejo de águas pluviais, incluindo-se aqui a escolha de soluções tecnológicas compatíveis com a realidade local, orçamento econômico-financeiro do município e busca por financiamentos para obras estruturais mais onerosas. Ressalta-se também que a administração pública precisa entender a integralidade deste componente com os outros do saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e limpeza pública), as interferências e consequências da inexistência ou ineficácia de um componente pode refletir negativamente no outro, prejudicando, portanto, a qualidade de vida da população e do meio ambiente.

Ademais, a prestação dos serviços de manejo de águas pluviais está intimamente relacionada com o ordenamento do uso do solo nos municípios. Desta forma, um município que tenha leis específicas relacionadas ao tema, bem como efetue a implantação e fiscalização destas, provavelmente realizará um melhor planejamento deste componente do saneamento. Entre elas, se destacam as leis de Uso e Ocupação do Solo, Códigos de Obras, Códigos de Posturas, o Plano Diretor e o Plano Diretor de Drenagem. Conforme apresentado no Produto C do PMSB de Caxambu, o município possui leis de Uso e Ocupação do Solo, Códigos de Obras, Plano Diretor e não possui o Plano Diretor de Drenagem. Portanto, destaca-se a importância de implantar de fato tais legislações para o adequado planejamento e gestão municipal, especialmente no âmbito do manejo de águas pluviais e drenagem e de se realizar um estudo de viabilidade econômica para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem.

5.3.1. Plano Diretor de Drenagem e o PMSB

O Plano Diretor de Drenagem consiste em um instrumento técnico relevante para o planejamento adequado da prestação dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, abrangendo programas de ações, prevendo medidas estruturais e estruturantes, bem como estabelecendo o cronograma de implantação e mecanismos de monitoramento (FUNASA, 2019).

O Plano Diretor de Drenagem deve priorizar também as medidas não-estruturantes, incluir a participação pública, ser definido por bacia e sub-bacias. Objetiva ser o instrumento orientador do poder executivo não só nas questões pontuais como inundações, mas também nas medidas de macrodrenagem como contenções de encostas e cabeceiras. A sua elaboração consiste nas seguintes diretrizes:

- ❖ estudar a bacia hidrográfica como um todo, com o cadastro da macrodrenagem e inventário das ocorrências de inundações, controle de erosão, controle de vetores causadores de doenças;
- ❖ estabelecer normas e critérios de projeto uniformes para toda a bacia hidrográfica;
- ❖ identificar áreas que possam ser preservadas ou adquiridas pelo Poder Público;
- ❖ elaborar o zoneamento dos fundos de vale e das várzeas de inundação;
- ❖ valorizar o curso d'água com sua integração na paisagem urbana e fonte de lazer;
- ❖ estabelecer critérios para implantação de medidas necessárias de acordo com os recursos disponíveis;
- ❖ articular com os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, sistema viário;
- ❖ envolver a comunidade na discussão dos problemas e soluções propostas;
- ❖ adotar medidas preventivas e não somente corretivas (FCTH,1999).

Ainda que com a promulgação da Lei Federal nº 11.445/2007 a obrigação da elaboração do PMSB tenda a minimizar a necessidade de elaboração do Plano Diretor de Drenagem, uma vez que o Plano Municipal de Saneamento Básico contempla a drenagem e manejo de águas pluviais, tal instrumento pode auxiliar na efetivação das medidas estruturais e estruturantes definidas no PMSB. Além disso, as ações e medidas de controle definidas para o PMSB de Caxambu podem ser incorporadas ao se elaborar um Plano Diretor de Drenagem para o município, ao mesmo tempo que este último pode atuar como um instrumento complementar ao PMSB de Caxambu, no âmbito do planejamento desse componente do saneamento básico.

Os estudos de viabilidade técnica e econômica para a elaboração do Plano Diretor de Drenagem estão previstos na tabela de ações no item 3 deste produto e as ações propostas já estão em consonância com as diretrizes de um Plano Diretor de Drenagem.

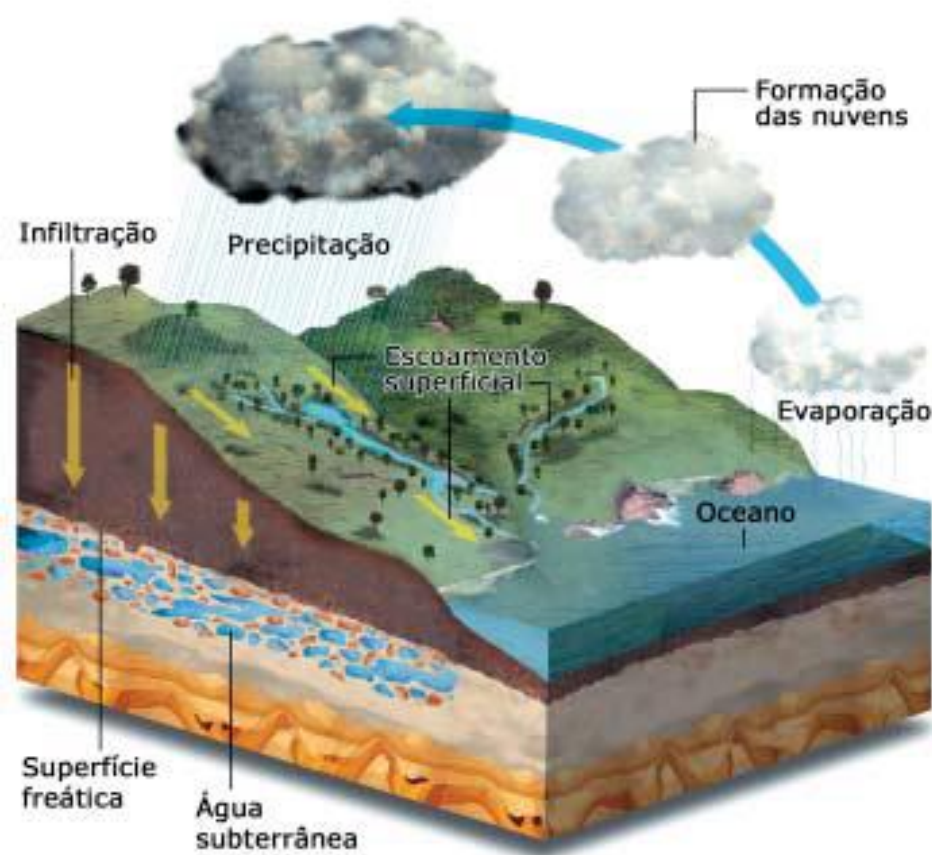
Conforme exposto, o planejamento dos serviços públicos de manejo de águas pluviais deve considerar as características da bacia hidrográfica onde o município está inserido, no caso de Caxambu, a Bacia Hidrográfica do Rio Grande e na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos 4 (UPGRH GD4), equivalente a sub-bacia do Rio Verde. O item 2.4.3.1. do Produto C deste PMSB apresenta sobre os recursos hídricos e sobre a bacia hidrográfica em que Caxambu está inserido. É importante apresentar, para uma visão macro da importância da drenagem pluvial, aspectos gerais do ciclo hidrológico e bacia hidrográfica.

5.3.2. Ciclo Hidrológico

As águas na natureza circulam e se transformam no interior das três unidades componentes do nosso planeta: a atmosfera, o solo e a hidrosfera - rios, lagos e mares. Para entender o ciclo hidrológico, deve-se partir do momento em que a água se evapora dos oceanos e da superfície da terra (a vegetação é importante nessa etapa) e passa a integrar a atmosfera na forma de vapor d'água. Em determinadas condições surgem gotículas que, pela ação da gravidade, formam a precipitação pluviométrica, ou seja, a chuva (Figura 30).

Desse ponto em diante, a água pode seguir basicamente por dois caminhos: parte infiltra através dos vazios do solo, abastecendo os reservatórios subterrâneos - lençol freático e aquíferos - e a outra parte forma o escoamento superficial. Salienta-se que, quanto maior for a retenção e a infiltração das águas de chuva, menor será o escoamento superficial e, conseqüentemente, menor a chance de ocorrer inundações. As águas armazenadas nos reservatórios subterrâneos fluem lentamente na chamada descarga base para os corpos d'água e, por meio da evaporação, inicia-se novamente o ciclo hidrológico (FEAM, 2006).

Figura 30 – Ilustração ciclo hidrológico



Fonte: FEAM, 2006

Portanto, considerar as etapas do ciclo hidrológico e como se comportam em uma bacia hidrográfica é importante para definir ações na escala municipal. Ao se considerar soluções que aumentam a infiltração das águas pluviais conforme será apresentado posteriormente neste capítulo, o escoamento superficial diminuirá e conseqüentemente evitará alagamentos e enchentes, além de contribuir para a recarga de aquíferos que por sua vez vão alimentar os corpos d'água superficiais que estão na bacia hidrográfica. Salientando a importância da vegetação que influi diretamente no ciclo hidrológico seja na infiltração das águas pluviais, na redução de assoreamento e na evaporação que forma as nuvens de precipitação.

5.3.3. Bacia Hidrográfica

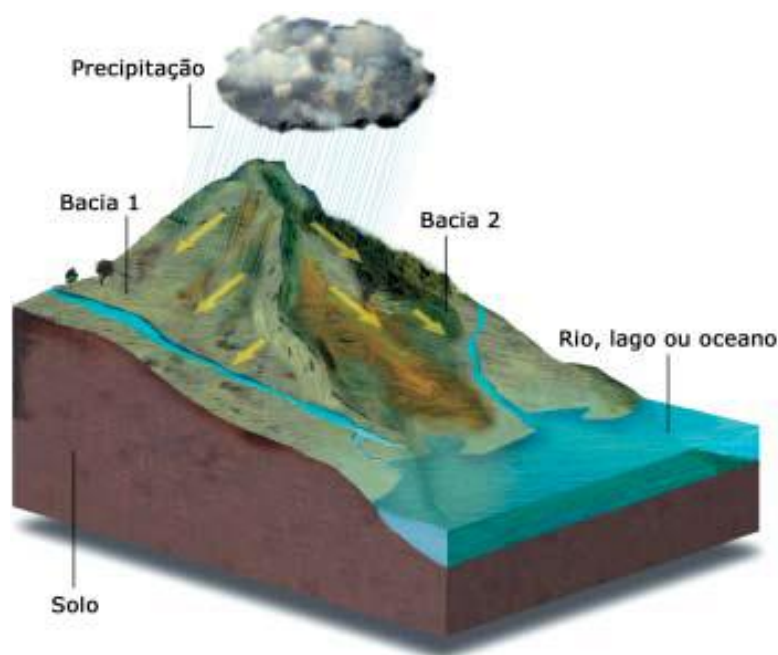
A bacia hidrográfica pode ser entendida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. A noção de bacia hidrográfica inclui naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes, etc. Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede hídrica. O conceito

de bacia hidrográfica inclui, também, a noção de dinamismo, devido às modificações que ocorrem nas linhas divisórias de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia. As características geomorfológicas e geológicas possibilitam a determinação da parcela de chuva que escoar sobre a superfície do solo, a qual deve ser captada e conduzida ao seu destino final pelas canalizações pluviais. Outras variáveis que influenciam o comportamento das chuvas e da bacia são:

- ❖ **cobertura vegetal** - quando a cobertura é densa, como nas matas e gramados, tende a favorecer a infiltração rápida, protegendo o solo contra as erosões. O efeito da cobertura do solo pode ser até mais importante que o tipo de solo;
- ❖ **uso da terra** - o solo revestido de quadras habitadas, ruas, estradas - consequência da urbanização - acarreta a impermeabilização progressiva do terreno, reduzindo, sensivelmente, a capacidade de infiltração do solo. Desse modo, deve-se estudar o efeito produzido pela impermeabilização no aumento da parcela de escoamento superficial.

A Figura 31 apresenta uma ilustração de bacias não urbanizadas.

Figura 31 – Bacias não urbanizadas



Fonte: FEAM, 2006

Essas características são completamente individualizadas para cada bacia contribuinte, sendo necessário, portanto, conhecer as diversas influências e, conseqüentemente, a se determinarem

as vazões geradas (FEAM, 2006). A Figura 32 apresenta uma ilustração de uma bacia urbanizada.

Figura 32 – Bacia urbanizada



Fonte: FEAM, 2006

Os sistemas de drenagem são sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais aos cursos d'água. A enchente é um fenômeno natural do regime do rio, e todo rio tem sua área de inundação. As inundações passam a ser um problema para o homem quando ele deixa de respeitar os limites naturais dos rios, ocupando suas áreas marginais. As inundações urbanas podem ser:

- ❖ **em áreas ribeirinhas:** os rios possuem dois leitos - o leito menor em que a água escoar na maioria do tempo e o leito maior. Este último costuma ser inundado pelo menos uma vez a cada dois anos;
- ❖ **devido à urbanização:** o aumento da densidade de ocupação por edificações e obras de infraestrutura viária resulta em maiores áreas impermeáveis e, como consequência, o incremento das velocidades de escoamento superficial e a redução de recarga subterrânea. A recarga do aquífero se processa através das águas de chuva ou pelas águas de um rio, quando este percorre um leito poroso. O aquífero subterrâneo é o responsável pelo abastecimento de toda nascente d'água e a impermeabilização do solo poderá eliminá-las e, conseqüentemente, os rios desaparecerão. Em áreas urbanas é comum a inundação localizada devido ao estrangulamento do curso d'água por pilares de pontes, adutoras, aterros e rodovias que reduzem a seção de escoamento do

rio. Um sistema de drenagem eficiente é o que drena os escoamentos sem produzir impactos nem no local nem a jusante.

A estratégia utilizada para os problemas de drenagem esteve, durante anos, voltada para a retificação dos rios, córregos e o revestimento de suas calhas, com graves consequências ambientais, destacando-se: aumento das velocidades de escoamento e, conseqüentemente, a transferência de inundação para jusante; eliminação de ecossistemas aquáticos; processos erosivos nas margens dos cursos d'água e elevados custos para o município, sem, necessariamente, obter resultados efetivos. Atualmente, o sistema de drenagem urbana aponta para a preservação dos cursos d'água, sua despoluição e a manutenção das várzeas de inundação, de forma que não sejam necessárias obras estruturantes, reduzindo-se custos de implantação e problemas provocados pelas mesmas, tirando proveito de seu potencial urbanístico como áreas verdes e parques lineares (FEAM, 2006), exemplos serão apresentados ainda neste tópico.

5.3.4. Bacias urbanas compartilhadas

Muitas cidades possuem, entretanto, bacias hidrográficas em comum com outros municípios, apresentando o seguinte cenário: um município a montante de outro e o curso d'água dividindo-os. Nesse caso, o controle institucional da drenagem pode ser realizado por meio de legislação municipal adequada para cada município. A cidade é um dos usuários dos recursos hídricos na bacia hidrográfica, retirando água para abastecimento e lançando seus efluentes. Os impactos exportados pela cidade para o sistema de rios da bacia hidrográfica – como enchentes e contaminação dos efluentes a jusante nos corpos hídricos, por exemplo, rios, lagos e reservatórios – são resultantes das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para seu controle podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos, regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos (TUCCI, 2012).

A gestão desse controle é estabelecida por medidas desenvolvidas dentro da cidade por meio de legislação municipal ou distrital e ações estruturais específicas. Dessa forma, cabe ao município a gestão nesse espaço. A gestão das ações dentro do ambiente urbano pode ser definida de acordo com a relação de dependência da água por meio da bacia hidrográfica ou da jurisdição administrativa da cidade, do estado ou da nação. A gestão pode ser realizada de acordo com a definição do espaço geográfico externo e interno à cidade. Os principais problemas relacionados ao uso do solo que resultam em impactos diretos sobre os recursos hídricos podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- ❖ A expansão irregular sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades.
- ❖ A população de baixa renda tende a ocupar as áreas de risco de encostas e de áreas de inundações ribeirinhas, devido à falta de planejamento e fiscalização.
- ❖ Aumento da densidade habitacional, com consequente aumento da demanda de água e do aumento da carga de poluentes sem tratamento de esgoto, lançados nos rios próximos às cidades.
- ❖ O planejamento urbano tem levado a uma excessiva impermeabilização das áreas públicas; canalização dos rios urbanos que, posteriormente, são ainda cobertos por concretos e avenidas, produzindo inundações em diferentes locais da drenagem.

As consequências da falta de sustentabilidade da expansão urbana tem sido a perda de mananciais, a redução da cobertura de água segura para a população, o aumento da frequência de inundações, a deteriorização da qualidade da água nos rios e a perda de qualidade de vida da população. As principais causas são (TUCCI, 2012).:

- ❖ Contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos com os efluentes urbanos, como, por exemplo, o esgoto sanitário e os resíduos sólidos.
- ❖ Disposição inadequada dos esgotos sanitários, águas pluviais e resíduos sólidos nas cidades.
- ❖ Inundações nas áreas urbanas devido à impermeabilização das superfícies urbanas e canalização do escoamento pluvial.
- ❖ Erosão e sedimentação gerando áreas degradadas.
- ❖ Ocupação de áreas ribeirinhas, com risco de inundações e de áreas de grandes inclinações, como, por exemplo, morros urbanos, sujeitos a deslizamento após período chuvoso.

5.3.5. Diretrizes/medidas de controle e estratégias para os serviços públicos de manejo de águas pluviais e drenagem

As diretrizes/medidas de controle e estratégias para os serviços públicos de manejo de águas pluviais e drenagem estão contempladas como objetivos, estratégias, ações e descrições destas ações na Tabela 16 e Tabela 21 do item 3 do presente documento. Além disso, estão contempladas no escopo do Programa de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais do Produto E do PMSB de Caxambu.

Conforme já exposto, importante ressaltar a contemplação dos critérios de integralidade – quando uma ação implementada em um determinado serviço equaciona também problemas diagnosticados em um ou mais dos outros serviços de saneamento básico – e intersectorialidade – quando uma ação implementada em um componente de saneamento básico impacta positivamente em outro componente –, ambos descritos no TR da Funasa (2018, p. 163).

Ações relacionadas à infiltração da água de chuva, por exemplo, corroboram para a recarga dos aquíferos, aumentando a disponibilidade hídrica, que por sua vez podem solucionar problemas de escassez hídrica, equacionando um problema referente a outro componente do saneamento básico (abastecimento de água). As ações para a redução do lançamento de esgotos na rede pluvial, por sua vez, podem equacionar problemas de contaminação ambiental e dos recursos hídricos, impactando positivamente a política de meio ambiente do município. Por fim, as ações para reduzir o descarte de resíduos sólidos de maneira ambientalmente inadequada contribuem para a redução do acúmulo de resíduos nas bocas de lobo e outros equipamentos de drenagem pluvial, evitando a proliferação de vetores de doenças e ocorrência de uma série de situações indesejadas nos períodos chuvosos, como o entupimento das redes de águas pluviais, impactando positivamente a saúde pública e equacionando problemas relacionados ao manejo de águas pluviais.

5.3.6. Soluções tecnológicas de manejo de águas pluviais e drenagem

Conforme abordado por Silva e Moura (2020), citando Baptista e colaboradores (2011), historicamente, o manejo das águas pluviais tem sido baseado na abordagem higienista que preconiza o escoamento das águas pluviais rapidamente para jusante, de preferência por via subterrânea e por gravidade, através dos sistemas clássicos de drenagem. Tal abordagem tem resultado sistematicamente na canalização, retificação e cobertura de rios e córregos, com progressivo desaparecimento dos cursos d'água da paisagem urbana (BAPTISTA e colaboradores, 2011; MIGUEZ e colaboradores, 2016; SOUZA e colaboradores, 2012). Porém, a urbanização intensa observada a partir dos anos de 1950 evidenciou as limitações de soluções clássicas de drenagem. Entre os problemas advindos da evacuação de águas pluviais para jusante há a ocorrência de inundações mais frequentes, acarretando a necessidade de construção de novas obras, muitas vezes onerosas (BAPTISTA e colaboradores, 2011).

Dentro dos sistemas clássicos de drenagem temos as estruturas de micro e macrodrenagem, apresentadas a seguir.

5.3.6.1. Microdrenagem

A Figura 33 apresenta um corte esquemático de como as redes de drenagem e as de água e esgoto devem ser instaladas. As estruturas de microdrenagem são: pavimentos das ruas com as guias para auxiliar no direcionamento do fluxo de água; as sarjetas, responsáveis por efetuar o transporte das águas superficiais nas ruas (Figura 34); as bocas de lobo (Figura 35) para a captação dessas águas quando a capacidade de vazão é superada; e os condutos, usualmente enterrados como a rede, poços de visita (Figura 36), interceptores, coletores, destinados ao transporte dessas águas até deságue. Quando bem projetado, e com manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou as interrupções das atividades urbanas que advém das inundações e das interferências de enxurradas.

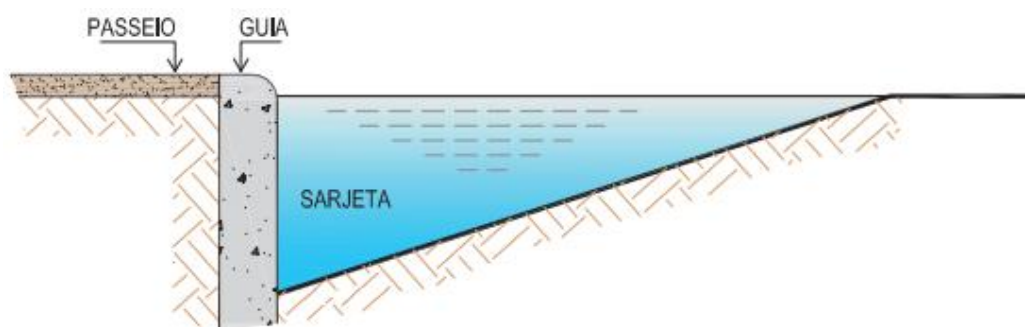
Ressalta-se a importância de se implantar e/ou substituir os sistemas unificados por sistemas separadores das redes de esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Como apresentado na seção 6 do Produto C do presente PMSB, no município de Caxambu emprega-se sistema separador de microdrenagem subterrânea, de forma que, ao implementar novas redes de drenagem no município, deve-se continuar empregando sistema separador.

Figura 33 – Corte transversal de esquema de redes de infraestrutura de saneamento básico



Fonte: KNAPIK, 2017

Figura 34 – Exemplo de sarjeta: sarjeta triangular



Fonte: Funasa, 2019

Figura 35 – Tipos de bocas de lobo

a. BOCA-DE-LOBO DE GUIA



b. BOCA-DE-LOBO COM GRELHA



c. BOCA-DE-LOBO COMBINADA



d. BOCA-DE-LOBO MÚLTIPLA

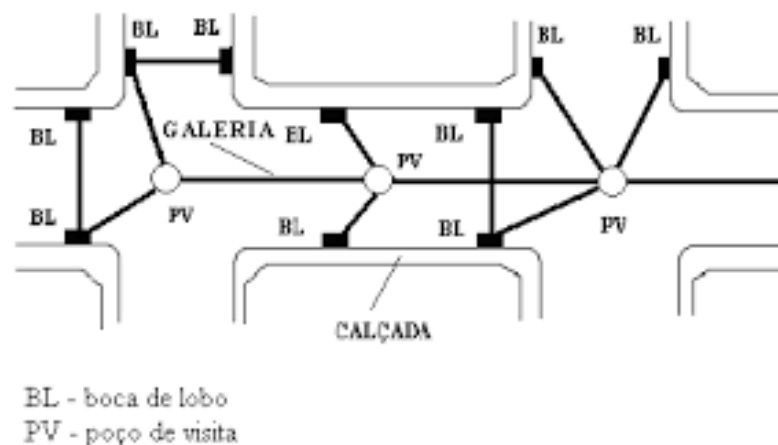


e. BOCA-DE-LOBO COM FENDA HORIZONTAL LONGITUDINAL



Fonte: Paraná, 2002

Figura 36 – Esquema de rede de microdrenagem



Fonte: Menezes Filho e Costa, 2012

Conforme o item 6.4 do Produto C do PMSB de Caxambu, o município possui uma extensão de 18.869 metros de redes coletoras de águas pluviais em diversos diâmetros, em tubulações em concreto armado e galerias de pedras, insuficientes para o escoamento adequado das águas. O município possui três bacias receptoras de águas pluviais que são: o córrego Bengo, que recebe aproximadamente 50%, Ribeirão Ata 10% e córrego João Pedro com 40%, sendo que os córregos João Pedro e Ata necessitam atenção nas manutenções preventivas. Desta forma, deve ser contínua as ações de ampliação e manutenção dos dispositivos de microdrenagem em Caxambu visando manter a eficiência hidráulica dos dispositivos de microdrenagem, bem com os de macrodrenagem.

5.3.6.2. *Macrodrenagem*

Já as estruturas de macrodrenagem são os canais abertos (Figura 37) e galerias – condutos enterrados de porte significativo (Figura 38), além de outras obras complementares, como bueiros (Figura 39), dissipadores de energia e estações elevatórias de águas pluviais. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica. Esses sistemas encaixam-se no contexto do controle do escoamento superficial direto, tendo tradicionalmente como base o enfoque orientado para o aumento da condutividade hidráulica do sistema de drenagem.

Figura 37 – Canal aberto



Fonte: Baptista e colaboradores, 2005

Figura 38 – Galeria de drenagem



Fonte: Baptista e colaboradores, 2005

Figura 39 – Exemplo de bueiro: bueiro celular duplo de seção quadrada



Fonte: Funasa, 2019

5.3.6.3. Soluções Baseadas na Natureza

A partir da década de 1970, soluções alternativas à abordagem higienista para a drenagem urbana passaram a ser consideradas em um primeiro momento no meio acadêmico e, posteriormente, entre gestores e demais atores envolvidos no manejo das águas pluviais. Abordagens de caráter mais holístico, com múltiplos objetivos e visando o planejamento, operação e manutenção de sistemas de drenagem mais sustentáveis têm sido desenvolvidas e adotadas em todo o mundo (SILVA; MOURA, 2020).

No contexto de novas abordagens do manejo de águas pluviais surgem as Soluções Baseadas na Natureza (SBNs), que aproveitam características e processos complexos existentes na natureza para, por exemplo, reduzir o risco de desastre, promover formas sustentáveis de urbanização, melhorar o bem-estar humano e a qualidade de vida (EUROPEAN UNION, 2015; HERZOG; ROZADO, 2019). É importante frisar que este tema foi objeto de nota técnica específica elaborada no âmbito do Projeto SanBas, em 2020, pelas professoras da UFMG Talita Silva e Priscilla Moura (SILVA; MOURA, 2020).

Conforme destacado na referida nota técnica, para serem efetivas, essas soluções devem ser adaptadas às condições locais e contar com participação e engajamento social em seu processo

de concepção, implantação e operação (EUROPEAN UNION, 2015; HERZOG; ROZADO, 2019).

Técnicas como telhados e fachadas verdes, pomares e hortas em terraço, aproveitamento de águas pluviais são exemplos de soluções baseadas na natureza na escala do terreno ou peridomicílio, ao passo que pavimentos permeáveis, renaturalização de áreas abandonadas, parques e florestas urbanos são exemplos de soluções baseadas na natureza aplicadas na escala da cidade. Essas estratégias aplicadas em conjunto têm potencial para minimizar, por exemplo, o efeito de ilhas de calor, reduzir o escoamento superficial, criar *habitat*, ampliar as possibilidades de lazer da população e até mesmo criar oportunidades de emprego (SILVA; MOURA, 2020).

Entre as soluções baseadas na natureza pode-se citar também os jardins de chuva, valetas para biorretenção, trincheiras e poços de infiltração, corredores ecológicos, parques lineares, reflorestamento, arborização de vias, proteção e recuperação de nascentes, áreas de recarga de aquífero e ecossistemas litorâneos (mangue, restinga), renaturalização de rios e córregos, recuperação da qualidade da água de lagos e reservatórios, trilhas ecológicas para ciclismo, criação de viveiros para produção e distribuição de mudas, hortas e jardins comunitários, biodigestores, jardins filtrantes e lagoas de estabilização para tratamento de (pequenos volumes) águas residuais, compostagem de resíduos orgânicos. Essa é uma enumeração não exaustiva, de caráter apenas ilustrativo, de soluções baseadas na natureza (SILVA; MOURA, 2020).

A adoção de soluções baseadas na natureza pode trazer diversos benefícios para o manejo de águas pluviais, sendo alguns deles (SILVA; MOURA, 2020):

- ❖ Restabelecimento de processos do ciclo hidrológico;
- ❖ Melhoria da qualidade da água do escoamento superficial;
- ❖ Aumento da infiltração e recarga de aquíferos;
- ❖ Supressão de focos de alagamento e empoçamentos;
- ❖ Redução do escoamento superficial.

Tal como exposto no item 6.4 Diagnóstico Técnico-Participativo (Produto C do PMSB de Caxambu), entre as possíveis causas das ocorrências de alagamentos e inundações está a incapacidade de transporte de vazão de águas pluviais do Ribeirão Bengo e Ribeirão de João Pedro. Essa constatação foi observada mediante os registros fotográficos, as entrevistas

individuais com moradores de diversos bairros e conversas com gestores da Prefeitura Municipal. Como observado no Produto C, o presente Prognóstico recomenda a adoção de tecnologias baseadas na natureza com o objetivo de controlar a vazão de escoamento pluvial e conter ou evitar inundações e alagamentos, bem como favorecer a infiltração das águas no solo.

Recomenda-se, ainda, que a adoção de tecnologias de manejo das águas pluviais que possibilitem a infiltração das águas seja pautada na preservação das áreas de recarga natural do aquífero de águas minerais que abastece o Parque das Águas, dado o seu valor cultural, histórico e econômico para o município de Caxambu.

5.3.6.4. Alternativas tecnológicas

As alternativas tecnológicas apresentadas nesse tópico são, também, uma retomada das proposições contidas no Programa Saneamento Brasil Rural (PSBR), no capítulo referente ao Eixo Tecnologia, componente Manejo de Águas Pluviais.

A proposição de soluções tecnológicas de manejo de águas pluviais tem como objetivo eliminar ou reduzir os efeitos adversos provocados pela inexistência ou inadequação de técnicas aplicadas ao controle das águas pluviais. O PSBR aborda os problemas decorrentes da inadequação de serviços públicos nas seguintes escalas (PSBR, 2019):

- ❖ Peridomicílio: compreende a residência do indivíduo e o terreno que a circunda – tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais do território municipal.
- ❖ Sistema viário interno: compreende as vias internas dos bairros, distritos, comunidades rurais, e outras localidades de aglomerados.
- ❖ Sistema viário externo: compreende as vias que dão acesso aos aglomerados (estradas vicinais). No município de Caxambu, são exemplos de sistema viário externo as estradas que dão acesso aos bairros/localidades rurais.
- ❖ Ambientes naturais: correspondem às áreas de campo, florestas, caatinga e corpos de água.
- ❖ Setor agrícola: áreas destinadas à agricultura.

As medidas estruturais representam interferências nas características do escoamento. São responsáveis pelo direcionamento e controle do fluxo das águas pluviais, por meio de novas estruturas e consistem na implantação de obras que modificam o sistema natural para a retenção ou detenção do escoamento, como, por exemplo, a construção de reservatórios, diques e canalizações abertas e fechadas (FUNASA, 2019). Já as medidas estruturantes (não estruturais)

são de caráter legal e institucional e procuram disciplinar a urbanização de forma a minimizar os seus efeitos no regime hídrico das bacias. Tem por objetivo, sem alterar a morfologia, reduzir os impactos com a aplicação de medidas e princípios que visam reduzir o risco hidrológico e as interferências causadas por ações antrópicas. Em suma, são ações que integram a gestão das águas pluviais nas sub-bacias hidrográficas que compõem o território urbano de uma cidade (FUNASA, 2019). Essas e outras ações deverão compor a atuação intersetorial da Prefeitura Municipal, envolvendo secretarias com competências nas áreas de meio ambiente, agricultura, recursos hídricos, obras e transporte, entre outras áreas afins à proteção da bacia hidrográfica do Rio Grande, inclusive estabelecendo ações intermunicipais por meio de consórcios públicos.

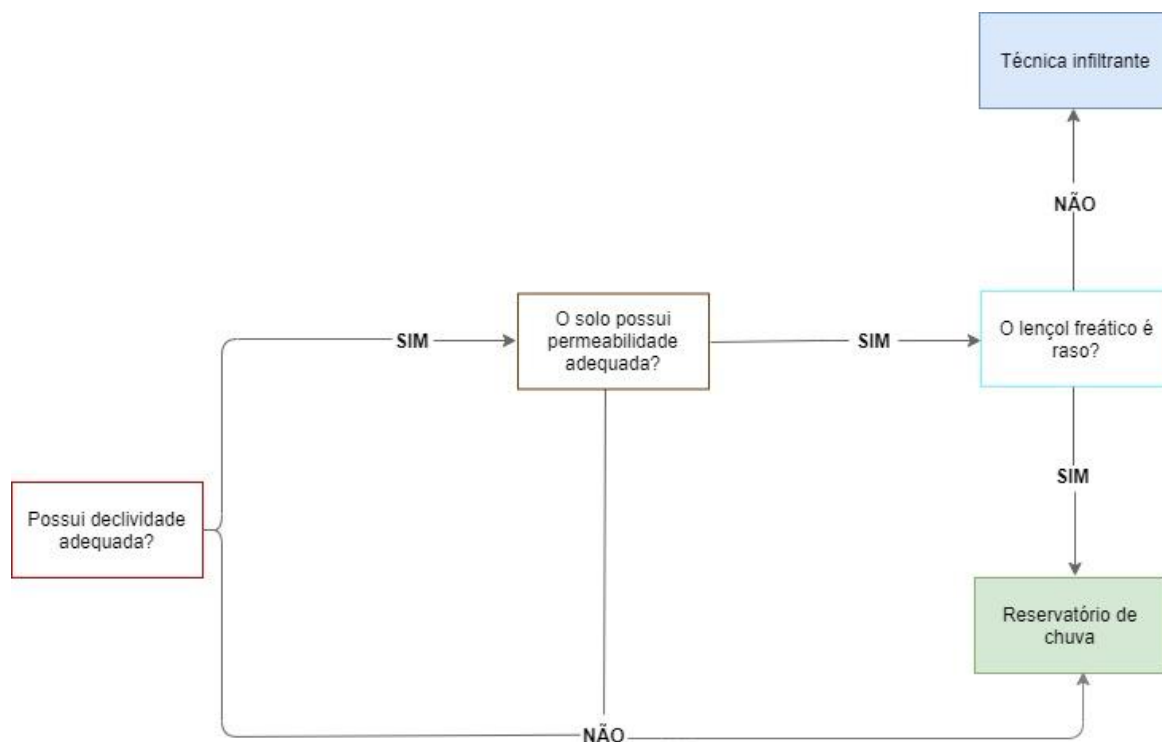
As ações estruturais estão fundamentadas em alternativas tecnológicas. Entre os fatores condicionantes da escolha da solução tecnológica de manejo de águas pluviais, o PSBR (2019, p. 116-117) considera relevantes¹⁷:

- ❖ disponibilidade fundiária, diretamente correlacionada à densidade demográfica local;
- ❖ fatores ambientais:
 - tipo de solo, fator relacionado à capacidade de infiltração da água no terreno;
 - profundidade do lençol freático;
 - declividade do terreno.

A seguir são exemplificadas soluções tecnológicas que podem ser aplicadas no município tanto na escala de terreno/peridomicílio quanto na escala de cidade/sistemas viários. De forma geral, as técnicas apresentadas baseiam-se, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas precipitadas, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume escoado, reduzindo a possibilidade de inundações (BAPTISTA e colaboradores, 2011). A seleção de qual técnica é a mais adequada depende de fatores diversos, como por exemplo, a declividade do terreno, a permeabilidade do solo e o nível freático do lençol (Figura 40) e precisa de estudos, projetos e análises com profissionais, os gestores municipais e população.

¹⁷ O PSBR indica ainda que fatores climáticos irão interferir no dimensionamento das estruturas, mas não forçosamente na escolha da solução a ser adotada.

Figura 40 – Soluções tecnológicas de manejo de águas pluviais para a escala peridomicílio



Fonte: Adaptado de PSBR, 2019

Como observado no Diagnóstico Técnico-Participativo (Produto C do PMSB de Caxambu), as ocorrências de inundações e alagamentos concentram-se em áreas urbanas do município. Observou-se que o sistema de drenagem pluvial nos bairros de maior declividade (Tabela 60) está majoritariamente pautado no escoamento superficial das águas. Nesses bairros, as ruas recebem a drenagem pluvial dos domicílios, o que acarreta em aumento da vazão de escoamento superficial e pode até formar correntezas de águas pluviais, a depender da intensidade das chuvas.

Tabela 60 – Bairros urbanos em áreas de maior declividade por microbacia

Microbacia	Bairros urbanos situados em áreas de morro e/ou topo de morro	Ruas com ocorrências de correnteza pelo escoamento pluvial
Ribeirão Bengo	Jardim das Nações Vista Alegre Cascatinha Bosque Observatório Trançador Alto Santa Rita Santa Tereza	Av. Olímpio Almeida R. Juvêncio Sacramento R. Florentino Aníbal Av. Getúlio Vargas R. João Pinheiro R. João Carlos R. José de Paula Pereira R. Joaquim dos Santos R. Silvestre Ferraz
Ribeirão de João Pedro	Vale das Colinas Águas Cristalinas Talismã Vila Santo Antônio Vila Verde I, II, III, IV Santa Tereza Belvedere Santa Terezinha Alvorada	Av. Antônio Ferreira da Silva

Considera-se que a adoção de soluções baseadas na natureza nesses bairros (Tabela 60) seja estratégico para contribuir com o controle da vazão de escoamento pluvial e contenção de alagamentos nas partes mais baixas das áreas urbanas, destacando-se na microbacia do Ribeirão Bengo nas áreas do Centro: ao redor da Rodoviária, do Parque das Águas e da Avenida Ápio Cardoso, bem como na microbacia do Ribeirão João Pedro nas áreas do Bairro Caxambu Velho próximas ao Posto de Saúde e à igreja Assembleia de Deus.

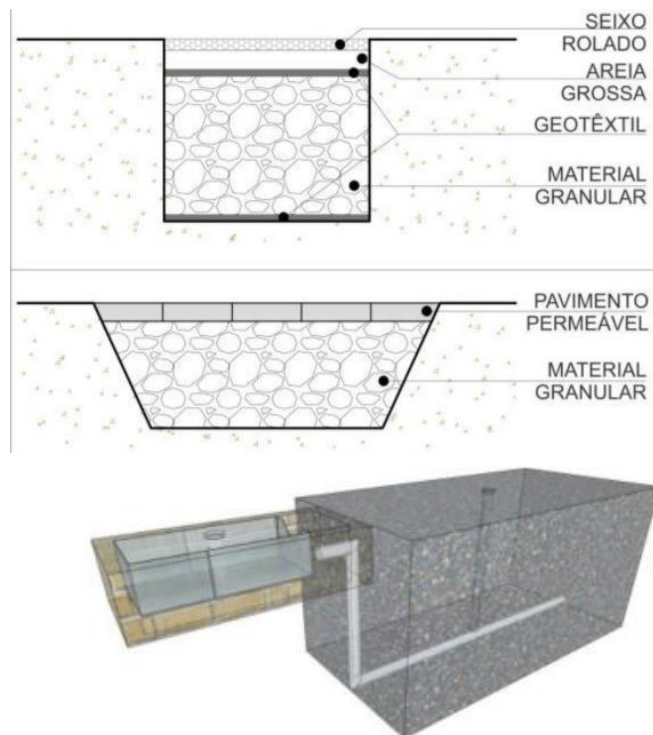
a) Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração são dispositivos lineares (comprimento extenso em relação à largura e à profundidade) que recolhem o excesso superficial para concentrá-lo e promover sua infiltração no solo natural (SILVEIRA, 2002).

A trincheira é escavada no solo e preenchida com brita uniforme. Podem estar descobertas ou cobertas com grama ou com um revestimento permeável. As paredes e o topo são revestidos por um filtro geotêxtil para evitar penetração de sedimentos. A água recolhida infiltra pelas paredes e o fundo e exige que o solo tenha taxa de infiltração nem muito baixa, para que o tempo de esvaziamento não seja elevado, nem muito alta a ponto de contaminar o freático, por falta de filtragem no solo. A trincheira de infiltração tem, portanto, a função principal de amortecer as vazões de pico de um escoamento superficial e promover a recarga do aquífero, mas outra importante função é a de promover o tratamento do escoamento pela infiltração no solo (SILVEIRA, 2002).

As trincheiras devem ser longas e estreitas e sua utilização não é recomendada em áreas industriais ou comerciais em função do perigo de contaminação com substâncias químicas, pesticidas e derivados de petróleo. Nem devem ser posicionadas próximas a captações de água de poços (SILVEIRA, 2002). A Figura 41 e a Figura 42 apresentam exemplos de trincheiras de infiltração.

Figura 41 – Exemplos de trincheiras de infiltração



Fonte: Lucas e colaboradores 2013; Chahar e colaboradores, 2012

Figura 42 – Trincheira de infiltração em passeios



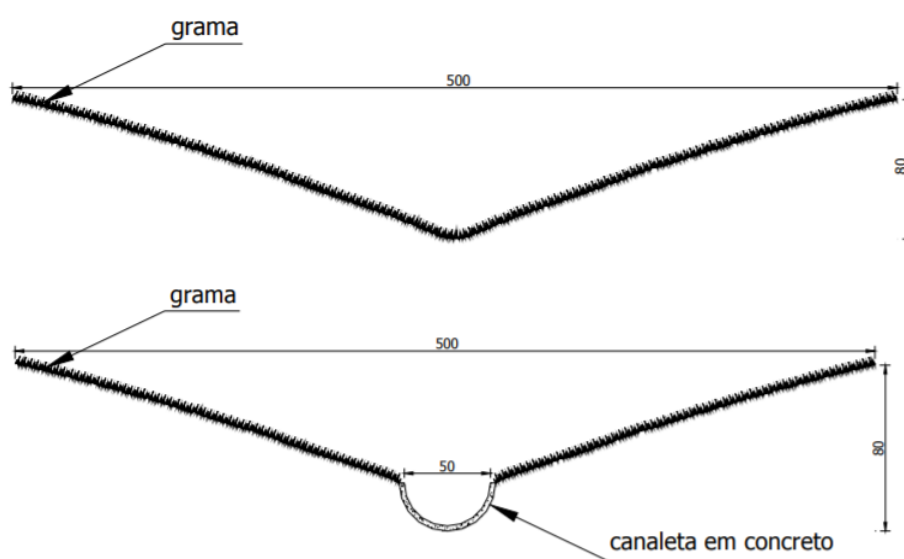
Fonte: Moura, 2004

b) Valas de infiltração

As valas de infiltração são depressões lineares gramadas do terreno concebidas para funcionar como pequenos canais onde o escoamento pluvial é desacelerado e infiltrado parcialmente no percurso, com o excesso destinado a uma rede pluvial convencional. A vala de infiltração pode incorporar pequenas barragens de desaceleração favorecedoras de infiltração (SILVEIRA, 2002).

Os efeitos esperados das valas só são significativos para declividades menores de 5%, visto que em terrenos muito declivosos a alta velocidade de escoamento pode dificultar significativamente a infiltração. Em locais com altas intensidades de chuva, essa técnica pode não ser adequada, visto que o solo poderá saturar rapidamente e promover escoamentos maiores em volume e velocidade, anulando seu efeito. Para chuvas menos intensas, porém frequentes, pode haver desconforto e perigos sanitários pela constante presença de água nas valas (SILVEIRA, 2002). A Figura 43 e a Figura 44 apresentam exemplos de valas de infiltração.

Figura 43 – Exemplos de valas de infiltração



Fonte: Azzout e colaboradores, 1994 citado por Moura, 2004

Figura 44 – Vala de infiltração com canaleta de concreto



Fonte: Moura, 2004

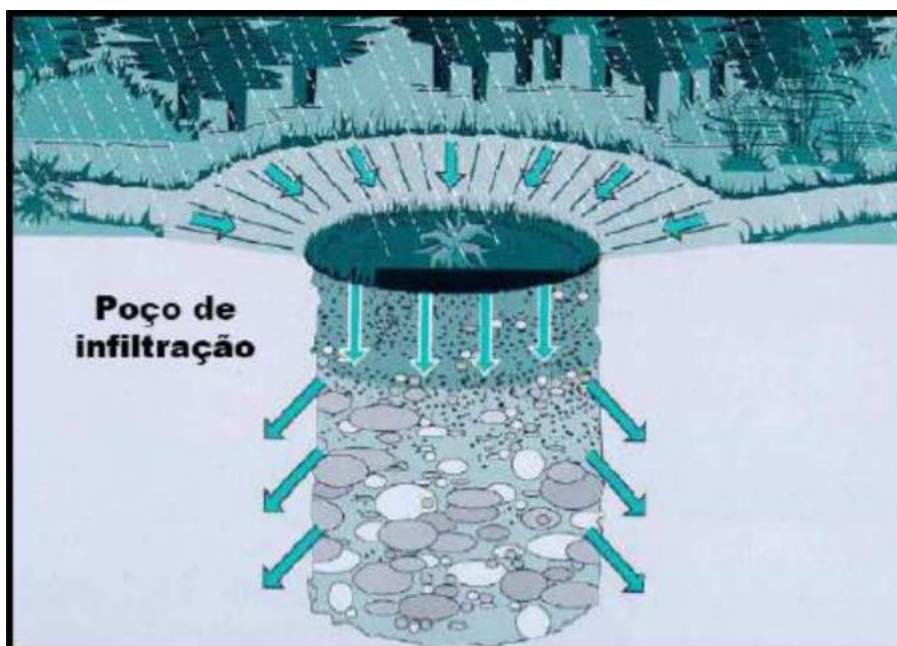
c) Poço de infiltração

Os poços de infiltração são dispositivos pontuais que permitem a evacuação do escoamento superficial para dentro do solo. Construtivamente podem estar estruturados por um preenchimento com brita (meio poroso) ou por um revestimento estrutural fixando a parede interna e possibilitando o interior vazio (SILVEIRA, 2002).

Representando uma técnica alternativa de redução e amortecimento de picos de escoamento superficial de uma área, os referidos poços integram-se muito bem às soluções urbanísticas pois ocupam pouco espaço e podem mesmo passar despercebidos se isto for uma escolha do projetista (SILVEIRA, 2002).

A característica pontual faz com que os poços de infiltração gerem uma economia significativa na construção de redes pluviais convencionais. Entretanto, é preciso estar-se ciente da relativamente pequena capacidade volumétrica de armazenamento dos poços. Em compensação associam-se muito bem a outras medidas de controles. Como toda medida de controle de infiltração, os poços não toleram grandes cargas de sedimentos e poluentes. Estes escoamentos muito poluídos devem ser desviados ou tratados previamente em estruturas especiais (com decantadores e filtros) (SILVEIRA, 2002). A Figura 45 e a Figura 46 apresentam exemplos de poços de infiltração.

Figura 45 – Fluxo de água em um poço de infiltração



Fonte: Baptista e colaboradores, 2005

Figura 46 – Poço de infiltração Campus UFSCAR



Fonte: Santos e colaboradores, 2016

d) Telhado reservatório/telhado verde

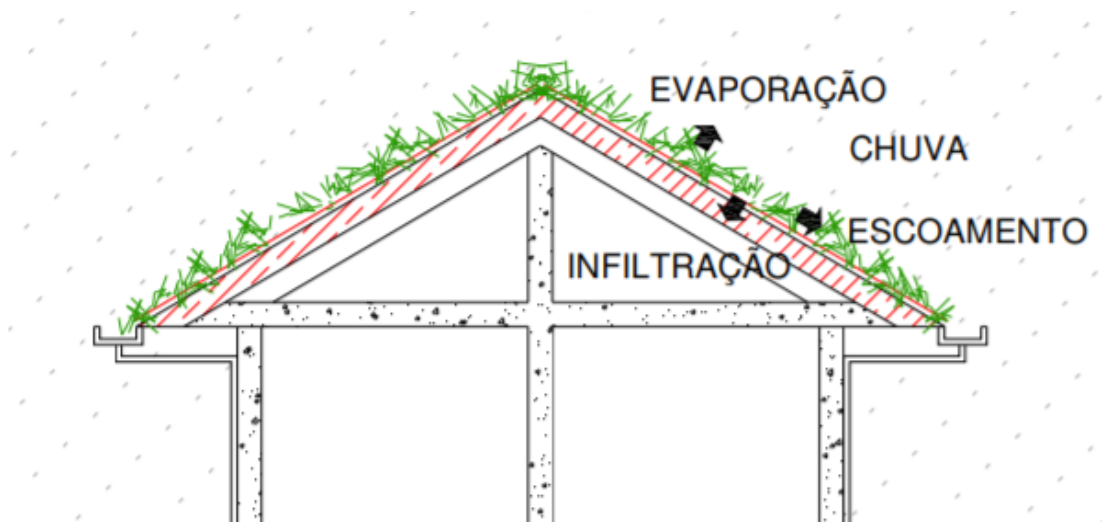
O telhado reservatório é uma medida de controle compensatória da impermeabilização inevitável gerada pela cobertura de uma edificação. Age no sentido de reter na própria estrutura de cobertura o escoamento pluvial nela gerado. Funciona como um reservatório que armazena

provisoriamente a água das chuvas e a libera gradualmente para a rede pluvial, através de um dispositivo de regulação específico. Os telhados pouco inclinados são mais apropriados a este tipo de técnica, mas também há arranjos para telhados inclinados (SILVEIRA, 2002).

O mais adequado é projetar o telhado reservatório no momento do projeto arquitetônico da edificação, mas nada impede uma adaptação em obras existentes, basta fazer uma averiguação de cargas estruturais e resolver eventuais problemas de impermeabilização do teto (SILVEIRA, 2002).

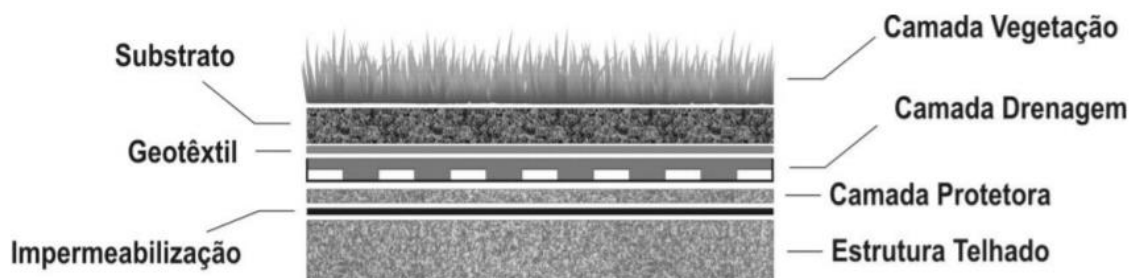
Os telhados verdes são conhecidos por converter a superfície de um telhado convencional em um espaço multifuncional, utilizando, para isso, a vegetação. De acordo com Hydrotec Membrane Corporation (2007), os telhados verdes podem ser concebidos com diferentes conceitos, com relação ao tipo de uso previsto e de vegetação que vai comportar. Costuma-se separar os diferentes tipos de telhados verdes em duas grandes categorias: os sistemas extensivos e sistemas intensivos. Os sistemas extensivos são coberturas leves, projetadas para comportar plantas resistentes a situações climáticas severas. Nos telhados verdes intensivos, a profundidade do solo é mais significativa que no extensivo, o que permite a utilização de plantas de maior porte, podendo ser empregados arbustos e até mesmo árvores (TASSI e colaboradores, 2013). A Figura 47 e a Figura 48 apresentam esquemas para telhado verde.

Figura 47 – Esquema de um telhado verde



Fonte: Kobayashi e colaboradores, 2008

Figura 48 – Camadas que compõem um telhado verde



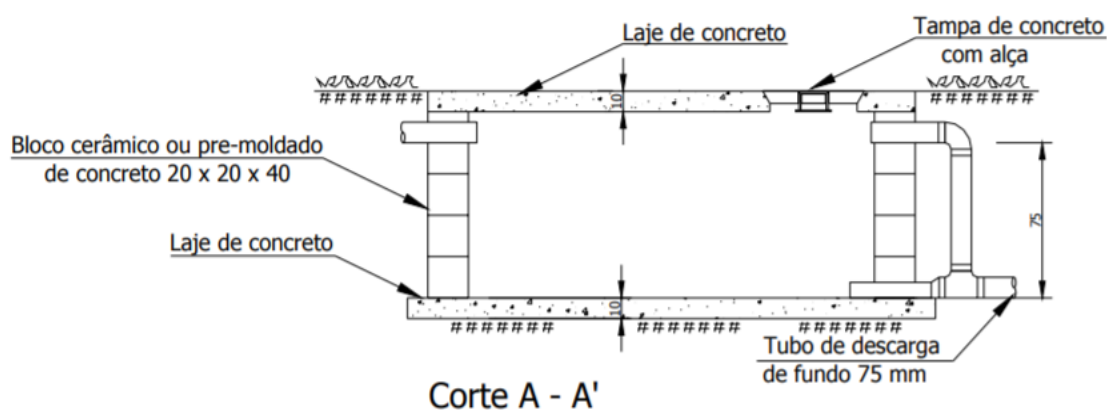
Fonte: Tassi e colaboradores, 2013

e) Microrreservatórios

Referem-se a pequenos reservatórios construídos para promover o recolhimento do escoamento superficial, provocando um amortecimento das vazões ao longo do tempo. Em geral, são estruturas simples na forma de caixas de concreto, alvenaria ou outro material, ou são escavados no solo, preenchidos com brita, e isolados do solo por tecido geotêxtil (semelhante a uma trincheira). Os microrreservatórios podem ser de retenção, tendo neste caso um dispositivo de saída tipo orifício, que restringe a vazão efluente até um limite, ou de infiltração no solo (SILVEIRA, 2002).

No aspecto sanitário, é preciso cuidado especial no projeto (Figura 49) e na limpeza dos microrreservatórios de retenção de forma a evitar acúmulos de água e sujeiras por longo tempo, favorecendo o desenvolvimento de vetores de doenças (SILVEIRA, 2002).

Figura 49 – Projeto tipo de um microrreservatório



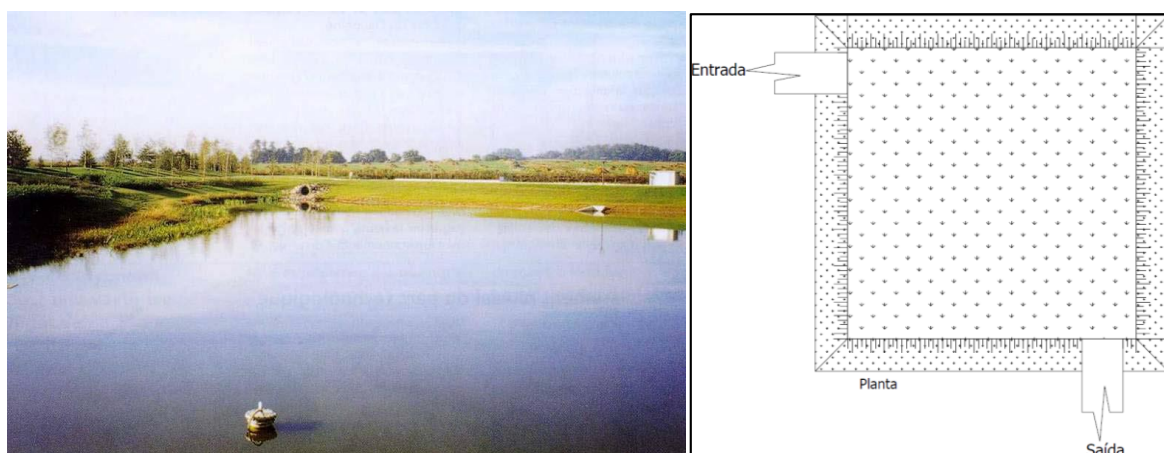
f) Bacia de retenção

A bacia de retenção corresponde a estrutura de macrodrenagem que pode ter diferentes dimensões, conforme seu posicionamento no sistema de drenagem local. Trata-se de reservatório mantido seco nos períodos de estiagem e que, durante as chuvas, terá a finalidade

de receber as águas que escoam superficialmente. Dessa maneira, ela cumpre a função de regular o volume do escoamento superficial, uma vez que concentra as águas oriundas de picos chuvosos e as libera lentamente.

Sendo assim, a bacia de retenção pode ser feita a partir do escavamento ou de um barramento realizado diretamente na terra ou constituído de concreto. Além disso, é necessário que a montante sejam instalados dispositivos de decantação e gradeamentos, para evitar a entrada de sedimentos e resíduos sólidos. Para a liberação das águas, são necessárias estruturas de tomada e tubulações, bem como um extravasor de emergência para verter vazões acima da de projeto (SILVEIRA, 2002). Essas estruturas podem ser vistas na Figura 50, que mostra uma fotografia e um esquema de uma bacia de retenção gramada.

Figura 50 – Imagem e planta de uma bacia de retenção



Fonte: Moura, 2004

As bacias de retenção também podem ser elaboradas para a infiltração, e não necessariamente para o escoamento. Elas são denominadas bacias de infiltração e devem ser feitas em solos propensos para esta função ou artificialmente construídas em uma sequência de terra e cascalho que permitam que a água infiltre. De qualquer maneira, tanto as bacias de retenção quanto as de infiltração não podem receber esgotos, assim como, devem ser concebidas para secarem em um tempo inferior ao ciclo reprodutivo das espécies locais de mosquitos, a fim de evitar focos de proliferação de doenças. Tendo isso em vista, a bacia de retenção não é uma solução ideal para locais com longos períodos chuvosos, uma vez que ela tenderia a se manter cheia (SILVEIRA, 2002).

g) Bacia de retenção

As bacias de retenção assemelham-se às bacias de detenção, exercendo a função de receber as águas oriundas do escoamento superficial e controlar o volume liberado. Contudo, diferentemente das bacias de detenção, elas são desenvolvidas para manterem um nível constante de água, ou seja, para não secarem. Dessa maneira, permite-se um constante processo de sedimentação, que melhora a qualidade das águas liberadas.

Assim como as bacias de detenção, as bacias de retenção (Figura 51 e Figura 52) não podem receber esgotos. Além disso, deve haver um esquema especial de gestão dessa estrutura no sentido de manter uma melhor qualidade da água, evitando a proliferação de mosquitos (SILVEIRA, 2002). Essa qualidade faz com que as bacias de retenção sejam propícias para tornarem-se espaços públicos de lazer, por outro lado, ela não deixa de ser um potencial foco de proliferação de vetores e, diante de indícios dessa ocorrência, deve-se preparar um esquema para o seu esvaziamento.

Figura 51 – Ilustração de uma bacia de retenção



Fonte: Kobayashi e colaboradores, 2008

Figura 52 – Ilustração bacia de retenção - Parque 1º de Maio



Fonte: PBH, 2020

h) Pavimentos permeáveis

Os pavimentos permeáveis consistem em dispositivos de drenagem de controle na fonte, que atuam diretamente no controle da ocorrência de escoamento superficial das águas pluviais. Possuem elevada permeabilidade, permitindo que as águas escoem por seus espaços livres, favorecendo a infiltração. Quando essas estruturas são projetadas e implantadas corretamente podem diminuir a demanda sobre os sistemas de drenagem urbana, bem como contribuir com a recarga dos aquíferos subterrâneos.

Destaca-se que os pavimentos permeáveis são recomendados para áreas de estacionamento e áreas com baixo tráfego de veículos, apresentando limitações de suporte mecânico ao tráfego de veículos pesados. Outra questão que deve ser destacada consiste na possibilidade de entupimento ou colmatção das camadas superficiais e do reservatório do sistema, havendo necessidade de manutenção periódica (PINTO, 2011).

Os pavimentos permeáveis podem ser infiltrantes – quando ocorre a penetração das águas pluviais na camada de pavimento e, posteriormente, a infiltração na camada de subleito – e armazenadores – quando retêm a água da chuva em um reservatório para posterior despejo na rede de microdrenagem, por meio de condutos (VIRGILIIS, 2009).

Conforme a atuação no controle do escoamento superficial, os pavimentos permeáveis podem ser classificados em pavimentos com revestimento superficial permeável; pavimentos dotados de estrutura porosa e; pavimentos com estrutura porosa e dispositivos de facilitação da infiltração. Segundo Baptista e colaboradores (2005), pavimentos com revestimento superficial permeável possibilitam a diminuição da velocidade do escoamento superficial, a retenção temporária de pequenos volumes na superfície e a infiltração parcial das águas pluviais. Já os pavimentos dotados de estrutura porosa detêm temporariamente pequenos volumes de águas pluviais no reservatório, ocasionando o amortecimento de vazões. Por fim, os pavimentos com estrutura porosa e dispositivos de facilitação da infiltração atuam simultaneamente na detenção temporária e na infiltração das águas pluviais, amortecendo vazões e ocasionando a redução dos volumes de águas pluviais escoadas superficialmente.

Os pavimentos permeáveis são constituídos basicamente pelos mesmos componentes dos pavimentos convencionais. Cada pavimento deve apresentar uma combinação específica de componentes, com o intuito de atender os objetivos almejados. Na Tabela 61 são listados alguns componentes. Importante ressaltar que poucos pavimentos possuem todos os componentes listados (VIRGILIIS, 2009).

Tabela 61 – Terminologia aplicada a pavimentos permeáveis

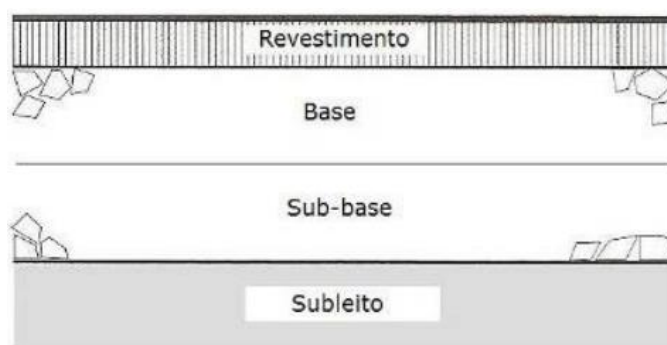
Terminologia	Definição
Base ou camada de base	Camada colocada abaixo da superfície de revestimento para aumentar a espessura do pavimento.
Camada	Espaço ocupado entre dois tipos de matérias na estrutura do pavimento.
Camada filtrante	Qualquer camada entre outras ou entre o pavimento e o subleito que detenha a migração de partículas para os vazios da camada subjacente.
Geomembrana	Tecido impermeável, geralmente plástico ou polietileno de alta densidade (PEAD), utilizada em sistemas impermeabilizantes.
Geotêxtil	Manta não-tecida de filamentos de polipropileno que possibilita a livre passagem das águas de infiltração para o meio ambiente.
Pavimento	Qualquer tratamento ou cobertura na superfície que suporte o tráfego.
Sobrecamada	Camada aplicada sobre qualquer tipo de pavimento preexistente.
Estrutura do pavimento	Combinação de camadas de materiais colocadas sobre o subleito que possibilitam o suporte mecânico do pavimento.

Terminologia	Definição
Reservatório	Qualquer parte do pavimento com capacidade de estocagem ou condutividade de água. O reservatório pode ser sobreposto ou combinado com outras camadas do pavimento. Chamado também de reservatório de base, camada drenante ou colchão drenante.
Sub-base	Camada colocada abaixo da base, a fim de aumentar a espessura do pavimento.
Subleito	Solo natural ou reforçado abaixo da estrutura do pavimento, responsável pela absorção em última instância dos carregamentos.
Revestimento	Camada do pavimento que recebe diretamente a carga do tráfego.

Fonte: Adaptado de Virgiliis, 2009

De acordo com Virgiliis (2009), comumente é empregada a construção de pavimentos com duas camadas acima do subleito até o revestimento (Figura 53). Além disso, a combinação de materiais em diferentes camadas pode reduzir os investimentos necessários para construção do pavimento.

Figura 53 – Pavimento com duas camadas sob o revestimento



Fonte: Virgiliis, 2009

Quanto aos materiais empregados em pavimentos permeáveis cita-se sete principais (FERGUNSON, 2005 citado por VIRGILIIS, 2009):

- ❖ Blocos vazados (Figura 54): blocos de concreto com aberturas que permitem o preenchimento com agregados ou gramináceos. Muitos tipos são capazes de suportar carregamentos pesados.

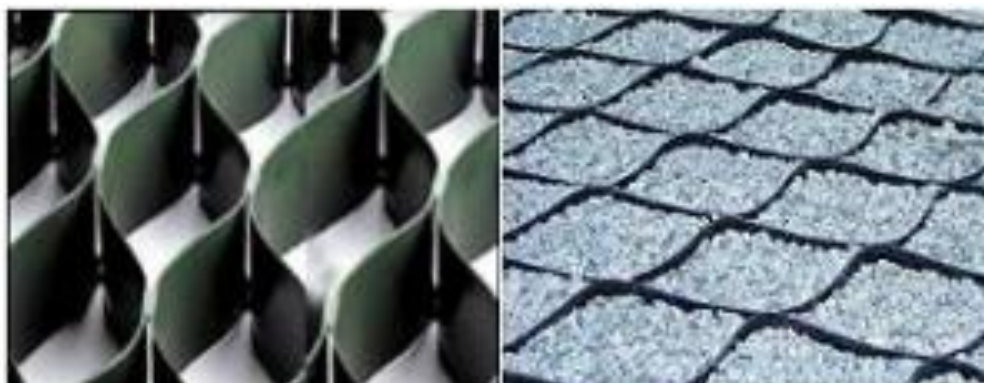
Figura 54 – Blocos de concreto pré-moldado vazados, preenchidos com gramíneas



Fonte: Virgiliis, 2009

- ❖ Geocélulas plásticas (Figura 55): constituídas de tiras de polietileno de alta densidade (PEAD), soldadas entre si, formando células que podem ser preenchidas com areia, brita concreto ou solo, conforme a finalidade.

Figura 55 – Geocélulas plásticas



Fonte: Virgiliis, 2009

- ❖ Agregados: correspondem a quaisquer materiais particulados, como cascalho, pedregulho, pedra britada, resíduo de construção civil, entre outros. Comumente utilizados na base e sub-base dos pavimentos, podem também ser usados para preenchimento de blocos vazados, grelhas e geocélulas.
- ❖ Gramíneos: superfícies gramadas suportam tráfego de pedestres e algum tráfego veicular. São muito usadas em passeios e áreas de estacionamento que não sejam

utilizados com frequência. Com auxílio de geocélulas e blocos vazados de concreto, podem suportar carregamentos maiores de tráfego.

- ❖ Blocos intertravados (Figura 56): consistem em blocos maciços de concreto, geralmente dispostos lado a lado sobre camada de areia que proporciona ao conjunto porosidade e permeabilidade. Permite diferentes tipos de tráfego.

Figura 56 – Blocos de concretos intertravados assentados sobre berço de areia



Fonte: Virgiliis, 2009

- ❖ Concreto poroso (Figura 57): produzido a partir de uma mistura modificada de cimento Portland, agregado graúdo de graduação uniforme. Adequado para suportar carregamentos de baixo (calçadas e áreas de manobra de estacionamentos residenciais) a médio (estacionamentos comerciais e ruas residenciais) volume de tráfego.

Figura 57 – Funcionamento do concreto poroso



Fonte: Tecnosil, 2020

- ❖ Concreto asfáltico poroso (Figura 58): se trata da mistura entre ligante betuminoso e agregados de tamanho uniforme, consistindo em uma variação do concreto asfáltico convencional, com a propriedade de ser permeável.

Figura 58 – Concreto asfáltico poroso



Fonte: Virgiliis, 2009

Conforme apresentado no item 6.4 do Produto C do PMSB de Caxambu, o município possui uma cobertura de 90% de pavimentação, composta de 50% asfalto, 30% bloquetes sextavados

e briquetes, 10% em concreto e 10% em paralelepípedo, sendo que, a parte não pavimentada, nos períodos chuvosos, arrasta materiais para o centro da cidade, obstruindo as bocas de lobo, ocasionando inundações na região comercial da cidade e provocando sérios prejuízos tanto aos lojistas, como aos turistas, o que prejudica a imagem da cidade. As ruas não pavimentadas estão localizadas no Jardim Paulo Maia, Santa Tereza/Belvedere, Vila Verde e Demétrio Jamal. Os 90% de pavimentação da cidade dificultam a permeabilização das águas no solo, daí a importância de um sistema de drenagem pluvial eficiente, com sua manutenção permanente, acompanhando o crescimento vegetativo da cidade.

Desta forma entende-se que a partir de novas ações de pavimentação que forem desenvolvidas no município, devem ser priorizadas, uma vez que se comprovada também a viabilidade financeira, a utilização de pavimentos permeáveis. Assim sendo, haverá uma maior infiltração das águas pluviais no município de Caxambu.

i) Restauração de rios

A palavra restauração remete a reparação de algo deteriorado e nesse sentido a restauração de cursos d'água reporta as possibilidades de recuperação de um sistema fluvial já degradado, visando sobretudo, a melhoria das condições físicas e funcionais dos mananciais, tendo por referência condições pretéritas associadas a um estado mais próximo do natural possível (ESPANHA, 2007).

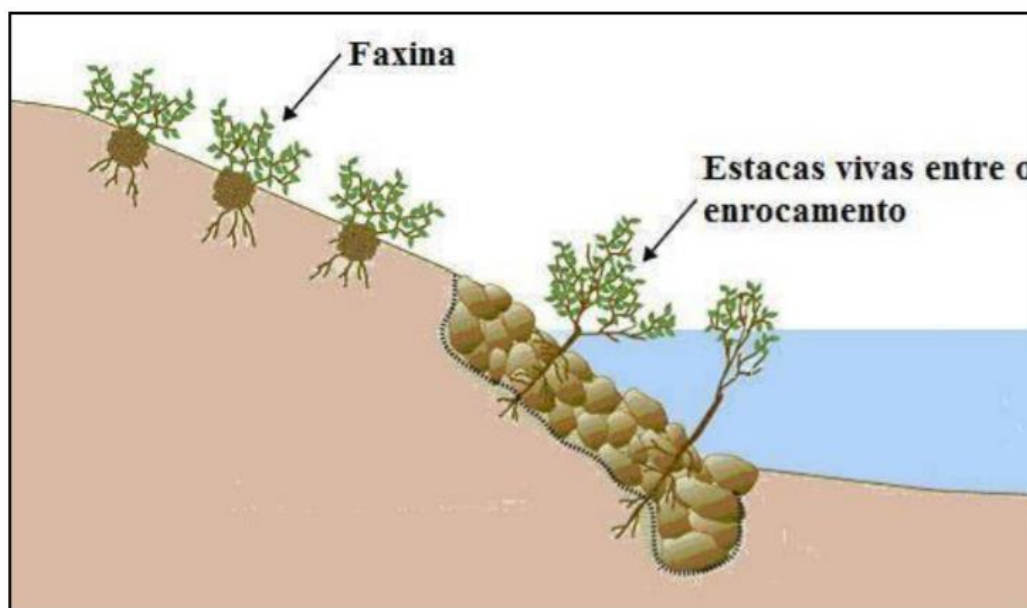
As técnicas aplicadas a manutenção ou restauração das condições naturais dos cursos d'água têm como objetivo promover a recuperação do equilíbrio dinâmico dos rios e mananciais, estabelecer processos geomorfológicos, reconstruir vegetação e habitats e, conseqüentemente, melhorar a qualidade das águas. Em suma, em grande parte dos casos, faz-se necessário a realização de intervenções localizadas para a estabilização imediata das margens por meio de estruturas provisórias de pedras, troncos de árvores e até mesmo o uso de fibras vegetais que favorecerá o desenvolvimento da vegetação definitiva. Posteriormente, com a incorporação da vegetação natural a estas estruturas implantadas inicialmente, devido a suas características naturais, são decompostas ou incorporadas de forma harmoniosa a paisagem local (EVANGELISTA, 2011).

Nas áreas urbanas, o debate acerca do trabalho envolvendo a restauração dos cursos d'água, especialmente quando se relaciona seus objetivos e reais possibilidades de alcance, faz-se necessário observar as seguintes situações: i) possibilidade de alterações físicas, funcionais e ecológicas; ii) as transformações ocorridas na bacia; iii) condições de saneamento; iv) restrições

impostas pelo tecido nas cidades; v) demandas e implicações políticas, sociais e econômicas envolvidas no processo (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

Destaca-se que em relação à avaliação das condições de saneamento, quando implantado um projeto de restauração, deve-se interceptar todos os pontos de lançamento de esgotos nas margens dos cursos d'água em sua extensão. Outro ponto a ser observado, é em relação ao tipo de ocupação do solo na bacia, especialmente quando existem extensa área de ocupação irregular, onde deve ser identificada as ligações clandestinas (EVANGELISTA, 2011). Segundo Cardoso (2008), a engenharia ambiental aplica-se como uma das técnicas de intervenção nos cursos d'água, visando sua renaturalização, baseando-se na utilização de plantas (vivas ou mortas) juntamente com materiais naturais ou sintéticos que favoreçam a recomposição da cobertura vegetal, estabilização das margens e controle da erosão. As imagens a seguir (Figura 59, Figura 60, Figura 61, Figura 62 e Figura 63) apresentam algumas das técnicas da engenharia ambiental utilizadas para a recuperação das margens dos mananciais.

Figura 59 – Plantio de vegetação junto às margens



Fonte: Evangelista, 2011

Figura 60 – Proteção de margens com canteiro lateral



Fonte: Cardoso, 2008

Figura 61 – Terramesh (tela vegetal) utilizada para a contenção de taludes em córrego



Fonte: Cardoso, 2008

Figura 62 – Enrocamento utilizado para revestimento do leito e das margens do córrego



Fonte: Cardoso, 2008

Figura 63 – Gabiões utilizados para a contenção de encostas



Fonte: Cardoso, 2008

O sucesso do projeto de recuperação está entrelaçado a escolha da técnica mais adequada a ser utilizada. Além disso, também é necessário a realização de uma análise criteriosa das condições existentes no local, como tipo de solo, vegetação, velocidade da água e disponibilidade de materiais, entre outras.

j) Implantação de parques lineares

Os parques lineares são intervenções urbanísticas construídas ao longo de cursos d'água. Tais parques redundam em resultados satisfatórios em termos de manutenção da biodiversidade, recuperação da vegetação ciliar e da qualidade da água. São medidas eficazes e de baixo impacto ambiental, capazes de agregar intervenções que visam à preservação e recuperação das condições naturais dos leitos dos cursos d'água e do controle do uso das áreas inundáveis, além de propiciar benefícios hidrológicos e hidráulicos para a bacia hidrográfica, trazendo ganhos econômicos, sociais e culturais agregados, podendo contribuir para a melhoria da qualidade de vida nas cidades (CARDOSO, 2012).

Os parques lineares vêm sendo aplicados junto a fundos de vale, tencionando adaptar os espaços naturais a uma realidade a ser mantida (BARROS, 2004). Parques lineares podem assumir um papel de grande importância no manejo de águas pluviais, assegurando a permeabilidade das margens dos córregos, otimizando a infiltração e vazão mais lenta da água durante as inundações, mostrando-se assim uma alternativa economicamente viável e eficaz, principalmente quando o parque abrange toda área de várzea, ou incorpora dispositivo de armazenagem de parte do volume d'água, do que a usual canalização dos córregos. Desta forma, os parques lineares surgem como alternativa factível de uso e ocupação de remanescentes lineares em centros urbanos (BARBOSA, 2010).

Para Little (1995), existem cinco categorias principais dessa tipologia de parques, entretanto um mesmo projeto é capaz de englobar mais de uma categoria citada, sendo estas:

- ❖ Parques lineares criados como parte de programa de recuperação ambiental, geralmente ao longo de rios e lagos;
- ❖ Parques lineares criados como corredores naturais ecologicamente significantes, ao longo de rios ou linhas de cumeada, que podem possibilitar a migração de espécies, estudo da natureza e caminhadas a pé;
- ❖ Parques lineares criados como rotas cênicas ou históricas, ao longo de estradas, rodovias, rios e lagos;
- ❖ Parques lineares criados com fins recreacionais, geralmente ao longo de corredores naturais de longa distância, tais como canais, trilhas ou estradas abandonadas;
- ❖ Rede de parques, baseada em formas naturais como vales ou pela união de parques lineares com outros espaços abertos, criando infraestruturas verdes alternativas.

No Brasil há uma série importante de parques lineares, estruturados a partir de resquícios de matas nativas e ao longo de cursos d'água. A seguir são apresentados alguns desses exemplos.

O Parque Ecológico do Tietê, localizado no município de São Paulo, foi inaugurado em 1982, e funciona como uma grande bacia de acumulação, sua implantação teve como objetivos a preservação das várzeas e principalmente o combate das inundações na região da Grande São Paulo. No perímetro do parque há áreas para a prática de esporte e atividades de lazer e cultura, conforme apresentado nas Figura 64 e Figura 65.

Figura 64 – Parque Ecológico do Tietê, São Paulo – Foto aérea



Fonte: Google Earth, 2020

Figura 65 – Área de recreação do Parque Ecológico do Tietê, São Paulo



Fonte: Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo, 2015

Em Campo Grande, no estado de Mato Grosso do Sul, foi implantado uma conexão entre os parques municipais Nações Indígenas e do Soter, a qual é formada por um conjunto de três parques lineares (Figura 66), conectados a uma pequena reserva florestal, mantendo junto ao corpo d'água uma pequena mata ciliar. O parque contém ainda uma área destinada a recreação,

com áreas gramadas, canteiro central e avenida, proposto para práticas de caminhadas e conservação ambiental (Figura 67) (MACEDO e colaboradores, 2012).

Figura 66 – Parque das Nações Indígenas, Campo Grande - MS



Fonte: Google Earth, 2020

Figura 67 – Vista do Parque das Nações Indígenas



Fonte: Google Earth, 2020

O projeto de um parque linear é, geralmente, feito para atender as necessidades socioambientais da área em que será implantado, portanto cada projeto apresenta características específicas

relacionadas ao local. Contudo, alguns elementos estão frequentemente presentes em projetos desta natureza.

Na Figura 68 é possível observar uma imagem do parque linear Nossa Senhora da Piedade, já na Figura 69 está representado o parque ecológico 1º de Maio, ambos situados no município de Belo Horizonte, nas referidas figuras é possível verificar elementos usuais na implantação de parques lineares.

Figura 68 – Parque linear Nossa Senhora da Piedade, Belo Horizonte



Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades

Figura 69 – Parque Municipal 1º de Maio, Belo Horizonte



Fonte: ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades

Vale destacar que a implantação de um parque linear é uma atividade multidisciplinar, que envolve aspectos habitacionais, como possíveis habitações irregulares com possível necessidade de recreação dos moradores, aspectos de fauna e flora, manejo de águas pluviais, esgotamento sanitário, alterações do sistema viário, negociação com proprietários de terras,

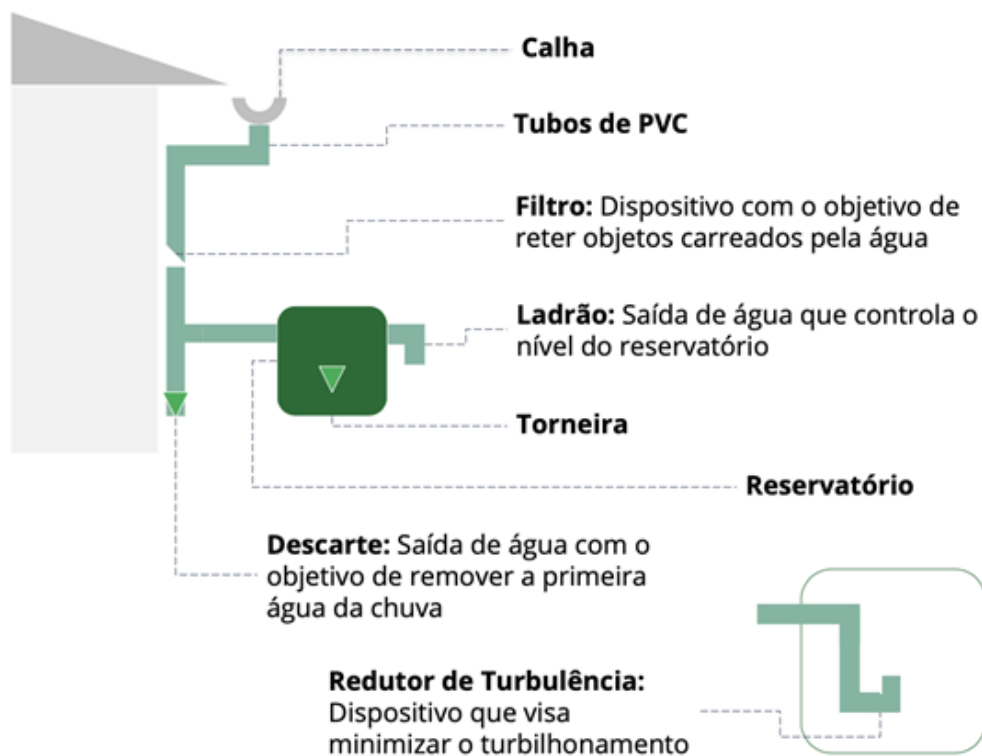
conciliação e conscientização de usos para a preservação do espaço, promoção do lazer e do turismo, e muitos outros fatores, que devem ser abordados sob uma ótica social e cultural, ou seja, entendendo todas estas interações como sendo parte de um mesmo projeto intersetorial que deve funcionar em equilíbrio.

5.3.6.5. *Captação de água de chuva para fins menos nobres*

A captação de água de chuva deve ser considerada pelos gestores municipais como incentivo de implantação tanto para domicílios urbanos e rurais quanto a empresas/indústrias. Além de divulgar os benefícios para a população, pode-se estudar incentivos fiscais para quem adotar a prática conforme descrito na Ação A-MP4 do Produto E do PMSB de Caxambu.

Um exemplo de captação de água de chuva pode ser analisado como o da ONG Engenheiros Sem Fronteiras (ESF) que desenvolveu e implantou sistemas de reaproveitamento de água de chuva que consistem em reservatórios de baixo custo utilizados para captar, armazenar e conservar a água da chuva que escoam pelos telhados e calhas, garantindo assim o reúso desta água de forma mais direta e econômica. Tubos de PVC são conectados às saídas das calhas, direcionando a água recolhida pelo telhado da edificação para um filtro, que tem como objetivo remover materiais de grande dimensão, como folhas, galhos e resíduos sólidos presentes nos telhados (Figura 70 e Figura 71). A primeira água da chuva eventualmente contém resíduos particulados, como poeira e sedimentos, sendo então direcionada ao dispositivo de descarte. Descartado volume inicial coletado, a água é direcionada para cisternas de armazenamento. O reservatório conta ainda com ladrão, tubo extravasor que permite o descarte do volume excedente, e dispositivo redutor de turbulência, que tem como objetivo reduzir a turbilhonamento e proliferação organismos. Por fim, é necessária a adição de cloro ou água sanitária, que funciona como um agente desinfetante. O projeto de captação de água da chuva além de sustentável também possui um alto grau de replicabilidade, sem a necessidade de mão de obra especializada e fazendo uso de materiais de baixo custo. As cisternas podem ser instaladas em praticamente qualquer local que tenha uma estrutura básica de captação (telhados e calhas) e um local para abrigar a cisterna. Considerando o baixo nível técnico necessário para sua execução pode se tornar uma excelente opção não só para aqueles que sofrem com a crise hídrica em épocas de seca, mas também que buscam uma economia financeira no consumo de água ou até mesmo tornarem suas comunidades mais sustentáveis (ABRAHÃO e colaboradores, 2019).

Figura 70 – Croqui de Sistema de Captação de Água da Chuva Implantado pelo ESF



Fonte: Abrahão et al, 2019

Figura 71 – Sistema de Captação de Água da Chuva Implantado pelo ESF-SP



Fonte: Abrahão et al, 2019

5.3.6.6. Exemplos de alternativas para retenção de resíduos sólidos

Uma preocupação em especial, para o bom funcionamento dos equipamentos de drenagem, é a retenção de resíduos sólidos carregados principalmente para as bocas de lobo e para os corpos d'água. Nas ações propostas tanto para o componente de resíduos sólidos como manejo de águas pluviais e drenagem, estão ações que visam minimizar este problema. Pode-se citar ação de sensibilização junto à população quanto a isso.

Entretanto, existem atualmente alternativas que podem ser implantadas pelo município. Alternativas simples e não onerosas que dependem de uma manutenção sistemática e que podem minimizar problemas de escoamento das águas pluviais.

A Figura 72 apresenta uma boca de lobo com um cesto para reter os resíduos provenientes das vias públicas e a Figura 73 apresenta uma rede instalada na saída da canalização de drenagem pluvial para reter resíduos sólidos e somente o efluente ser desaguado no corpo d'água.

Figura 72 – Boca de lobo inteligente



Fonte: Gonçalves, 2019

Figura 73 – Rede para reter resíduos sólidos



Fonte: P3, 2018

5.3.6.7. Cobrança pelos serviços de manejo de águas pluviais e drenagem urbana

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Snis, referente ao ano de 2018, 94,03% dos municípios brasileiros que participaram do 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas não possuem forma de cobrança direta ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (MDR, 2020). A cobrança pela prestação do serviço de manejo das águas pluviais encontra respaldo nas legislações brasileiras relativas ao tema, como se pode verificar no artigo 145, inciso II, da Constituição Federal de 1988,3 nos artigos 12 e 20 da Lei 9.433/19974 e no artigo 36 da Lei 11.445/2007 que estabelece que:

Art. 36. A cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:

I - o nível de renda da população da área atendida;

II - as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.

Faria, Silva e Moura (2020), observam que os trabalhos de Gomes, Baptista e Nascimento (2008) e Cançado, Nascimento e Cabral (2006), apresentam técnicas e metodologias que

auxiliam na estimativa dos valores a cobrar em função da área dos domicílios, bem como das áreas impermeáveis que eles ocupam. Esse cálculo não é simples, e uma dificuldade adicional reside em definir de que maneira cada usuário contribui para o uso desse serviço. A título de orientação, pode-se analisar a área de solo impermeabilizada e a adoção de uma ponderação do fator de declividade do terreno. Por isso, uma alternativa é a elaboração de estudos específicos para um município ou conjunto de municípios com realidade econômica e social semelhante, numa mesma bacia hidrográfica.

A título de exemplificação, Faria, Silva e Moura (2020) ainda destacam que o município de Santo André (SP) foi pioneiro no Brasil ao instituir a cobrança pelos serviços de drenagem urbana, a partir da promulgação de lei municipal em 1997. De acordo com o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (Semasa), “[a] taxa de drenagem foi instituída pela Lei Municipal 7.606/97, com o objetivo de remunerar os custos com a manutenção do sistema de drenagem urbana, ou seja, limpeza de bocas-de-lobo, galerias, limpeza e desassoreamento de córregos, manutenção dos piscinões existentes na cidade etc. Forma de cobrança: o cálculo leva em conta o tamanho da área coberta (impermeabilizada) do imóvel e, portanto, o volume lançado no sistema de drenagem. Este volume é calculado de acordo com índice pluviométrico médio histórico (dos últimos 30 anos), conforme dados do Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE)” (Icarelli, 2020).

Assim é indicado que o município de Caxambu se organize a fim de implementar a cobrança pelo manejo de águas pluviais e drenagem urbana.

Conforme apresentado no item 6.4 do Produto C do PMSB de Caxambu, nas ruas sem pavimentação do município, as águas decorrentes das chuvas arrastam materiais sólidos, como: areia, terra, lixo, cascalhos pelas ruas que vão se acumulando na parte baixa e invadindo residências, comércios e outras edificações.

De modo que um fator preocupante é o comportamento indisciplinado dos cidadãos, que dispõem inadequadamente os resíduos que são lançados em cursos d’água naturais, causando assoreamento, como é o caso do Ribeirão Bengo, córrego Ata e Ribeirão João Pedro que ficam na parte mais baixa da cidade, agravando sobremaneira a situação. Sendo assim, ações de manutenção e limpeza das estruturas de drenagem e manejo das águas pluviais devem ser realizadas com periodicidade contínua no município.

5.4. Gestão integrada de resíduos sólidos

O presente tópico apresenta alternativas tecnológicas e procedimentos operacionais para os serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza pública urbana, e aborda aspectos necessários para a adequação do gerenciamento e da logística reversa no município. Esses três sistemas compõem a gestão integrada de resíduos sólidos, ilustrada na Tabela 62.

Destaca-se que cabe ao Poder Público Municipal o exercício da gestão, por meio do estabelecimento de regras de operação, fiscalização e monitoramento dos serviços públicos, bem como do gerenciamento e da logística reversa, além da criação de mecanismos de participação e controle social.

Tabela 62 – Características dos sistemas componentes da gestão integrada de resíduos sólidos em escala municipal

SISTEMA	DEFINIÇÃO	QUAIS RESÍDUOS ABORDA	RESPONSÁVEIS PELO SISTEMA	ALGUMAS RESPONSABILIDADES DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL	ALGUMAS RESPONSABILIDADES DA POPULAÇÃO/CONSUMIDORES
MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	Consideram-se serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos as atividades operacionais de coleta, transbordo, transporte, triagem para fins de reutilização ou reciclagem, tratamento, inclusive por compostagem, e destinação final dos: i. resíduos domésticos; ii. resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços, em quantidade e qualidade similares às dos resíduos domésticos que, por decisão do titular, sejam considerados resíduos sólidos urbanos; iii. resíduos originários dos serviços públicos de limpeza urbana.	Três frações de resíduos sólidos domésticos: a) resíduos recicláveis; b) resíduos orgânicos; e c) rejeitos (lixo);	Prefeitura Municipal (podendo prestar os serviços de maneira direta ou indireta por meio de contratação)	Organizar e prestar de forma direta ou indireta os serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e de limpeza urbana, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e/ou plano municipal de saneamento básico, a Lei Federal nº 11.445/2007, e a Lei Federal nº 12.305/2010.	Cabe à população, no âmbito domiciliar: - Acondicionar adequadamente os resíduos sólidos domésticos, de acordo com o serviço de coleta (convencional e/ou coletiva); - Adotar práticas que possibilitem a redução da geração de resíduos sólidos
LIMPEZA URBANA	Os serviços públicos de limpeza urbana compreendem as atividades operacionais de: iv. varrição, capina, roçada, poda e atividades correlatas em vias e logradouros públicos; v. asseio de túneis, escadarias, monumentos, abrigos e sanitários públicos; vi. raspagem e remoção de terra, areia e quaisquer materiais depositados pelas águas pluviais em logradouros públicos; vii. desobstrução e limpeza de bueiros, bocas de lobo e correlatos; viii. limpeza de logradouros públicos onde se realizam feiras públicas e outros eventos de acesso aberto ao público; ix. outros eventuais serviços de limpeza urbana.	Frações de resíduos de limpeza pública: d) resíduos oriundos das atividades de poda, capina e roçada, (‘resíduos verdes’) como folhas secas, flores, galhos e gravetos; e) resíduos oriundos de atividades de varrição e outras atividades de limpeza urbana (rejeitos, recicláveis, e ‘resíduos verdes’); f) animais mortos.	Prefeitura Municipal (podendo prestar os serviços de maneira direta ou indireta por meio de contratação)		
GERENCIAMENTO	Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos.	g) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; h) resíduos industriais; i) resíduos de serviços de saúde; j) resíduos de mineração; k) resíduos da construção civil; l) resíduos agrossilvopastoris; m) resíduos de serviços de transporte; n) resíduos perigosos.	Geradores (pessoas físicas ou jurídicas) Exemplos: ⁽¹⁾ — prestadores de serviços de saneamento básico; — indústrias; — unidades de saúde, como clínicas, hospitais, etc.; — mineradoras; — indústrias do ramo agrossilvopastoril, como granjas, laticínios, etc.; — estabelecimentos comerciais de maior escala, como supermercados.	- Estabelecer as regras sobre o gerenciamento de resíduos sólidos; - Fiscalizar e monitorar a implementação de planos de gerenciamento de resíduos sólidos; - Atuar em termos de comunicação, sensibilização e mobilização da população para descarte adequado de resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos; - As etapas sob responsabilidade do gerador que forem realizadas pelo poder público serão devidamente remuneradas pelas pessoas físicas ou jurídicas responsáveis.	Cabe aos geradores: - Elaborar plano de gerenciamento de resíduos sólidos de acordo com as leis e normas vigentes; - Providenciar a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, de acordo com as normas e regras vigentes; - Prestar contas ao poder público municipal de acordo com as normas e regras vigentes.

SISTEMA	DEFINIÇÃO	QUAIS RESÍDUOS ABORDA	RESPONSÁVEIS PELO SISTEMA	ALGUMAS RESPONSABILIDADES DO PODER PÚBLICO MUNICIPAL	ALGUMAS RESPONSABILIDADES DA POPULAÇÃO/CONSUMIDORES
LOGÍSTICA REVERSA	Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento , em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos , ou outra destinação final ambientalmente adequada.	o) agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama, do Sistema nacional de Vigilância Sanitária - SNVS e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária - Suasa, ou em normas técnicas; – p) pilhas e baterias; q) pneus; r) óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; s) lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; t) produtos eletroeletrônicos e seus componentes; u) produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens (a depender do disposto em regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmados entre o poder público e o setor empresarial, segundo a viabilidade técnica e econômica, o grau e a extensão do impacto dos resíduos gerados à saúde pública e ao meio ambiente).	— Fabricantes; — Importadores; — Distribuidores; — Comerciantes.	• Promover a articulação entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes para firmar acordos setoriais e termos de compromisso, e implantar sistemas de logística reversa no município; • Monitorar e fiscalizar a implementação da logística reversa; • Dar suporte em termos de comunicação, sensibilização e mobilização da população para fortalecimento da logística reversa no município; • Se a prefeitura municipal, por acordo setorial ou termo de compromisso firmado com o setor empresarial, encarregar-se de atividades de responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes nos sistemas de logística reversa, as ações do poder público serão devidamente remuneradas, na forma previamente acordada entre as partes. • Adotar tecnologias que permitam absorver ou reaproveitar os resíduos sólidos reversos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; • manter postos de coleta para os resíduos sólidos reversos e dar destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos;	Cabe aos consumidores • Efetuar a devolução dos produtos e das embalagens, após o uso, aos comerciantes ou distribuidores integrantes de sistemas de logística reversa implantados no município; e/ou • Acondicionar e disponibilizar adequadamente, após a utilização dos produtos, os resíduos sólidos reversos para coleta;

(1) Cabe destacar que, entre os responsáveis pelo gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - RCC, há a pessoa física que, ao realizar reformas ou construções civis no perímetro ou propriedade domiciliar, torna-se um gerador de resíduos da construção civil. Portanto, cabe ao gerador a responsabilidade pela destinação ambientalmente adequada dos resíduos. Nesses casos, é comum a contratação particular de empresas atuantes na área de coleta, tratamento e destinação de RCC.

Fonte: Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 e Política Nacional de Saneamento Básico, Lei 11.445/2010, Projeto SanBas, 2020

5.4.1. Estimativas de geração de resíduos sólidos urbanos no horizonte de planejamento e avaliação da capacidade de atendimento à demanda

Neste tópico são apresentados cálculos correspondentes à geração de resíduos sólidos urbanos – RSU, e a composição de acordo com as proporções de resíduos recicláveis, resíduos orgânicos e rejeitos. As estimativas consideram o estudo de projeção populacional (item 2.2 do presente Produto) para os períodos do horizonte de planejamento (2022, 2024, 2029, 2033 e 2041).

A estimativa de geração de RSU será mais precisa quanto mais atualizado for o estudo gravimétrico de resíduos sólidos do município. O estudo gravimétrico indica a quantidade de resíduos gerada no município nas seguintes unidades de medida: toneladas por ano (t/ano), quilogramas por habitante por dia (kg/hab/d), apresentando, inclusive, a composição dos resíduos em proporções de recicláveis, orgânicos e rejeitos. Os resultados são úteis para o acompanhamento das metas e para a elaboração de projetos de coleta, transporte, destinação, tratamento e disposição final ambientalmente adequada de RSU.

A Tabela 63 apresenta os dados utilizados para cálculo das estimativas de geração de resíduos sólidos urbanos no município.

Tabela 63 – Equações aplicadas para estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos

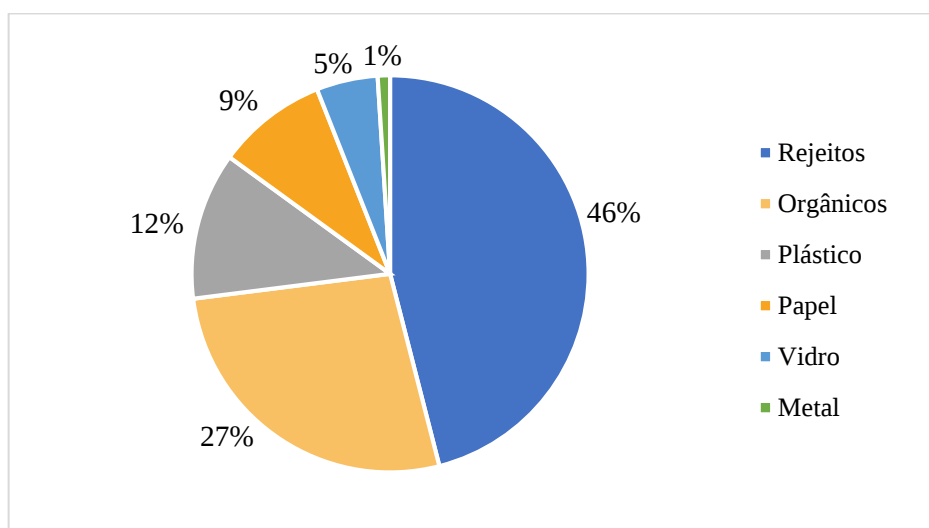
Estimativa de Geração Total	Equação aplicada
Resíduos Sólidos Urbanos	$\text{Geração de RSU}_{(\text{kg/dia})} = \text{População}_{(\text{hab})} \times \text{Geração per capita de RSU}_{(\text{kg/hab/dia})}$
Resíduos Recicláveis	$\text{Geração de Recicláveis}_{(\text{kg/dia})} = \text{Massa total de RSU}_{(\text{kg/dia})} \times \text{Proporção de Recicláveis}_{(\%/100)}$
Resíduos Orgânicos	$\text{Geração de Orgânicos}_{(\text{kg/dia})} = \text{Massa total de RSU}_{(\text{kg/dia})} \times \text{Proporção de Orgânicos}_{(\%/100)}$
Rejeitos	$\text{Geração de Rejeitos}_{(\text{kg/dia})} = \text{Massa total de RSU}_{(\text{kg/dia})} \times \text{Proporção de Rejeitos}_{(\%/100)}$

Fonte: Projeto SanBas, 2020

Para estimar a geração dos resíduos sólidos urbanos, foram utilizadas as informações do Relatório Municipal de Coleta Seletiva do Município de Caxambu (FEAM e GESOIS, 2020), o qual afirma que no município são coletadas diariamente 15 toneladas de RSU (significando a geração per capita aproximada¹⁸ de 0,69 kg por habitante diariamente (kg/hab/d), sendo 27% relativo à fração de recicláveis, outros 27%, resíduos orgânicos e 46% relativo a rejeitos (lixo), como detalha a Figura 74.

¹⁸ Considerando-se a população total de 21.656 habitantes estimada pelo IBGE para o ano de 2019 (IBGE, 2010).

Figura 74 – Composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos relativos à coleta convencional em Caxambu



Fonte: Adaptado de FEAM, 2020

A partir dos dados do Relatório Municipal de Coleta Seletiva, apresentados pelo gráfico da Figura 74, e das equações da Tabela 63, a geração de resíduos sólidos urbanos foi estimada para os 20 anos do horizonte de planejamento do PMSB, considerando-se a projeção populacional apresentada no tópico 2.2 do presente Produto D. Os resultados estão contidos na Tabela 64.

Tabela 64 – Estimativas das massas de resíduos sólidos gerados no município no horizonte de planejamento

Ano	População (hab.)		Geração per capita de RSU (kg/hab/d)	Massa total de RSU gerados (t/d)		Massa de recicláveis gerados (t/d)		Massa de orgânicos gerados (t/d)		Massa de rejeitos gerados (t/d)	
	Urbana	Rural		Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
2021	20939	258	0,69	14,45	0,18	3,90	0,05	3,90	0,05	6,65	0,08
2022	20811	256	0,69	14,36	0,18	3,88	0,05	3,88	0,05	6,61	0,08
2023	20682	254	0,69	14,27	0,18	3,85	0,05	3,85	0,05	6,56	0,08
2024	20554	253	0,69	14,18	0,17	3,83	0,05	3,83	0,05	6,52	0,08
2025	20426	251	0,69	14,09	0,17	3,81	0,05	3,81	0,05	6,48	0,08
2026	20266	249	0,69	13,98	0,17	3,78	0,05	3,78	0,05	6,43	0,08
2027	20107	247	0,69	13,87	0,17	3,75	0,05	3,75	0,05	6,38	0,08
2028	19947	245	0,69	13,76	0,17	3,72	0,05	3,72	0,05	6,33	0,08
2029	19787	243	0,69	13,65	0,17	3,69	0,05	3,69	0,05	6,28	0,08
2030	19628	241	0,69	13,54	0,17	3,66	0,05	3,66	0,05	6,23	0,08
2031	19678	242	0,69	13,58	0,17	3,67	0,05	3,67	0,05	6,25	0,08
2032	19772	243	0,69	13,64	0,17	3,68	0,05	3,68	0,05	6,28	0,08
2033	19905	245	0,69	13,73	0,17	3,71	0,05	3,71	0,05	6,32	0,08
2034	20071	247	0,69	13,85	0,17	3,74	0,05	3,74	0,05	6,37	0,08
2035	20264	249	0,69	13,98	0,17	3,78	0,05	3,78	0,05	6,43	0,08
2036	20478	252	0,69	14,13	0,17	3,82	0,05	3,82	0,05	6,50	0,08
2037	20708	255	0,69	14,29	0,18	3,86	0,05	3,86	0,05	6,57	0,08
2038	20948	257	0,69	14,45	0,18	3,90	0,05	3,90	0,05	6,65	0,08
2039	21192	260	0,69	14,62	0,18	3,95	0,05	3,95	0,05	6,73	0,08
2040	21434	263	0,69	14,79	0,18	3,99	0,05	3,99	0,05	6,80	0,08
2041	21667	266	0,69	14,95	0,18	4,04	0,05	4,04	0,05	6,88	0,08

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

A partir dos resultados apresentados pela Tabela 64, verifica-se que a geração de resíduos sólidos no município permanecerá, relativamente, a mesma durante o período de implementação do PMSB, apresentando um aumento próximo de 5% desde o ano inicial (2022) até o ano final do horizonte de planejamento (2041). Cabe apontar que ao final do curto prazo e do médio prazo de planejamento, há uma queda pouco significativa na geração de resíduos, que apresenta crescimento até o final do longo prazo. Essa variação é a mesma para as frações de resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos, sendo esta última a maior fração gerada no município.

É importante apontar que as estimativas apresentadas na Tabela 64 consideram o mesmo valor de geração per capita de resíduos sólidos (0,69 kg/hab/d) ao longo dos 20 anos de planejamento, tanto para a população rural quanto para a população urbana. Porém, na possibilidade de a geração de resíduos sólidos variar ao longo do tempo (a depender, por exemplo, de condições socioeconômicas da população), as estimativas podem carregar erros numéricos, e podem, ainda, apresentar distintos resultados de acordo com modos de vida peculiares rurais e urbanos. Por isso, é fundamental para o planejamento dos serviços de manejo de resíduos sólidos que o município realize e atualize periodicamente estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos, considerando, ainda, a possibilidade de elaborar estudos específicos sobre a geração de resíduos sólidos em áreas rurais.

Recomenda-se que a cada atualização do PMSB sejam atualizados os estudos gravimétricos no município, com o objetivo de estimar com maior precisão a situação municipal e fornecer informações úteis ao planejamento e ao monitoramento dos serviços de manejo de resíduos sólidos. O objetivo central dessa atualização é medir a variação na geração de resíduos sólidos, que tem relação com, entre outras características, o aspecto socioeconômico, o modo de vida e o grau de consumo da população. Assim busca-se apoiar o planejamento da frota de veículos coletores, do dimensionamento de unidades de triagem, da previsão de gastos com combustível, da previsão do tempo de vida útil do aterro sanitário, da demanda por prestadores de serviços, da demanda por ações de educação e participação social e, eventualmente, da regulação de processos de produção e comercialização de produtos e prestação de serviços no município, entre outros.

5.4.2. Alternativas técnicas a serem adotadas nos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e limpeza pública

As alternativas técnicas apresentadas para o manejo de resíduos sólidos no presente tópico estão estabelecidas à luz do Programa Saneamento Brasil Rural (PSBR), por meio da apresentação de fluxogramas para alternativas tecnológicas e tabelas para procedimentos operacionais. Para a implantação de cada uma das **etapas operacionais** que compõem os serviços, há **critérios**¹⁹ **de decisão** aos quais correspondem uma série de requisitos, com o objetivo de proporcionar sustentabilidade aos serviços públicos, observadas as peculiaridades do município.

A fim de esclarecer as alternativas técnicas para o manejo dos resíduos sólidos, a Tabela 65 apresenta as etapas operacionais de acordo com a fração de recicláveis, orgânicos e rejeitos, e a Tabela 66 identifica as formas de destinação dos resíduos recolhidos pela limpeza pública urbana. Destaca-se, contudo, que as alternativas apresentadas nessas tabelas dependem da viabilidade técnica e econômica avaliadas pelo poder público municipal, bem como do grau de envolvimento e apropriação da população para o fortalecimento dos serviços.

¹⁹ Nos termos do PSBR esses critérios de decisão são chamados de aspectos condicionantes das soluções possíveis.

Tabela 65 – Etapas operacionais do manejo de resíduos sólidos, com relação à fração de resíduo doméstico

Fração de resíduos sólidos domésticos	Acondicionamento	Coleta Comum	Coleta Seletiva	Transporte	Triagem	Transbordo	Compostagem	Destinação ambientalmente adequada	Disposição final ambientalmente adequada
RECICLÁVEIS a) Plástico; b) Papel e Papelão; c) Alumínio/Metais; d) Vidro;	X armazenamento dos resíduos em sacolas distintas, conforme o tipo de coleta	-	X	X	X separação dos materiais segundo tipo e preparação para comercialização	-	-	X comercialização para reciclagem (aproveitamento em produção industrial)	-
ORGÂNICOS e) Restos de comida; f) Talos de legumes, frutas e verduras; g) Cascas de ovos;		-	X	X	-	-	X geração de adubo para agricultura e/ou jardinagem	-	
REJEITOS (LIXO) h) lixo de banheiro; i) guardanapos usados; j) fraldas; k) absorventes femininos; etc.		X	-	X	-	X a depender da distância entre os pontos de coleta e o local de disposição final	-	-	X aterro sanitário

Fonte: Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010

Tabela 66 – Destinação de resíduos de limpeza pública, com relação ao tipo de resíduo recolhido

SERVIÇO	RESÍDUOS SÓLIDOS TÍPICAMENTE RECOLHIDOS	DESTINAÇÃO AMBIENTALMENTE ADEQUADA
Varrição, asseio de túneis, escadarias, monumentos, abrigos e sanitários públicos	Resíduos verdes e rejeitos	Orgânicos e resíduos verdes: compostagem Resíduos de terra e areia: aterro de resíduos inertes Rejeitos: aterro sanitário
Capina, roçada e poda	Resíduos verdes	
Raspagem e remoção de terra, areia e quaisquer materiais depositados pelas águas pluviais em vias e logradouros públicos	Sedimentos de terra e areia e rejeitos	
Desobstrução e limpeza de bocas de lobo, bueiros e correlatos	Resíduos verdes e rejeitos	
Limpeza de logradouros públicos onde se realizam feiras públicas e outros eventos de acesso aberto ao público	Resíduos orgânicos e rejeitos	

Fonte: Projeto SanBas, 2020

A adoção de rotas para destinação e tratamento de resíduos sólidos dependerá de condições favoráveis para implantação dos serviços, as quais relacionadas aos seguintes **critérios de decisão**:

- **Existência de mercado de resíduos recicláveis:** a existência de um mercado de recicláveis é um fator determinante da destinação de resíduos recicláveis. Contudo, outros fatores devem ser considerados, como por exemplo, as distâncias entre as áreas de coleta e os pontos de comercialização dos resíduos e a qualidade das vias de acesso, os quais interferem na escolha de, entre outros aspectos, o tipo de veículo transportador, o consumo de combustível e a frequência do transporte. Assim sendo, a presença ou ausência do mercado de recicláveis em condições favoráveis ao estabelecimento de serviços de coleta, triagem e transporte de recicláveis é decisivo²⁰ e deverá considerar, minimamente, o conjunto dos fatores supracitados.
- **Geração de resíduos orgânicos:** a demanda pelo tratamento e destinação de resíduos orgânicos é um fator determinante para operação da compostagem, sob a forma de solução coletiva para esses resíduos em um dado território (distrito, bairro, comunidade). Para tanto, faz-se necessária a quantificação da geração de resíduos sólidos domésticos por meio de estudo de caracterização de resíduos sólidos (gravimetria). A compostagem tem como objetivos diminuir a quantidade de resíduos levados à disposição final, mas também a geração de trabalho, renda e produção de um composto orgânico que pode ser aplicado em atividades agrícolas ou de jardinagem no município.
- **Acessibilidade:** corresponde às características das vias de tráfego, condicionam a escolha do tipo de veículo para coleta e transporte dos resíduos – largura, declividade, sinuosidade da via, tipo e condições de pavimentação e distância percorrida. O conjunto dessas características, por sua vez, condiciona, além da escolha do tipo de veículo, o estabelecimento da modalidade de coleta (ponto a ponto ou porta a porta), da frequência de coleta (horários), das rotas trafegadas, da instalação de unidades de triagem, transbordo e/ou compostagem. Algumas distâncias importantes a serem consideradas são:
 - **Distância** entre pontos de **coleta** e área de **disposição final** de resíduos sólidos, para decidir sobre a instalação (ou não) de unidades de transbordo;

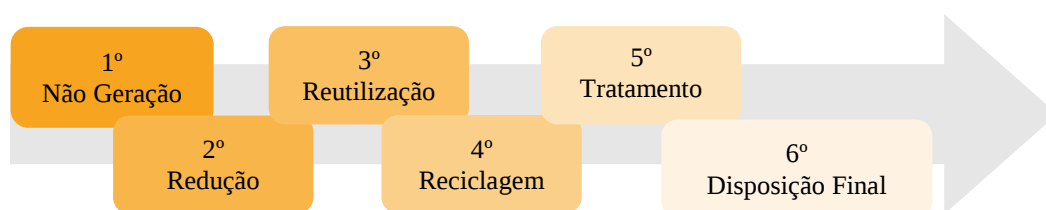
²⁰ A decisão sobre a destinação dos resíduos sólidos recicláveis pode ser formada em conjunto com gestores públicos municipais, catadores de materiais recicláveis e demais atores envolvidos na prestação do serviço.

- **Distância** entre pontos de **coleta** e área de **compostagem** de resíduos orgânicos, para decidir sobre a frequência de coleta, de modo a evitar a putrefação dos resíduos e acúmulo de chorume nos veículos coletores antes de os resíduos serem devidamente compostados;
- **Distância** entre unidades de **triagem** e áreas de **comercialização** de recicláveis (mercado), para evitar déficits financeiros no sistema, devido ao consumo de combustível, ainda que haja um modelo de subsídio público junto à organização de catadores de materiais recicláveis, formada por pessoas físicas de baixa renda.

A sequência de apresentação dos fluxogramas corresponde ao **alcance das condições necessárias** para adequação e implantação dos serviços públicos, ao longo do horizonte de planejamento do PMSB.

Cabe destacar que de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010, art. 9º), na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, observa-se a seguinte ordem de prioridade, esquematizada na Figura 75.

Figura 75 – Ordem de prioridade na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos



Fonte: Adaptado de MMA, 2012

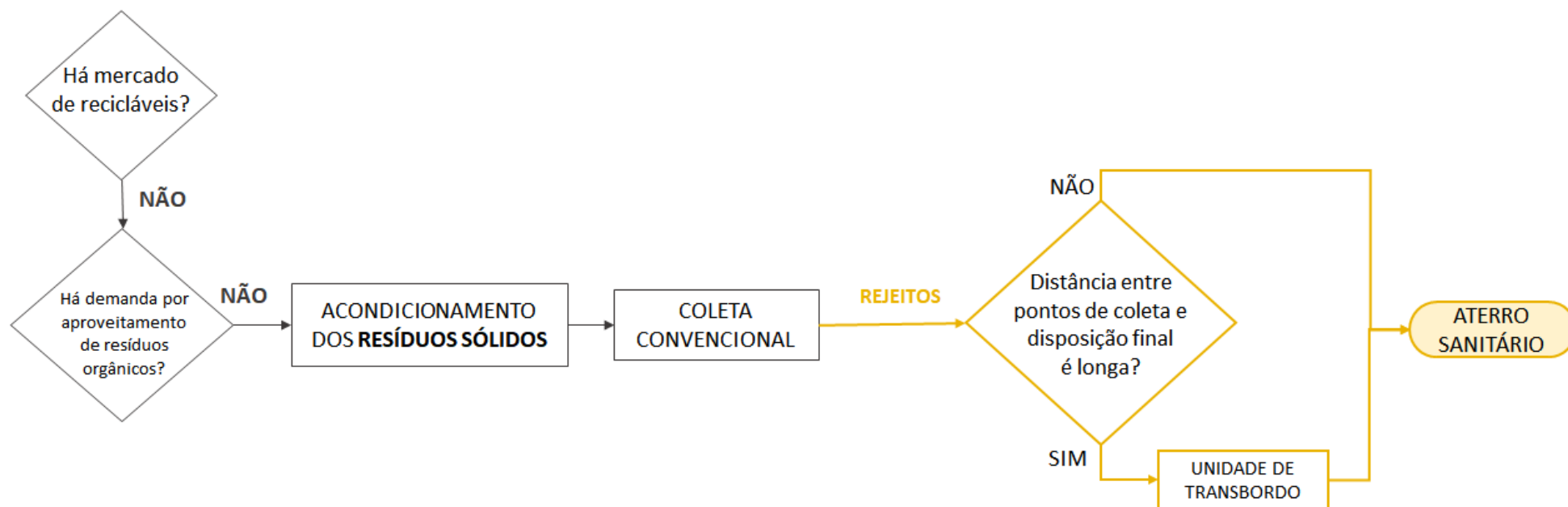
De acordo com a mesma Lei (art. 7º, inciso II), essa priorização corresponde a objetivos da política, de maneira que o município deve sempre buscar estímulos para evitar a geração de resíduos e evitar os impactos negativos decorrentes da disposição dos resíduos na natureza. Por essa razão, considera-se que a situação ideal, que corresponde ao atendimento da política de maneira ampla, está ilustrada no fluxograma da Figura 79, apresentado adiante.

Recomenda-se, ainda, que a adequação do manejo de resíduos sólidos ocorra de maneira gradual e progressiva, com o objetivo de ampliar a cobertura de atendimento para os domicílios de todas as áreas urbanas e rurais, observando o princípio da universalização do acesso.

5.4.2.1. Ausência de mercado de recicláveis e ausência de demanda por aproveitamento de orgânicos

Na eventualidade de ausência de mercado de recicláveis, ou de desmobilização de associações de catadores de materiais recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, e da ausência de demanda, por parte da população, pelo aproveitamento de resíduos orgânicos, ou de uma baixa geração de orgânicos, tem-se que não há condições favoráveis à implantação de sistemas de coleta seletiva ou de compostagem de orgânicos. Nessa situação, são limitadas as viabilidades técnica e econômica para aproveitamento de RSU. Com efeito, os resíduos domésticos são considerados rejeitos e o serviço de manejo de resíduos sólidos opera conforme representado no fluxograma da Figura 76.

Figura 76 – Serviço público operando com a disposição final ambientalmente adequada da totalidade dos resíduos sólidos domésticos gerados no Município



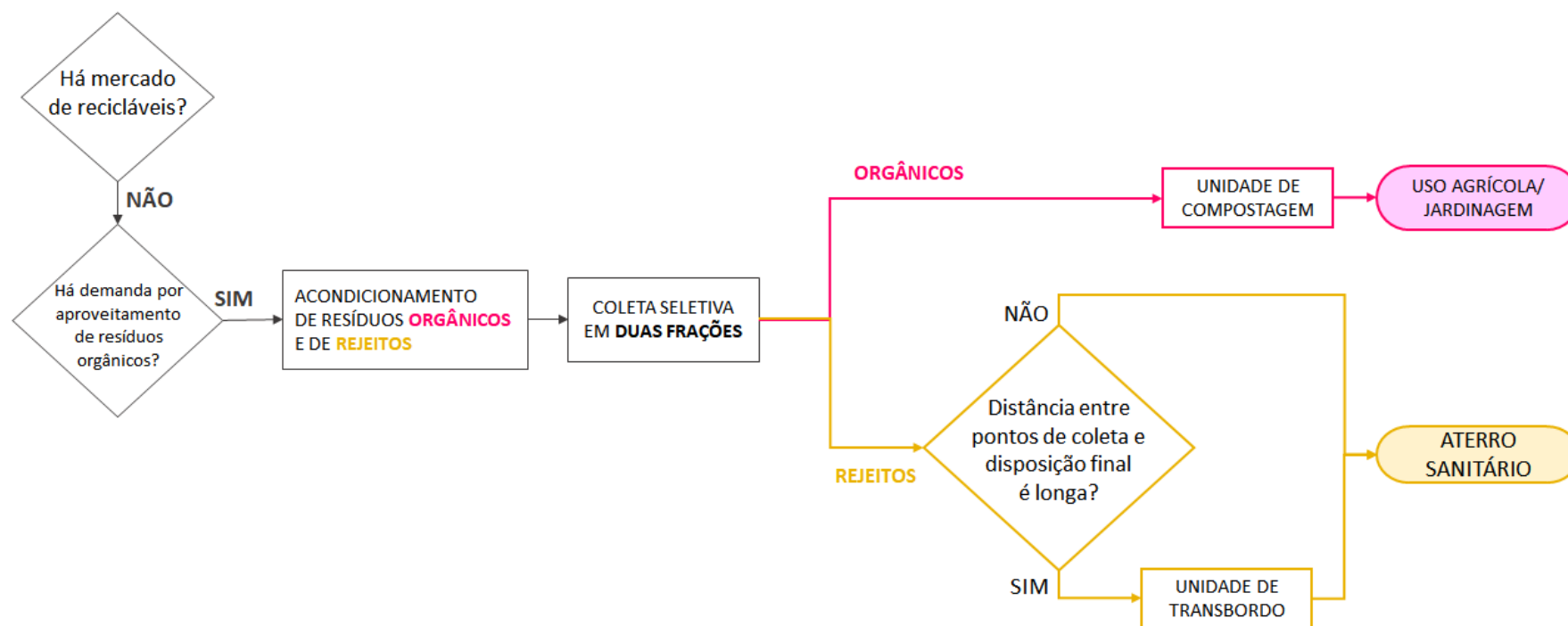
Fonte: Adaptado de PSBR, 2019

5.4.2.2. *Demanda por aproveitamento de orgânicos e ausência de mercado de recicláveis*

Numa segunda situação, há a geração de resíduos orgânicos favorável à implantação de um sistema de compostagem coletiva, num contexto em que a população demanda ou concorda com a proposta de aproveitamento desse resíduo. A compostagem pode ocorrer, inclusive, na localidade onde são coletados os resíduos, a depender da disponibilidade de área, participação social e outros fatores que estão apresentados no item 5.4.2.5. Nesse caso, o serviço de manejo de resíduos sólidos opera conforme ilustra o fluxograma da Figura 77.

Com o desenvolvimento do serviço de compostagem, pode haver redução da quantidade de resíduos encaminhados à disposição final (aterro sanitário). Destaca-se que de acordo com o Diagnóstico do município (Produto C do presente PMSB), 27% dos resíduos sólidos gerados correspondem à matéria orgânica. O tratamento e a destinação dessa parcela dos resíduos sólidos urbanos contribuem para o aumento da vida útil do aterro sanitário (que passará a receber uma carga diária menor desse material), além de promover a geração de composto orgânico, que pode ser aplicado em atividades agrícolas e de jardinagem, observando-se as normas e regras de segurança sanitária vigentes.

Figura 77 – Serviço público operando com tratamento de resíduos sólidos orgânicos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos



Fonte: Adaptado de PSBR, 2019

5.4.2.3. *Presença de mercado de recicláveis e ausência de demanda por aproveitamento de orgânicos*

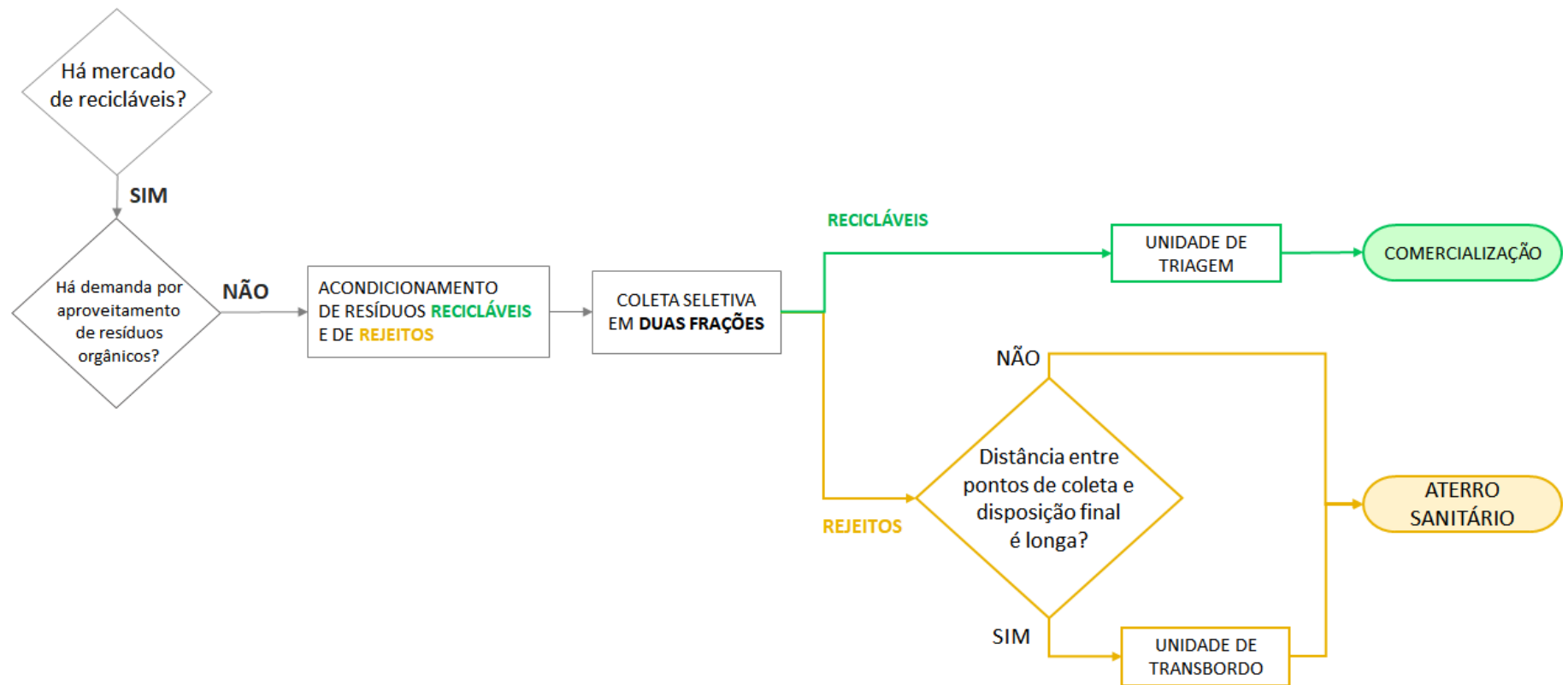
Numa terceira possibilidade, há condições favoráveis para implantação de coleta seletiva, triagem e comercialização de materiais recicláveis, em um contexto em que a população acondiciona corretamente²¹ os resíduos e há potencial para envolvimento de associações de catadores de materiais recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda. Nessa situação, o manejo de resíduos sólidos opera conforme representado no fluxograma da Figura 78.

No caso de Caxambu, o município conta, atualmente, com a atuação da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Caxambu (ASCAMARC), prestadora de serviços de manejo de resíduos sólidos, por meio das atividades de coleta, triagem e comercialização de resíduos recicláveis, tal como detalhado no Produto C do PMSB de Caxambu. De acordo com o observado no Diagnóstico Técnico Participativo, são necessários ajustes e melhoramentos na forma de inserção dos catadores nos serviços públicos, sobretudo no tocante à contratação da Associação, capacitação dos associados, melhorias da unidade de triagem, etc. A programação das ações de adequação desse serviço está contida no Produto E.

Em termos de prognóstico, importa destacar que a atuação da ASCAMARC é estratégica para a adequação dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos em Caxambu, com potenciais positivos para a inserção social, a promoção da saúde, a proteção ambiental e a educação e mobilização da população caxambuense. Recomenda-se que as atividades relativas à coleta seletiva de recicláveis sejam gradual e progressivamente expandidas ao território municipal, incluindo-se, assim, o atendimento de domicílios rurais e urbanos.

²¹ A redação afirma sobre “acondicionar corretamente” os resíduos sólidos domésticos porque tem o intuito de reforçar a importância de a população respeitar regras técnicas peculiares ao serviço de coleta, as quais existem para manter a qualidade do serviço, tais como os dias e horários de coleta, o tipo de resíduo coletado – reciclável, orgânico, rejeito (lixo) – armazenados separadamente em sacolas plásticas ou outro tipo de sacola. Considera-se, contudo, que a definição dessas regras pode ser dada com a participação da população, como mecanismo de facilitar a adesão da população e, com efeito, a melhoria da eficiência e eficácia dos serviços.

Figura 78 – Serviço público operando com destinação de resíduos sólidos recicláveis



Fonte: Adaptado de PSBR, 2019

5.4.2.4. *Presença de mercado de recicláveis e demanda por aproveitamento de orgânicos*

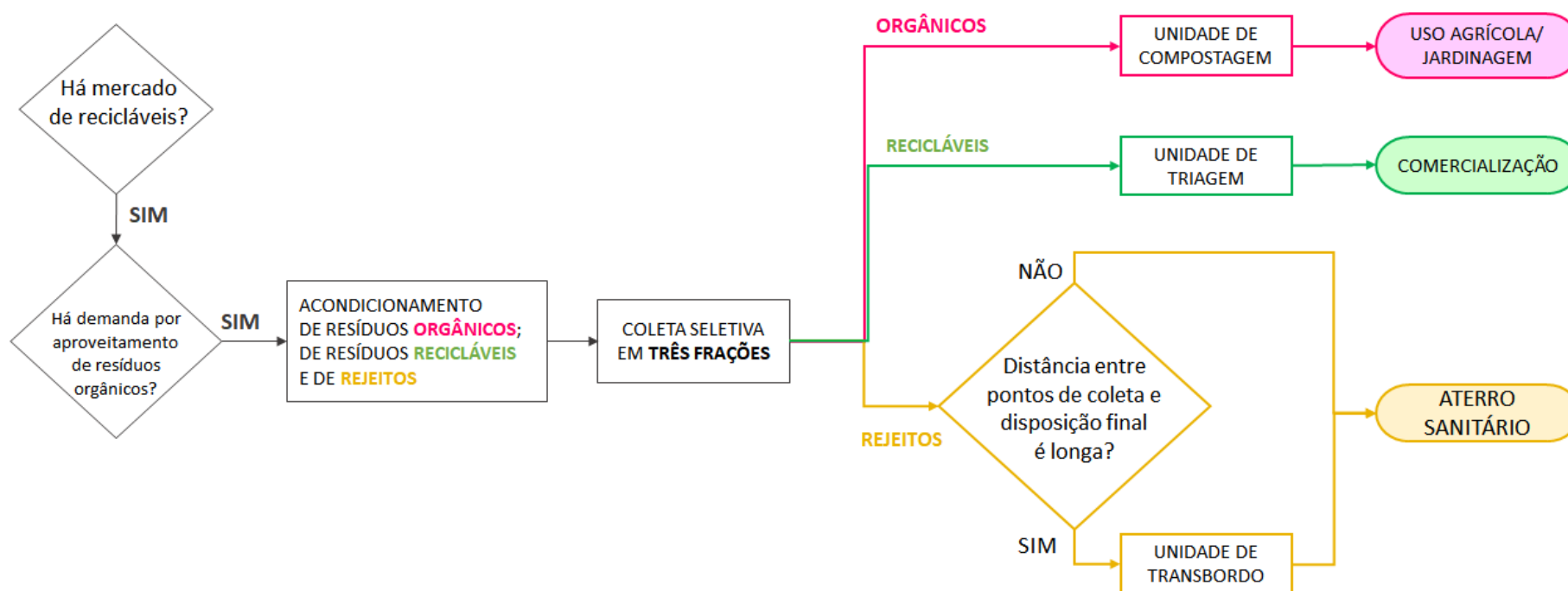
Numa quarta possibilidade, o município lida com uma situação em que há um contexto favorável para a implantação de serviços de coleta, triagem e comercialização de resíduos recicláveis, assim como para implantação de serviço de compostagem coletiva. Nesse contexto, o manejo de resíduos sólidos opera conforme ilustra o fluxograma da Figura 79.

Apesar de conferir maior complexidade à administração municipal, a situação retratada na Figura 79 tem potencial para proporcionar benefícios sociais, econômicos e ambientais ao município. Entre as transformações que ocorrem pela adoção de um sistema mais robusto de manejo de resíduos sólidos, tem-se:

- inclusão social e desenvolvimento socioeconômico de famílias de baixa renda envolvidas em associações de catadores de materiais recicláveis, por meio da geração de trabalho e renda;
- redução da quantidade de resíduos transportados ao aterro sanitário, o que representa um potencial de aumento da vida útil do aterro sanitário e de redução de custos relativos ao consumo de combustíveis pelo transporte dos resíduos;
- mudança de comportamento da população municipal (tendo a educação ambiental como instrumento);
- o exercício da cidadania e a construção de uma noção de proteção e preservação do ambiente onde se desenvolve o município, e dos recursos por ele utilizados, como a água e o solo;
- o fortalecimento institucional do poder público municipal e o favorecimento do acesso a recursos administrados pela União, de acordo com a legislação vigente.

Nesse sentido, é importante destacar a potencialidade da Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Caxambu (ASCAMARC) não só para o manejo de resíduos sólidos, mas também para o gerenciamento de resíduos especiais como resíduos eletroeletrônicos, eletrodomésticos, sucata e ferro velho em geral. Com a inserção da ASCAMARC na Rede Sul e Sudoeste de Catadores, os associados têm buscado o fortalecimento institucional, administrativo e logístico, o que ainda não exclui a necessidade de suporte por parte da Prefeitura Municipal.

Figura 79 – Serviço público operando com destinação de resíduos recicláveis e orgânicos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos



Fonte: Adaptado de PSBR, 2019

5.4.2.5. Especificações mínimas e procedimentos operacionais para o manejo de resíduos sólidos e para a limpeza pública

O bom desempenho de uma determinada etapa do manejo de resíduos sólidos é fundamental para o êxito da etapa seguinte. Por exemplo, o correto acondicionamento de resíduos sólidos, no domicílio, contribui para a eficiência da coleta (seletiva) e, por conseguinte, para que a unidade de triagem receba apenas os resíduos recicláveis, e alcance uma boa eficiência no processo de segregação dos materiais, além de contribuir para a segurança sanitária do local de trabalho e da saúde dos trabalhadores. Assim, a qualidade do serviço público de manejo de resíduos sólidos depende do êxito de cada uma das etapas do manejo mutuamente. Por isso, o planejamento desse serviço público deve considerar uma visão sistêmica, incluindo-se todas as etapas, e estabelecendo-se as ações de cada um dos atores envolvidos na operação das atividades.

Os procedimentos operacionais e as especificações mínimas, a seguir, têm o objetivo de contribuir com a qualidade da prestação dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos. Assim sendo, a Tabela 67 contém as etapas dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos com suas especificações mínimas e os procedimentos operacionais, e a Tabela 68 contempla especificações para o serviço de limpeza pública. Cada etapa referente aos procedimentos operacionais está registrada na Figura 80.

À população compete a responsabilidade do devido acondicionamento dos resíduos sólidos e respeito aos horários estabelecidos para a coleta. Além disso, devem ser criados mecanismos de participação e controle social, acesso à informação etc., em conformidade com a Lei Federal nº 11.445/2007, a Lei Federal nº 12.305/2010 e os seus respectivos Decretos.

Tabela 67 – Especificações mínimas e procedimentos operacionais para serviços públicos de manejo de resíduos sólidos

Operação Domiciliar	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
ACONDICIONAMENTO	O acondicionamento dos resíduos sólidos é realizado em casa. É a primeira etapa do manejo, e dela depende, entre outros fatores, o bom desempenho do serviço de coleta. Por isso, os resíduos sólidos devem ser acondicionados respeitando-se a modalidade de coleta – seja coleta ponto a ponto, ou coleta porta a porta – e a frequência de coleta – verificando-se os horários pré-estabelecidos para disponibilização dos resíduos devidamente acondicionados nos pontos de coleta. É importante não misturar os resíduos sólidos enquanto são gerados nos domicílios e nos centros de comércio (como restaurantes, padarias, etc.) para que sejam acondicionados separadamente, de acordo com a coleta seletiva, em frações de resíduos recicláveis, orgânicos e rejeitos. Os resíduos sólidos devem ser acondicionados em recipientes apropriados, como sacos plásticos, lixeiras, tambores, contêineres, etc. Caso a coleta ocorra na modalidade porta a porta, os resíduos devem ser disponibilizados em frente aos domicílios, no logradouro. Caso a coleta ocorra na modalidade ponto a ponto, os municípios devem encaminhar os resíduos sólidos até os Pontos de Entrega Voluntária (PEVs). Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Realizar a limpeza periódica dos pontos de coleta; ▪ Manter o local de coleta livre de acúmulo de água, para evitar a proliferação de vetores (ex: ovos e larvas de <i>Aedes aegypti</i>); ▪ Verificar a presença e remover vetores transmissores de doenças (ex: ratos, baratas, ovos e larvas de <i>Aedes aegypti</i>).

Serviço	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
COLETA	A coleta e o transporte encaminham os resíduos sólidos para as alternativas de destinação, tanto para reaproveitamento de resíduos sólidos em novos ciclos de produção (como a reciclagem de plástico, vidro, metais e papel, por exemplo, e a compostagem de resíduos orgânicos), quanto para a disposição em aterro sanitário (no caso de rejeitos). A coleta pode ocorrer nas modalidades porta a porta - atendendo os munícipes em seus logradouros, e ponto a ponto – atendendo a conjuntos de domicílios em pontos previamente estabelecidos. A coleta, ainda, pode ser do tipo convencional – em que não há diferenciação de resíduos coletados, e coleta seletiva – diferenciando-se os resíduos em frações, a depender das formas de destinação estabelecidas no manejo: resíduos sólidos recicláveis, resíduos sólidos orgânicos e rejeitos. Com relação aos veículos que realizam a coleta e o transporte dos resíduos, esses podem variar conforme o tipo e a quantidade de resíduo coletado, bem como a condição das vias de acesso aos locais de coleta e de destinação. Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Estabelecer a modalidade de coleta em cada localidade do município, bem como a frequência e os horários de coleta; ▪ Providenciar a instalação e a manutenção de pontos de coleta (PEVs), de modo a evitar que animais alcancem os resíduos sólidos; ▪ Informar continuamente a população sobre o serviço de coleta, principalmente nas localidades onde o serviço terá alterações, em função do planejamento em saneamento básico; ▪ Disponibilizar equipamentos de proteção individual para a equipe de operários do serviço; ▪ Utilizar Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequadamente e durante todo o período de serviço; ▪ Atualizar a carteira de vacinação de todos os membros da equipe de operários do serviço.

Serviço	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
TRANSPORTE	A etapa de transporte está diretamente ligada à etapa de coleta. Os veículos devem ser adequados às características dos resíduos sólidos coletados e da área, urbana ou rural, em que será realizada a coleta no município. Algumas características dos veículos transportadores contribuem fortemente para que o gerenciamento seja eficiente e eficaz, tais como: apresentar altura de carregamento na linha da cintura dos garis (facilita o trabalho e diminui os riscos de lesões), não permitir derramamento dos resíduos sólidos ou chorume na via pública, dispor de local adequado para o transporte dos trabalhadores, possuir capacidade adequada de manobra e de vencer aclives (rampa e ladeira), apresentar capacidade adequada para o menor número de viagens ao destino, etc. Em relação a coleta dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), esta deve ser separada da coleta de resíduos domiciliares. O transporte pode ser realizado por caminhões de carroceria aberta basculante ou não, caminhões compactadores, exceto nas áreas especiais (vilas e postos de saúde) que utilizam caminhonetes, carros menores, carroças²² e lutocar. Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Garantir equipamentos compatíveis com o volume, peso e forma do material a ser transportado, bem como funcionários familiarizados com o meio de transporte; ▪ Garantir condições adequadas de trabalho dos profissionais da limpeza urbana, e o uso de EPI; ▪ Cobrir rotas pré-estabelecidas; ▪ Cobrir os resíduos, de forma a evitar que sejam lançados nas vias, no caso dos caminhões e tratores com reboque; ▪ Providenciar a identificação dos veículos coletores contendo um letreiro para informações sobre tipo(s) de resíduo(s) sólido(s) coletado(s), contato do prestador de serviço, horários de coleta; ▪ Realizar a limpeza periódica dos veículos coletores; ▪ Providenciar local seguro para guarda e segurança dos veículos; ▪ Prover combustível para o abastecimento dos veículos coletores; ▪ Providenciar a manutenção periódica dos veículos; ▪ Prover veículos reserva.

²² Em caso de uso de transporte por tração animal, a saúde do animal deve ser considerada e monitorada, em relação às normas vigentes, considerando a vacinação, a alimentação, o descanso, o limite de peso, etc.

Serviço	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
TRANSBORDO	O transbordo é a etapa intermediária entre a coleta e a disposição de rejeitos, e deve ser adotada quando a distância e a qualidade das vias trafegáveis inviabilizem a coleta semanal. Além disso, o transbordo pode ser implantado visando o ganho de escala para superar longas distâncias até o local de disposição final ambientalmente adequada. Os procedimentos operacionais pertinentes ao serviço de transbordo são semelhantes à triagem.
TRIAGEM	A triagem é a etapa que segrega os resíduos sólidos recicláveis, segundo o tipo, para, então, reinserí-los, devidamente, a cada ciclo produtivo, por meio da comercialização. Na Unidade de Triagem são selecionados e agrupados os resíduos sólidos do mesmo tipo, como papel, papelão, plástico, plástico duro, latas de alumínio, embalagens de metal, vidro e outros. Eventualmente há triagem de rejeitos – resíduos não recicláveis, os quais devem ser encaminhados para disposição ambientalmente adequada. Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Seguir cronograma de trabalho e escala de atuação dos operadores dos serviços, o qual deverá ser definido em acordo entre a administração pública e os prestadores de serviço; ▪ Registrar a quantidade de resíduos sólidos a cada descarga do veículo coletor; ▪ Registrar a quantidade de resíduos sólidos encaminhados a disposição a cada carga de veículo transportador; ▪ Realizar a limpeza periódica do entorno da Unidade e de suas dependências; ▪ Instalar placas de sinalização informando sobre o serviço de transbordo, contato dos responsáveis pela prestação do serviço, e outras informações de segurança que se julgarem pertinentes; ▪ Monitorar consumo de água e energia elétrica na Unidade e fomentar o uso racional; ▪ A Unidade de Transbordo e/ou Triagem deve ser construída incluindo-se a instalação de escritório de serviços e local apropriado para alimentação, vestiários/banheiros; ▪ Garantir condições de segurança sanitária para evitar o acúmulo de água, a proliferação de vetores transmissores de doenças, a formação de mau cheiro, o acesso de animais e a catação informal de resíduos sólidos; Observação: a atuação de catadores no manejo de resíduos sólidos deve ocorrer em conformidade com a Lei Federal nº 12.305/2010 e do Decreto nº 7.404/2010, que estabelecem a contratação de organizações de catadores de materiais recicláveis como prestadores de serviço.

Serviço	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
COMPOSTAGEM	A compostagem é a etapa de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos, por meio do processo de degradação biológica da matéria orgânica, e visa também o aproveitamento do composto produzido – um material rico em nutrientes, que pode ser utilizado para fins de jardinagem ou de agricultura, respeitando-se as normas aplicáveis. Os resíduos sólidos orgânicos são restos de alimentos que sobram das atividades domésticas, como cascas de frutas, talos de verduras, comida preparada, etc. Para isso, os resíduos são dispostos em leiras ou pilhas, umedecidos e revirados periodicamente (segundo um rigor técnico) e, durante esse período, microrganismos presentes na matéria orgânica promovem a transformação dos resíduos em composto orgânico. O adubo gerado pode ser comercializado, aproveitado em outros serviços públicos, como a jardinagem, ou distribuído para a população que gerou os resíduos orgânicos. A utilização do composto produzido deverá obedecer às legislações e normas cabíveis e, para tanto, é necessário monitoramento da qualidade do composto em laboratório apropriado. Adicionalmente, buscando a proteção do meio ambiente e restabelecer o ciclo natural de matéria orgânica, são estabelecidos critérios e procedimentos de controle e de qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, pontuados pela Resolução CONAMA nº 481/2017 (CONAMA, 2017). Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Definição de área para realização da compostagem, tipo de veículo coletor, frequência de coleta, quadro de operadores com cronograma de trabalho; ▪ Coletar e registrar os resíduos orgânicos recebidos; ▪ Monitorar o processo de compostagem em leiras/pilhas, a limpeza dos equipamentos e máquinas utilizados, a umidificação das leiras/pilhas de acordo com o projeto, e sua cobertura em dias de chuva; ▪ Monitorar a qualidade do composto orgânico produzido. Observações: A compostagem pode ser realizada de maneira integrada com a triagem de resíduos sólidos por meio de Unidade de Triagem e Compostagem – UTC. A operação da compostagem pode contar com a participação de munícipes, considerando um acordo entre a comunidade e o prestador de serviço (excetuando-se trabalho voluntário e auto-gestão do serviço), em casos de comunidades rurais ou outras localidades.

Serviço	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA (ATERRO SANITÁRIO)	O aterro sanitário é uma solução para o destino final de resíduos sólidos para os quais não há viabilidade técnica ou econômica para aproveitamento. O aterramento dos rejeitos deve ser realizado em local adequado, que conte com impermeabilização do solo, sobreposição de camadas de terra sobre camadas de rejeitos, sistema de drenagem de águas de chuva e de chorume, canalização dos gases produzidos, entre outros aspectos do rigor técnico de projeto. A área destinada ao aterro sanitário deve contar com escritório, área de copa para alimentação dos operários, banheiros, local para abrigo dos veículos e demais equipamentos. Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Registrar e monitorar os rejeitos recebidos a cada descarga do veículo coletor, verificando se a composição é compatível com a finalidade do aterro; ▪ Reencaminhar os resíduos incompatíveis com a finalidade do aterro aos geradores; ▪ Implantar camada de terra a cada conclusão da jornada de trabalho; ▪ Monitorar o sistema de drenagem de águas pluviais, chorume e de gases produzidos; ▪ Monitorar as águas subterrâneas; ▪ Prover a manutenção periódica de equipamentos e veículos; ▪ Realizar o acompanhamento da vida útil do aterro, conforme o horizonte de projeto. Verificar atualização de documentos relacionados a licenciamento ambiental.

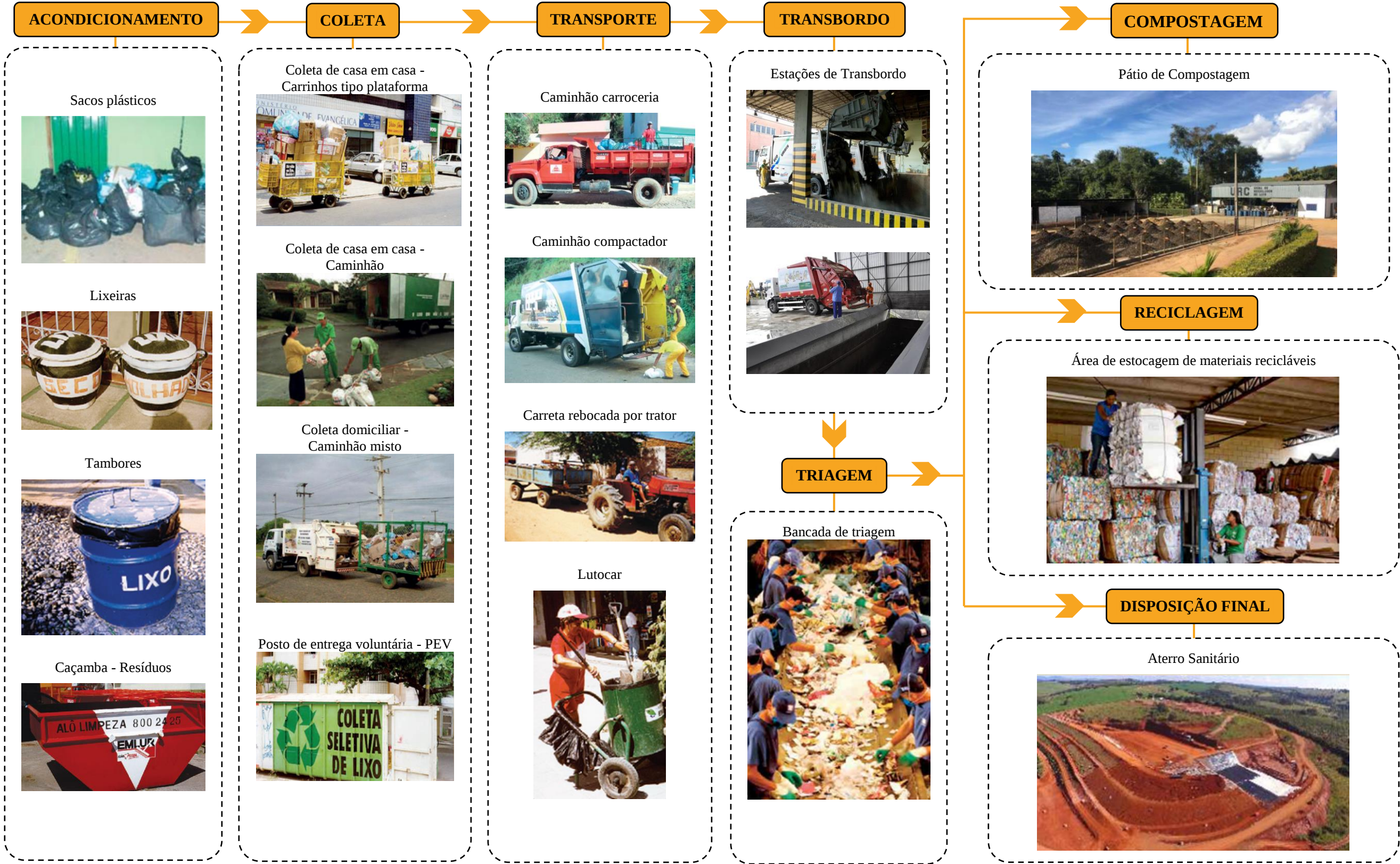
Fonte: Adaptado de ReCESA, 2007; PSBR, 2019

Tabela 68 – Especificações mínimas e procedimentos operacionais para serviços de limpeza pública

Serviço	Especificações mínimas e procedimentos operacionais
VARRIÇÃO E OUTROS SERVIÇOS DE LIMPEZA DE VIAS E LOGRADOUROS PÚBLICOS	A varrição é um conjunto de atividades para reunir, acondicionar e remover resíduos sólidos dos logradouros públicos, que tenham sido lançados por atividades humanas ou trazidos por ação de chuva e/ou ventos. O planejamento das atividades de varrição deve considerar fatores tais como: áreas, extensões, condições de tráfego, relevo, uso do solo, circulação de pedestres, localização de cestos de lixo em vias públicas, localização de feiras, parques e paradas de ônibus. Os resíduos verdes são oriundos, preponderantemente, das atividades de capina, roçada e poda, e correspondem aos resíduos orgânicos de origem vegetal, como folhas, grama, sementes e madeira. Tais resíduos podem ser destinados ao tratamento via compostagem, aproveitando-se o composto orgânico gerado. Esse tratamento pode, inclusive, ser integrado ao sistema de compostagem coletiva dos resíduos sólidos orgânicos gerados nos domicílios ou em outros estabelecimentos, cujos resíduos sejam considerados resíduos sólidos urbanos. Os procedimentos operacionais envolvem: ▪ Seguir o cronograma de trabalho e a escala de atuação dos operadores dos serviços, ao qual deverá ser definido em acordo entre a administração pública e os prestadores de serviço; ▪ Estabelecer os tipos de varrição (diária, alternada ou eventual) no território municipal; ▪ Estabelecer roteiros (itinerários) e a frequência dos serviços de limpeza; ▪ Providenciar a divisão da área a ser varrida (seções, territórios, etc.); ▪ Instalar lixeiras públicas observando a eficiência de sua utilização; ▪ Estabelecer pontos de apoio à prestação dos serviços e providenciar sua manutenção (banheiros, vestiários, dentre outras estruturas de apoio); ▪ Considerar a proporção de ruas pavimentadas e de terrenos baldios, bem como o estado de conservação dos logradouros no planejamento das atividades; ▪ Considerar as condições climáticas (poeiras, chuva, folhas caídas) e o efeito da sazonalidade nas árvores e arbustos (queda de flores e folhas); ▪ Disponibilizar equipamentos adequados como vassouras, pás, ancinhos, fincos e carrinhos; ▪ Utilizar Equipamentos de Proteção Individual – EPI; ▪ Providenciar a manutenção dos equipamentos e veículos; ▪ Atualizar a carteira de vacinação dos trabalhadores.

Fonte: Projeto SanBas, 2020

Figura 80 – Representação das etapas dos procedimentos operacionais para serviços públicos de manejo de resíduos sólidos



Fonte: Funasa, 2006; ReCESA, 2007; ReCESA, 2008; Feam, 2009; MMA, 2012; Cempre, 2013; Pinhais, 2014; Funasa, 2019; São Paulo, 2019

5.4.2.6. *Energia limpa no manejo de resíduos sólidos*

Cabe mencionar que o Programa Saneamento Brasil Rural (PSBR, 2019) destaca a pertinência da adoção de mecanismos de energia limpa como proposição tecnológica de saneamento básico. Nesse contexto, a energia limpa está relacionada com o aproveitamento de um tipo de resíduo sólido para fins de geração de energia ou geração de subprodutos úteis a outras atividades, por meio de tecnologias que reduzem impactos ambientais negativos, em comparação com tecnologias comumente adotadas.

Como exemplo, pode ser citada a valorização de resíduos orgânicos por meio da compostagem ou da biodigestão. No primeiro caso, a compostagem foi abordada no presente Produto D, e, no segundo caso, a biodigestão é um processo de tratamento da matéria orgânica que possibilita o aproveitamento do biogás gerado, para fins de geração de energia (PSBR, 2019). Particularmente em contextos rurais, onde há a criação de animais no âmbito familiar, é possível adotar técnicas de tratamento de resíduos de origem animal (excrementos) e resíduos orgânicos com geração de biogás que pode ser aproveitado para geração de energia térmica e aquecimento de sistemas de água. Projetos com esse objetivo devem ser avaliados caso a caso. Complementarmente, o acesso sustentável e o investimento em pesquisa e tecnologias de energia limpa são assegurados pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 7 (ONU, 2015).

Em termos legais²³, o fomento e os incentivos fiscais, financeiros e creditícios ao aproveitamento energético de resíduos sólidos orgânicos de origem urbana e rural, são pautados no art. 51 na Lei Estadual nº 18.301/2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos (MINAS GERAIS, 2009). Em paralelo, a Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010a), respalda o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental para melhorias de processos produtivos, entre eles o aproveitamento energético.

²³ Cabe acrescentar a Portaria Interministerial nº 274, de 30 de abril de 2019, que disciplina a recuperação energética dos Resíduos Sólidos Urbanos (MMA, 2019) e a NBR 16.849:2020, que trata sobre os requisitos para o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos para fins energéticos, de maneira a promover o uso dessa prática de forma segura e sustentável (ABNT, 2020).

5.4.2.7. Considerações sobre o Município de Caxambu

De acordo com informações apresentadas no Produto C – Diagnóstico Técnico Participativo, com relação às etapas operacionais de manejo de resíduos sólidos o Município apresenta, em linhas gerais:

- coleta convencional na área urbana e parte da área rural;
- disposição final de rejeitos em lixão;
- coleta seletiva de resíduos recicláveis na área urbana, demandando adequações principalmente para corrigir a instabilidade do cronograma de coleta;
- comercialização de recicláveis feita pela ASCAMARC no âmbito da Rede Sul e Sudoeste de Catadores;
- serviços de limpeza pública concentrados no Centro;
- população rural desassistida por coleta convencional adota soluções próprias de descarte de resíduos sólidos, entre elas a queima dos resíduos na propriedade;
- lançamento indiscriminado de resíduos de construção civil e volumosos em variados pontos do município;
- acúmulo de resíduos sólidos em bocas de lobo e bueiros.

Assim sendo, não há entre os fluxogramas apresentados no presente Prognóstico um que represente a atual situação de manejo de resíduos sólidos de Caxambu. Porém, a partir do Diagnóstico Técnico-Participativo, o município deverá se aproximar da situação retratada no fluxograma da Figura 78, que indica rotas tecnológicas para resíduos recicláveis e rejeitos.

A **adequação** do manejo de resíduos sólidos, nesse sentido, requer o/a:

- ajuste nos serviços de coleta convencional e seletiva, que ainda não atendem à totalidade do território municipal, sendo que a coleta seletiva ainda não apresenta rigor no cronograma de atendimento bairro a bairro;
- regularização da disposição final – que atualmente ocorre em lixão;
- Estudo da geração per capita de resíduos sólidos (pelo menos distinguindo-se a geração das áreas rurais e das áreas urbanas), com vistas a verificar a possibilidade de implantação de um sistema de compostagem coletiva ou do desenvolvimento de ações de incentivo à compostagem domiciliar, e a aumentar a eficiência de aproveitamento e destinação dos resíduos recicláveis gerados no município.

Diante disso, para a adequação da situação dos resíduos sólidos gerados no Município de Caxambu, consideram-se as **ações** relevantes que devam ser transformadas em **programas, projetos e/ou ações**, pautando-se:

- educação, mobilização e comunicação com a população sobre os serviços públicos de manejo de resíduos sólidos;
- incentivo à participação da população no cumprimento de sua responsabilidade de acondicionamento e disponibilização dos resíduos sólidos domésticos, conforme as regras do serviço público;
- incentivo ao tratamento de resíduos sólidos orgânicos;
- criação de mecanismos de participação e controle social, e o incentivo a efetivação desses mecanismos junto à população;
- incentivo ao mercado de recicláveis;
- incentivo à formação e o apoio à consolidação de organizações de catadores de materiais recicláveis formados por pessoas físicas de baixa renda;
- contratação de organização(ões) de catadores de materiais recicláveis como prestadores de serviços de manejo de resíduos sólidos junto ao município;
- apresentação de plano de gerenciamento de resíduos sólidos pelos geradores competentes ao poder público local, por meio de ações de regulação e de fiscalização;
- estabelecimento de ações intersetoriais com setores da educação, saúde, obras, assistência social, entre outros pertinentes ao planejamento e execução de ações de saneamento básico e de gestão integrada de resíduos sólidos, com vistas à promover o uso correto das estruturas implantadas e a apropriação dos serviços por parte da população.

5.4.3. Critérios para pontos de apoio ao sistema na área de planejamento

Os pontos de apoios são instalações físicas de suporte operacional às atividades rotineiras de manutenção, como a limpeza urbana. São locais dotados de infraestruturas básicas destinados a higienização, a alimentação e ao descanso dos funcionários que executam trabalhos externos. De acordo com a Norma Regulamentadora nº 24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho (NR24) do Ministério do Trabalho, o empregador deve disponibilizar sistema de pontos de apoio, observando-se os locais estratégicos para: higienização, hidratação, necessidades fisiológicas e realização de refeições para os trabalhadores que realizam

atividades externas. Ainda segundo a NR24, onde não for possível instalar pontos de apoio, poderão ser utilizadas instalações móveis em boas condições de uso e higienização.

Os pontos de apoio destinados ao setor de limpeza pública municipal têm como objetivo garantir condições salubres para os funcionários que realizam atividades externas de varrição e de manejo de resíduos sólidos. Visando promover condições dignas de higiene, conforto e privacidade em momentos de alimentação e descanso dos profissionais, onde não há estruturas físicas apropriadas, utilizando como base, projeto de engenharia de baixo custo para implantação e manutenção do espaço.

O Diagnóstico Técnico-Participativo indicou que o município de Caxambu não possui estruturas de apoio para as equipes de serviços de limpeza pública e nem para a equipe da ASCAMARC que atua na coleta seletiva. Membros da ASCAMARC relataram, ainda, que na necessidade de fazer paradas para higiene ou para consumo de água, os operários dependem da boa vontade e do acolhimento de moradores ou de donos de estabelecimento comerciais, o que nem sempre ocorre. Usualmente esses trabalhadores permanecem ao longo de uma jornada de seis a oito horas diárias, não tendo, especialmente, locais apropriados para satisfazer suas necessidades fisiológicas mais elementares, além de não contar com um local específico e adequado para realizar suas refeições. Desta forma, tais espaços se fazem necessários para garantir as condições dignas no ambiente de trabalho dos funcionários que exercem atividades externas de limpeza pública.

Sugere-se que os pontos de apoios tenham minimamente os seguintes itens:

- ✓ Bebedouro de água potável, filtrada, fresca, sendo proibido o uso de copos coletivos;
- ✓ Banheiro com vaso sanitário, com sistema de descarga ou similar que garanta o isolamento da caixa de detritos. Segundo a NR 24, é considerada satisfatória 1 m², para cada sanitário, por 20 operários em atividade;
- ✓ Lavatório com água corrente, sabonete líquido e toalha descartável para enxugo das mãos;
- ✓ Aquecedor elétrico/fogão para aquecer as refeições contidas nas marmitas;
- ✓ Escaninhos para guarda de roupas e pequenos objetos pessoais;
- ✓ Espaço para guarda de ferramentas de trabalho.

A viabilidade, o quantitativo e os locais sugeridos para implantação dos pontos de apoio no Município serão abordados no Produto E, o qual abordará a proposição de ações para o PMSB.

Nas Figura 81, Figura 82 e Figura 83 podem ser observados modelos de pontos de apoio que poderão nortear a tomada de decisão do município na escolha do exemplar que mais se aplica a realidade local.

Figura 81 – Modelo de ponto de apoio



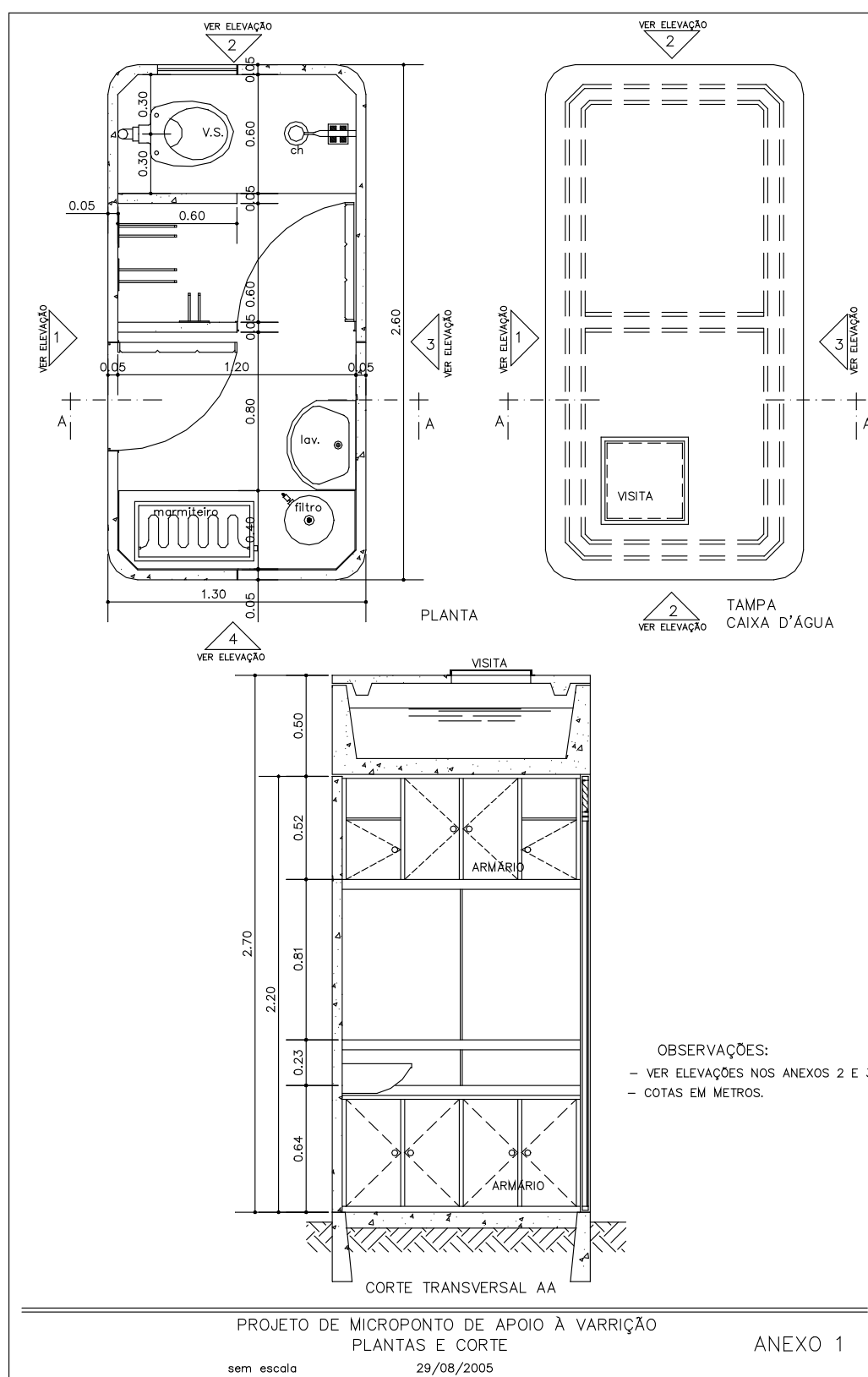
Fonte: Concretizar, 2019

Figura 82 – Ponto de apoio utilizado no município de Belo Horizonte



Fonte: Google Earth, 2019

Figura 83 – Planta e corte do modelo de ponto de apoio utilizado no município de Belo Horizonte



Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2014

5.4.4. Formas de participação da Prefeitura na coleta seletiva

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a coleta seletiva²⁴ é um instrumento relacionado à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabendo ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos estabelecer²⁵ o sistema de coleta seletiva (BRASIL, 2010). O **apoio** ao estabelecimento de sistemas de coleta seletiva na escala municipal tem sido realizado pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA, por meio do **Programa Lixão Zero**, de 2019.

Em Minas Gerais, o **apoio** às ações de coleta seletiva é realizado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM. As orientações para a implantação e a operação de sistemas de saneamento estão disponíveis por meio do projeto **Minas Sem Lixões**²⁶.

Ainda no âmbito estadual, a implementação da política de saneamento básico é coordenada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, por meio de sua Subsecretaria de Gestão Ambiental e Saneamento Básico.

A implantação de sistemas de coleta seletiva no Município observará diretrizes nacionais e estaduais, considerando a ausência de legislação municipal para o tema. Assim, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) cabe ao Município, como titular dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos:

- implantar o sistema de coleta seletiva estabelecendo, no mínimo, a separação de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, estendendo o sistema à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas, segundo metas estabelecidas no presente Plano;
- definir os procedimentos para o acondicionamento adequado e disponibilização dos resíduos sólidos objetos da coleta seletiva;
- priorizar a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, constituídas por pessoas físicas de baixa renda, como é o caso da ASCAMARC.

²⁴ Coleta seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (Lei Federal nº 12.305/2010, art. 3º, inciso V).

²⁵ No tocante à elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos como condição para acesso a recursos da União e do Estado, serão priorizados os Municípios que implantarem a coleta seletiva com a participação de organizações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis (Lei Federal nº 12.305/2010, art. 18. §1º, inciso II).

²⁶ E podem ser acessadas no site da FEAM por meio do link <<http://www.feam.br/minas-sem-lixoes/publicacoes>>.

As formas de participação da Prefeitura na coleta seletiva podem ser definidas em contrato com o prestador de serviços, como é o caso da ASCAMARC, observando as seguintes ações:

- apoiar a saúde do trabalhador, no tocante à aquisição de equipamentos de proteção individual (EPIs) e à atualização da carteira de vacinas dos trabalhadores;
- estabelecer cronograma de trabalho junto à equipe de coleta, transporte e triagem;
- apoiar a organização de catadores contratada no tocante ao pagamento de despesas relativas aos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário que atendem ao galpão de triagem, bem como ao pagamento de despesas com energia elétrica.

As formas de participação da Prefeitura no sistema de coleta seletiva devem, ainda, observar especificações mínimas e procedimentos operacionais de coleta e transporte e de triagem de resíduos sólidos apresentados no item 5.4.2.5 do presente documento.

5.4.5. Identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos

A instalação de um aterro sanitário para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos exige estudo de viabilidade técnica e locacional não abordados no âmbito de um PMSB. Para tais estudos, dois documentos imprescindíveis a serem analisados são o Plano Diretor Municipal e o Zoneamento Ambiental, os quais indicam como deve se dar a ocupação nos territórios. Tal como apresentado no Produto C, o município de Caxambu possui Plano Diretor, instituído por meio da Lei Complementar nº10/2000, e tem instituído o Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Município por meio da Lei Complementar nº 11/2000.

Há que se analisar, ainda, leis e normas vigentes nas esferas estaduais e federais de governo. Um dos instrumentos normativos a serem analisados é a Resolução CONAMA nº 404, de 11 de novembro de 2008²⁷, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos (CONAMA, 2008), apresentando os seguintes critérios orientadores para a escolha do local de implantação de aterros sanitários:

- Locais com vias de acesso em boas condições de tráfego ao longo de todo o ano, mesmo no período de chuvas intensas;

²⁷ É importante verificar, com a atualização do PMSB, se a referida Norma permanece vigente e, eventualmente, outros instrumentos normativos pertinentes.

- Respeito às distâncias mínimas estabelecidas na legislação ambiental e normas técnicas, a exemplo de distâncias de Áreas de Preservação Permanente (APPs), Unidades de Conservação (UCs), ecossistemas frágeis e recursos hídricos subterrâneos e superficiais;
- Locais que apresentem características hidrogeológicas, geográficas e geotécnicas adequadas ao uso pretendido;
- Áreas preferencialmente antropizadas e com potencial mínimo de incorporação à zona urbana da sede, distritos ou povoados e de baixa valorização imobiliária;
- Áreas que garantam a implantação de empreendimentos com vida útil superior a 15 anos;
- Áreas que não apresentem riscos, a exemplo da susceptibilidade a erosões, salvo após a realização de intervenções técnicas capazes de garantir a estabilidade do terreno;
- Impossibilidade de uso de áreas ambientalmente sensíveis e de vulnerabilidade ambiental, como as sujeitas a inundações.

Além disso, existem estudos de referência que podem nortear a escolha do local, sendo um desses o estudo do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2000), que estabelece critérios para priorização de áreas para instalação de aterros sanitários, os quais estão apresentados na Tabela 69.

Tabela 69 – Critérios para priorização de áreas para instalação de aterro sanitário

Critérios	Dados necessários	Classificação da Área		
		Adequada	Possível	Não Recomendada
1	Vida útil	Maior que 10 anos		Menor que 10 anos (a critério do órgão ambiental)
2	Distância do centro atendido	5 a 20 km		Menor que 5 km maior que 20 km
3	Zoneamento ambiental	Áreas sem restrições no zoneamento ambiental		Unidades de Conservação ambiental e correlatas
4	Zoneamento urbano	Vetor de crescimento mínimo	Vetor de crescimento intermediário	Vetor de crescimento principal
5	Densidade populacional	Baixa	Média	Alta
6	Uso e ocupação das terras	Áreas devolutas ou pouco utilizadas		Ocupação intensa
7	Valor da terra	Baixo	Médio	Alto
8	Aceitação da população e de entidades ambientais não-governamentais	Boa	Razoável	Oposição severa

Critérios	Dados necessários	Classificação da Área		
		Adequada	Possível	Não Recomendada
9	Declividade do terreno (%)	$3 \leq \text{Declividade} \leq 20$	$20 \leq \text{Declividade} \leq 30$	Declividade < 3 ou Declividade > 30
10	Distância com relação aos cursos d'água (córregos, nascentes e outros)	Maior que 200 m		Menor que 200 m, com aprovação do órgão ambiental responsável

Fonte: CEMPRE, 2000

Apesar do levantamento dos instrumentos supramencionados, deve-se ressaltar que antes da implantação de aterro sanitário municipal, a Prefeitura Municipal deve avaliar a viabilidade técnica e econômica da operação do aterro sanitário. Cabe considerar que a Política Nacional de Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos estimulam a formação de consórcios públicos com o objetivo de promover a gestão compartilhada entre os municípios sobre os serviços de manejo de resíduos sólidos, bem como do gerenciamento e da logística reversa. Nesse sentido, a operação de aterro sanitário é uma das atividades passível de ser compartilhada em consórcio público. Alguns fatores que motivam a formação de consórcios e aspectos peculiares ao desenvolvimento desse instrumento de gestão pública estão melhor descritos no tópico 5.4.2.5 do presente Produto D.

Especificamente sobre a situação de disposição final de resíduos sólidos urbanos em Caxambu, destaca-se a partir do Diagnóstico Técnico Participativo (Produto C) que, atualmente, o Município opera área de disposição final de RSU sob condições de inadequação ambiental. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Caxambu considera que a regularização do serviço de disposição final de RSU no município pode ser efetuada de acordo com duas alternativas técnicas, as quais são:

- regularização da atual área de disposição de RSU com reativação das estruturas anteriormente implantadas de drenagem e tratamento de lixiviados, captação e tratamento de gases, e triagem de resíduos recicláveis; ou
- implantação de novo aterro sanitário, em conformidade com estudo de viabilidade técnica, localizado no território municipal ou em outro município se houver possibilidade de estabelecer parcerias intermunicipais.

A Secretaria de Meio Ambiente considera, ainda, que está claro para a Prefeitura Municipal que, para qualquer alternativa técnica a ser adotada, o município não apresenta condições técnico-administrativas consideradas suficientes para arcar com a operação e gestão de aterro

sanitário, de forma a manter a adequação ambiental do sistema e do serviço público. Por essa razão, são alternativas de gestão viáveis o estabelecimento de consórcio público intermunicipal para gestão e operação do local de disposição final de RSU ou a concessão do empreendimento à iniciativa privada, em conformidade com a legislação pertinente em vigência.

As ações de adequação da disposição final de RSU do município de Caxambu estão apresentadas em projetos específicos incluídos no Produto E, os quais deverão ser elaborados sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal a partir da decisão do poder público sobre o tipo de solução técnica e solução de gestão a serem adotadas.

5.4.6. Metodologia para o cálculo dos custos e cobrança dos serviços prestados com base nos requisitos legais sobre sustentabilidade econômico-financeira dos serviços

Conforme já pontuado, segundo a Lei Federal nº 11.445/2007, os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, por meio de remuneração pela cobrança dos serviços e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, tal cobrança pode ser realizada na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades (BRASIL, 2007; 2020).

Zapata e Queiroz (2020) observam que a cobrança pelos serviços de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos talvez seja a mais polêmica. Primeiro porque existem diferenças entre os componentes de limpeza pública e a coleta e destinação final dos resíduos, segundo os critérios do Código Tributário Nacional. A limpeza pública não é um serviço divisível, portanto não pode ter nem a aplicação de taxa nem de tarifa, devendo ser custeada com recursos do orçamento municipal. A coleta e a destinação final, usualmente, são cobradas por meio de taxas, sendo que em alguns casos mediante tarifa, como em Joinville (SC), embora nestes casos haja uma enorme discussão jurídica.

A atualização do marco regulatório do saneamento pela Lei nº 14.026/2020 trouxe mudanças em relação a cobrança pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos, sendo que a Lei nº 11.445/2007 passou a estabelecer que:

Art. 35. As taxas ou as tarifas decorrentes da prestação de serviço de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos considerarão a destinação adequada dos resíduos coletados e o nível de renda da população da área atendida, de forma isolada ou combinada, e poderão, ainda, considerar: (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

- . as características dos lotes e as áreas que podem ser neles edificadas; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)
- . o peso ou o volume médio coletado por habitante ou por domicílio.
- . o consumo de água; e (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)
- . a frequência de coleta. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

Ainda no Art. 35, o marco normativo do saneamento ainda estabelece que:

§ 1º Na hipótese de prestação de serviço sob regime de delegação, a cobrança de taxas ou tarifas poderá ser realizada na fatura de consumo de outros serviços públicos, com a anuência da prestadora do serviço. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 2º A não proposição de instrumento de cobrança pelo titular do serviço nos termos deste artigo, no prazo de 12 (doze) meses de vigência desta Lei, configura renúncia de receita e exigirá a comprovação de atendimento, pelo titular do serviço, do disposto no art. 14 da Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000, observadas as penalidades constantes da referida legislação no caso de eventual descumprimento. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 3º Na hipótese de prestação sob regime de delegação, o titular do serviço deverá obrigatoriamente demonstrar a sustentabilidade econômico-financeira da prestação dos serviços ao longo dos estudos que subsidiaram a contratação desses serviços e deverá comprovar, no respectivo processo administrativo, a existência de recursos suficientes para o pagamento dos valores incorridos na delegação, por meio da demonstração de fluxo histórico e projeção futura de recursos. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

Conforme o parágrafo 2º do Art. 35 da Lei nº 11.445/2007 a não proposição de instrumento de cobrança pelo titular no prazo de 12 meses configura renúncia de receita e exigirá do titular a comprovação do disposto na Lei Complementar nº 101 de 2000, o que pode ocasionar penalização com base na referida lei.

Um exemplo de forma de cobrança trata-se da Taxa de Coleta de Resíduos - TCR²⁸, contemplando uma sistemática de reajuste e revisão, que permita a manutenção dos serviços em regime de eficiência. A cobrança pelos serviços prestados visa alcançar o equilíbrio orçamentário e a sustentabilidade dos serviços públicos, permitindo o custeio das despesas relacionadas à prestação dos serviços de saneamento, e conseqüentemente podendo ampliar o acesso dos cidadãos aos serviços.

Para estabelecer uma metodologia de cobrança, deve-se considerar os custos dispendidos com determinado serviço. Contudo, no município de Caxambu não há um sistema de cálculo dos custos com os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, mas há um valor fixo cobrado junto ao IPTU para todos os domicílios da área urbana. Desse modo, é necessário que

²⁸ No Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos a TCR é abordada como Taxa de Coleta de Lixo - TCL (IBAM, 2001).

o município passe a monitorar esses custos para o estabelecimento de uma metodologia coerente tanto com as despesas públicas quanto com a situação socio-econômica da população. Para tanto, sugere-se ao poder público municipal a utilização das planilhas orçamentárias em que os custos possam ser registrados. Existem planilhas disponíveis gratuitamente, a exemplo das elaboradas pelo Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana (SELUR) em 2014, para dimensionar gastos para esse setor. As planilhas disponibilizadas no site²⁹ apresentam um modelo de cálculo dos custos necessários para operar os serviços municipais de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. São planilhas flexíveis, que podem ser facilmente adaptadas à realidade municipal. Nelas é possível incluir a forma de contratação e/ou concessão adotada, o custo de cada item e o nível de investimento necessário para a execução dos serviços.

De acordo com a publicação citada, os serviços abaixo consideram as seguintes variáveis:

- ✓ **Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares - RSD:** Programação (quantidade de dias úteis por ano, cálculo da produção diária e distribuição da frota), dimensionamento (trajeto, produção, quantidade de viagens, quantidade de veículos coletores, contêineres, veículos de socorro e mão de obra), mão de obra (direta e indireta), encargos sociais, EPI, veículo e equipamentos, despesas mensais e análise do preço de venda;
- ✓ **Coleta de Resíduos de Serviços de Saúde - RSS em unidades de saúde públicas:** Dimensionamento (trajeto, produção, turnos de trabalho, quantidade de viagens, quantidade de veículos coletores, veículos de socorro, contêineres e mão de obra), mão de obra (direta e indireta), encargos sociais, EPI, veículo e equipamentos, despesas indiretas e análise do preço de venda;
- ✓ **Coleta seletiva:** Dimensionamento (capacidade do caminhão, turnos de trabalho, planos de trabalho, contêineres e mão de obra), mão de obra direta, encargos sociais, EPI, veículo e equipamentos, despesas indiretas e análise do preço de venda;
- ✓ **Operação de transbordo:** Dimensionamento (trajeto, produção, turno de trabalho de 8 horas, quantidade de viagens, quantidade de caminhões, quantidade de escavadeiras, pá carregadeira, veículos de socorro, lavagem da unidade e mão de obra), mão de obra

²⁹ As planilhas do SELUR estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico:

(<https://www.selur.com.br/publicacoes/planilha-de-custo-dosservicos-de-limpeza-publica-2014/>)

(direta e indireta), encargos sociais, EPI, veículo e equipamentos, despesas indiretas e análise do preço de venda;

✓ **Varrição:** Dimensionamento (trajeto, produção, turnos de trabalho, lixeiras e mão de obra), mão de obra (direta e indireta), encargos sociais, EPI, material (ferramentas e sacos plásticos), despesas indiretas e análise do preço de venda.

De posse desses cálculos, o poder público poderá estabelecer, com melhor embasamento, a cobrança pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Importante ressaltar a necessidade de cobrança pela prestação dos serviços uma vez que atualmente não há sustentabilidade econômico-financeira na prestação dos mesmos, desfavorecendo a sustentabilidade econômico-financeira da prestação dos serviços públicos de manejo de resíduos e limpeza urbana.

A implantação da cobrança no município é capaz de gerar uma receita que poderá cobrir parte das despesas despendidas com os serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Com isso, a fonte de recursos atual poderia ser utilizada em outras ações da gestão municipal.

A escolha pela melhor forma de cobrança pelos serviços (taxa, tarifa ou preços públicos) deverá ser realizada de acordo com as especificidades do município, devendo ser instituída por legislação municipal. A cobrança pelos serviços junto ao Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), comumente vem sendo adotada por outros municípios. Contudo, cabe ressaltar que essa forma de cobrança pode afetar as receitas, uma vez que pode haver inadimplência. Além disso, destaca-se que há discussões sobre a constitucionalidade da inserção de taxa ou tarifa de manejo de resíduos sólidos e de limpeza pública urbana no IPTU. A discussão se dá em razão de que a limpeza pública é um serviço realizado em prol da coletividade e não de um contribuinte individual, sendo um serviço inespecífico e que gera benefícios a pessoas indeterminadas, não sendo esse serviço mensurável, diferente dos serviços de coleta de resíduos. Essas questões devem ser consideradas e analisadas quando da implantação da cobrança no município.

As metodologias a seguir poderão ser adotadas pelo município para o cálculo para a cobrança dos serviços de manejo de resíduos sólidos.

a) Cálculo baseado na frequência de coleta

A metodologia apresentada permite que os usuários contribuam de forma justa e precisa pelos serviços que recebem. De forma que, se uma economia recebe coleta de resíduos 1 vez ao mês

e outra 12 vezes ao mês, elas terão o valor da tarifação diferenciada, considerando que o usuário que dispõe de menor oferta dos serviços pagará um valor menor, e o usuário que possui mais disponibilidade dos serviços, contribuirá com um valor maior.

Essa metodologia de cobrança foi adaptada da metodologia utilizada nos municípios de Belo Horizonte e São Paulo. O cálculo pode ser obtido com a seguinte fórmula:

$$TCR = UCR \times FFC \times ECO$$

onde:

UCR é a Unidade de Coleta de Resíduos obtida;

FFC é o Fator de Frequência de Coleta, correspondente ao número de coletas mensais efetuadas no imóvel;

ECO é o número de economias existentes no imóvel.

A UCR pode ser obtida pela seguinte fórmula:

$$UCR = \frac{CT}{(28 \times TE28) + (24 \times TE24) + (20 \times TE20) + (16 \times TE16) + (12 \times TE12) + (8 \times TE8) + (4 \times TE4) + (2 \times TE2) + (1 \times TE1)}$$

onde: CT é o custo total do serviço público de coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos;

TE28 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 28 vezes por mês;

TE24 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 24 vezes por mês;

TE20 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 20 vezes por mês;

TE16 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 16 vezes por mês;

TE12 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 12 vezes por mês;

TE8 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 8 vezes por mês;

TE4 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 4 vezes por mês;

TE2 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 2 vezes por mês;

TE1 é o total de economias servidas por coleta de resíduos 1 vez por mês.

b) Rateio dos custos pelo número de economias

A metodologia de cálculo de custos por número de economia aqui apresentada, foi adaptada da metodologia elaborada pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal IBAM (2001) em parceria com o Governo Federal. Essa metodologia define o cálculo utilizando o valor unitário da Taxa/Tarifa de Coleta de Resíduos (TCR), obtido pela divisão do custo total anual ou mensal da coleta de resíduos domésticos, pelo número total de domicílios existentes no município, sendo aqui adaptada para o número de domicílios atendidos pelos serviços.

$$\text{TCR} = \text{Custo total anual ou mensal de coleta de resíduos domésticos}$$

c) Número de usuários atendidos pelo serviço no domicílio

Este método apresenta como vantagem sua simplicidade, porém, não considera a capacidade de pagamento do contribuinte e não atribui o pagamento ao real gerador de resíduos sólidos. O IBAM (2001) recomenda que ao estabelecer essa metodologia seja também analisado o poder aquisitivo médio dos moradores de determinadas regiões, de forma a tornar a cobrança mais justa. Recomenda-se também avaliar o fator operacional, que considera as peculiaridades de cada imóvel por conta de sua tipologia (comercial, residencial, etc.) ou localização (densidade demográfica, topografia, pavimentação, entre outros), que afetam os esforços em mão de obra ou equipamentos empregados no sistema.

d) Cálculo baseado na tipologia do gerador

Na aplicação desta metodologia é necessário, em um primeiro momento, realizar um cadastro dos geradores comerciais e industriais, que deve ser atualizado, no mínimo, anualmente. O cadastro deve apresentar informações como quantidades geradas, caracterização dos resíduos, dentre outras informações que possam ser relevantes. Diante das informações, o gerador cadastrado será classificado como pequeno/médio ou grande gerador, conforme descrito a seguir.

➤ Grande gerador

Tomando-se como referência a Lei Municipal de São Paulo que estabelece uma definição de grandes geradores (Lei do município de São Paulo, nº 14.973, de 11 de setembro de 2009) (SÃO PAULO, 2009), poderão ser considerados como grandes geradores:

- I - os proprietários, possuidores ou titulares de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, entre outros, geradores de resíduos sólidos caracterizados como resíduos da Classe 2, pela NBR 10.004/2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, em volume superior a 200 (duzentos) litros diários;
- II - os proprietários, possuidores ou titulares de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, dentre outros, geradores de resíduos sólidos inertes, tais como entulhos, terra e materiais de construção, com massa superior a 50 (cinquenta) quilogramas diários, considerada a média mensal de geração, sujeitos à obtenção de alvará de aprovação e/ou execução de edificação, reforma ou demolição;
- III - os condomínios de edifícios não residenciais ou de uso misto, cuja soma dos resíduos sólidos, caracterizados como resíduos Classe 2, pela NBR 10.004/2004, gerados pelas unidades autônomas que os compõem, seja em volume médio diário igual ou superior a 1.000 (mil) litros.

Para esta tipologia de gerador, a taxa ou tarifa pode ser calculada com base em alíquotas fixas incidentes sobre o valor locativo anual dos imóveis, na porcentagem de 3%. Destaca-se que o valor locativo anual dos prédios representa 10% do valor venal.

$$\text{Valor locativo (R\$)} = 10\% \times \text{Valor venal (R\$)}$$

$$\text{TCR}_{GG} \text{ (R\$)} = 3\% \times \text{Valor locativo (R\$)}$$

Os grandes geradores que tiverem interesse que a Prefeitura colete seus resíduos, deverão proceder à comunicação formal e se cadastrar junto à administração pública do município. Nestes casos, a Prefeitura poderá realizar a retirada dos seguintes materiais, mediante pagamento:

- Animais mortos de grande porte;
- Móveis, colchões, utensílios, sobras de mudanças e outros similares, cujos volumes excedam o limite de 200 litros/dia;
- Restos de limpeza e de poda que excedam o volume de 200 litros;
- Resíduos industriais ou comerciais, não perigosos, de volume superior a 200 litros;
- Entulho, terra e sobras de materiais de construção de volume superior a 50 litros.

➤ Pequeno e médio gerador

Diante do exposto sobre os grandes geradores, poderão ser considerados pequenos e médios geradores os domicílios, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviço e indústrias que geram quantidades de resíduos inferiores a 200 litros/dia ou não se enquadrem em nenhuma das três categorias apresentadas para os grandes geradores.

Para essa tipologia de gerador, o cálculo da taxa/tarifa pode ser realizado de acordo com a seguinte equação:

$$TCL_{PMG} = \text{Custos com a coleta convencional (R\$)}$$

Número de usuários (residências, comércio e serviços)

Para os pequenos geradores, a Prefeitura Municipal poderá se responsabilizar pela retirada de resíduos domésticos, materiais de varredura domiciliar; resíduos originários de restaurantes, bares, hotéis, quarteis, mercados, matadouros, abatedouros, cemitérios, recinto de exposições, edifícios em geral e os de estabelecimentos comerciais e industriais; restos de limpeza e de poda de jardim, desde que caibam em recipientes de 200 litros; restos de móveis, de colchões, de utensílios, de mudanças e outros similares, em pedaços, que fiquem contidos em recipiente de até 200 litros; animais mortos, de pequeno porte.

e) Tarifa social

Conforme Art. 35 da Lei nº 11.445/2007 as taxas ou tarifas decorrentes da prestação de serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos considerarão o nível de renda da população da área atendida (BRASIL, 2020a). Portanto, sugere-se que, na lei municipal relativa à instituição da cobrança por serviços de manejo de resíduos sólidos, seja determinada a cobrança da tarifa social, estabelecendo-se critérios para tal.

Um possível mecanismo para implantação da tarifa social para os serviços de saneamento que ainda não obtiverem esse mecanismo de cobrança poderá ser a redução de um percentual do valor da tarifa normal ou um valor fixo a ser instituído pelos prestadores de serviços. Para a definição dessa tarifa, cabe aos prestadores dos serviços, juntamente à instituição definida para a atividade de regulação, realizar um estudo de viabilidade econômica para a sua implantação.

A lei municipal que instituirá a tarifa social para os serviços de limpeza pública poderá considerar como beneficiários os usuários que atendam aos seguintes requisitos, baseados nos

mesmos critérios aplicados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerias – COPASA, tais como:

- A solicitação só poderá ser realizada para unidade usuária classificada como residencial;
- Esteja inscrito no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal – CadÚnico;
- Comprove renda familiar per capita menor ou igual a meio (1/2) salário mínimo nacional.

Além da instituição da tarifa social, é necessário dar visibilidade e publicidade ao mecanismo para concessão da tarifa social. As campanhas de publicidade devem ocorrer em todo o território municipal, por meio da distribuição de folhetos informativos por agentes comunitários de saúde, cartazes afixados em pontos estratégicos do município e utilização de carro de som. Além disso, deverá ser realizada duas campanhas anuais para fomentar o cadastramento de novos usuários a serem beneficiados. Destaca-se que essas campanhas são apenas para fomento do cadastro, devendo a Prefeitura Municipal realizar o cadastro sempre que solicitado por um usuário que atenda aos critérios estabelecidos. A responsabilidade por esse cadastro pode ficar a cargo da Secretaria Municipal de Ação Social, em parceria com os prestadores de serviços.

5.4.7. Regras para o gerenciamento de resíduos sólidos no município

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o município deve instituir legislação municipal para estabelecer as regras de acondicionamento, segregação e destinação final dos resíduos sólidos gerados em seu território, de modo a evitar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública (BRASIL, 2010). Características do gerenciamento de resíduos sólidos estão apresentadas no início do presente Capítulo, na Tabela 62.

Ressaltam-se algumas orientações sobre aspectos relevantes a serem tratados na forma de normas e leis municipais, e de organização administrativa:

- a) definição dos responsáveis pela elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos;
- b) definição do ente ou órgão municipal responsável pela fiscalização e monitoramento das atividades de gerenciamento de resíduos sólidos;

- c) definição dos meios de fiscalização e monitoramento da execução dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos;
- d) definição do sistema de informação municipal no qual o gerador deverá prestar contas sobre a implementação do plano de gerenciamento sob sua responsabilidade;
- e) definição de mecanismos de comunicação entre o órgão municipal responsável pela fiscalização e monitoramento e o gerador de resíduos sólidos;
- f) definição de incentivos à regularização do gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, Resíduos dos Serviços de Saúde e outros resíduos objeto de gerenciamento;
- g) definição de mecanismos punitivos a pessoas físicas e jurídicas em situação de irregularidade com relação ao gerenciamento de resíduos sólidos;
- h) definição de mecanismos de controle social.

Especificidades relativas às regras para o transporte, a destinação e a disposição final no gerenciamento estão apresentadas nos itens a seguir.

5.4.7.1. Regras para o transporte de resíduos sólidos

As regras para o transporte e demais etapas do gerenciamento de resíduos sólidos contemplam o conteúdo mínimo de um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a). No tocante à gestão de resíduos sólidos, ferramentas específicas têm sido implementadas no controle do fluxo de resíduos sólidos e rejeitos, além da disponibilização de informações em banco de dados, como por exemplo o Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) (MINAS GERAIS, 2019; MMA 2020).

No âmbito estadual, o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos é instituído pela Deliberação Normativa COPAM nº 232, de 27 de fevereiro de 2019 (MINAS GERAIS, 2019). O fluxo de resíduos sólidos e rejeitos no Estado, portanto, pode ser controlado por meio de MTR, MTR-Romaneio³⁰, Certidão de Destinação Final³¹ (CDF) e Declaração de Movimentação de Resíduos³² (DMR), a depender do tipo de resíduo em questão. Em nível nacional, o MTR nacional, é instituído pela Portaria do Ministério do Meio Ambiente nº 280,

³⁰ MTR-Romaneio: documento emitido pelo transportador, por meio do Sistema MTR-MG, que numerado sequencialmente, destinado às hipóteses previstas no Capítulo IV da DN COPAM nº 232/2019 (MINAS GERAIS, 2019).

³¹ Certidão de Destinação Final: documento emitido exclusivamente pelo destinador, por meio do Sistema MTR-MG, em nome do gerador, para atestar a destinação, final ou intermediária, dada aos resíduos sólidos ou aos rejeitos recebidos (MINAS GERAIS, 2019).

³² Declaração de Movimentação de Resíduos: documento emitido semestralmente pelos geradores e destinadores, por meio do Sistema MTR-MG, para consolidar o registro das respectivas operações realizadas com resíduos sólidos e rejeitos no período (MINAS GERAIS, 2019).

de 29 de junho de 2020 (MMA, 2020). Ambos os aspectos dos sistemas supracitados são exemplificados na Tabela 70.

Em relação as normatizações, requisitos são estabelecidos pela NBR 13.221:2017, para o transporte de resíduos perigosos e inclusive resíduos que possam ser reaproveitados, reciclados e/ou reprocessados (ABNT, 2017). Cabe ressaltar que o transporte de resíduos deve atender à legislação específica, quando existente, como é o caso dos Resíduos da Construção Civil (RCC) e Resíduos Volumosos (RV), com a NBR: 15.112:2004 (ABNT, 2004). A norma além de fixar os requisitos exigíveis para projeto, contemplando a implantação e operação de áreas de transbordo e triagem, estabelece o Controle de Transporte de Resíduos (CTR)³³, que consta no Anexo A da referida norma (ABNT, 2004).

³³ Controle de Transporte de Resíduos: documento emitido pelo transportador de resíduos que fornece informações sobre o gerador, a origem, a quantidade e descrição dos resíduos e seu destino (ABNT, 2004).

Tabela 70 – Principais aspectos do Manifesto de Transporte de Resíduos em nível nacional e estadual

Lei	Resíduos	Operação
Deliberação Normativa COPAM nº 232/2019	<u>O Sistema MTR-MG não se aplica aos:</u> • resíduos sólidos urbanos coletados pela administração pública municipal; • resíduos sólidos e rejeitos agrossilvipastoris, assim entendidos aqueles gerados na propriedade rural; • resíduos e rejeitos que não forem gerados em Minas Gérias nem serão destinados no Estado; • resíduos constituídos por solo proveniente de obras de terraplanagem; • resíduos e rejeitos provenientes de manutenção <i>in loco</i> de estruturas e equipamentos de sistemas públicos de saneamento ou de rede de distribuição de energia elétrica; • resíduos submetidos ao sistema de logística reversa formalmente instituído, quando gerados por pessoa física, na etapa compreendida pelo transporte primário⁽¹⁾; • resíduos e rejeitos construídos por agrotóxicos e medicamentos veterinários, e suas respectivas embalagens, a dispensa se dará na etapa de transporte primário⁽²⁾. <u>Sem prejuízo da obrigatoriedade relativa à Declaração de Movimentação de Resíduos (DMR), a exigência do MTR e do Certificado de Destinação Final (CDF) não se aplica aos:</u> • resíduos e rejeitos radioativos; • resíduos sólidos e rejeitos em geral, quando transportados em veículos não motorizados, mesmo que em via pública; • resíduos sólidos ou rejeitos não perigosos; • resíduos sólidos da indústria sucroalcooleira; • resíduo identificado como escória de alto forno; • resíduos sólidos e rejeitos de qualquer natureza, quando movimentados apenas dentro do estabelecimento gerador; • resíduos e rejeitos da construção civil, gerados em obras de implantação de empreendimentos lineares; • resíduos da construção civil Classe A. <u>O controle de transporte e da destinação será feito por intermédio do MTR-Romaneio, nas seguintes hipóteses:</u> • resíduos sólidos e rejeitos provenientes de sistema de tratamento de esgoto sanitário, quando coletados em domicílios por caminhão limpa fossa; • resíduos sólidos submetidos ao sistema de logística reversa; • resíduos da construção civil, quando gerados em domicílios, por pessoas físicas. <u>São passíveis de MTR e CDF:</u> • resíduos da construção civil, quando gerados por pessoas jurídicas, de direito público ou privado; • resíduos sólidos e rejeitos provenientes de sistemas de tratamento de esgotamento sanitário, quando gerados por pessoas jurídicas, de direito público ou privado, e coletados por caminhão limpa fossa.	<u>Operação/Acesso</u> • O Sistema MTR-MG é mantido e operado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), com acesso exclusivo em meio digital, pela Plataforma Digital para Manifesto de Transportes de Resíduos. <u>Prazo para implementação/envio de dados</u> • Após 13 meses contados da data da publicação da Deliberação Normativa nº 232/2019 (27 de março de 2020), todas as determinações tornam-se <u>obrigatórias</u> para os <u>resíduos da construção civil</u>; • Para os demais resíduos as obrigações da Deliberação Normativa nº 232/2019 incidiram após 7 meses contados da data de sua publicação (27 de setembro de 2019).
Portaria nº 280/2020	<u>A utilização do MTR é obrigatória:</u> • em todo o território nacional para todos os geradores de resíduos sujeitos à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, conforme o Art. 20 da PNRS; • de acordo com a Lei Federal nº 12.305/2010, Art. 20, estão sujeitos à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: • I - os geradores de resíduos sólidos previstos nas alíneas ‘e’, ‘f’, ‘g’ e ‘k’ do inciso I do art. 13 da Lei Federal nº 12.305/2010, a citar: • (e) - <u>resíduos dos serviços públicos de saneamento básico</u>: excetuados os resíduos sólidos urbanos, englobando os resíduos domiciliares e de limpeza urbana; • (f) - <u>resíduos industriais</u>; • (g) - <u>resíduos de serviços de saúde</u>; • (k) - <u>resíduos de mineração</u>. • II - os estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que: • (a) - gerem resíduos perigosos; • (b) - gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares. • III - <u>as empresas de construção civil</u>; • IV - <u>os responsáveis pelos terminais e outras instalações</u> referidas na alínea ‘j’ do inciso I do art. 13 da Lei Federal nº 12.305/2010, a citar: • (j) - <u>resíduos de serviços de transportes</u>; • V - <u>os responsáveis por atividades agrossilvopastoris</u>.	<u>Operação/Acesso</u> • O MTR é uma ferramenta <i>on-line</i>, autodeclaratório, válido no território nacional, emitido pelo Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (Sinir); • Os estados brasileiros que possuam sistema de MTR implantados deverão disponibilizar as informações geradas em seus sistemas de modo a consolidar as informações de seus sistemas ao MTR nacional. <u>Prazo para implementação/envio de dados</u> • A partir <u>de 1º de janeiro de 2021</u> torna-se <u>obrigatório</u> o uso do MTR para os geradores, em todo território nacional; • <u>Até 31 de março de cada ano</u>, a partir de 2021, reportar informações complementares às já declaradas no MTR, referentes ao ano anterior.

⁽¹⁾ Transporte a partir do local de geração até o ponto ou local de entrega oficial do sistema, ou até a central de recebimento dos resíduos.

⁽²⁾ Transporte a partir do ponto de geração do resíduo até a central ou posto de recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos ou, no caso de medicamentos e suas embalagens, até o ponto ou local de entrega

Fonte: Brasil, 2010a; Minas Gerais, 2019; MMA, 202

5.4.7.2. Critérios de escolha da área para destinação e disposição final ambientalmente adequadas de resíduos inertes

Para fins práticos no âmbito do presente PMSB, entende-se por destinação e disposição final de resíduos inertes um conjunto de soluções comuns aos Resíduos da Construção Civil (RCC) e Resíduos Volumosos (RV) gerados no município. Em municípios de pequeno porte é comum a ocorrência de descarte clandestino de RCC e RV, em variados pontos do território municipal, inclusive ao longo de estradas vicinais, decorrentes de pequenas reformas e intervenções no perímetro domiciliar e da inutilização de móveis, eletrodomésticos, etc.

A prática do descarte clandestino, por parte da população, ocorre, muitas vezes, devido à ausência de empresas privadas atuantes na área de coleta e destinação de resíduos inertes, ou da incapacidade da família em arcar com os custos da destinação adequada. Nessas circunstâncias, é comum a atuação da Prefeitura Municipal no sentido de prover a coleta dos resíduos, porém, muitas vezes, o descarte ocorre de maneira inadequada devido à falta de recursos públicos ou instrução dos gestores municipais.

É importante que a Prefeitura Municipal faça levantamento das áreas de descarte clandestino de RCC e RV, providencie a recuperação dessas áreas, bem como a regularização do gerenciamento desses resíduos no município, por meio das alternativas técnicas viáveis de acordo com leis e normas vigentes. Quando da ausência de empresas privadas atuantes no setor, a Prefeitura Municipal pode se responsabilizar pelo gerenciamento desses resíduos comumente descartados nos domicílios, mediante a cobrança devida estabelecida por regras municipais.

Destacam-se, entre as publicações da ABNT duas Normas Brasileiras referentes às alternativas técnicas de gerenciamento de RCC e resíduos volumosos, as quais são:

- ABNT NBR 15.112/2004 Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- ABNT NBR 15.113/2004 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

No sentido de orientar o poder público municipal na regularização do gerenciamento desses resíduos, a Tabela 71 apresenta definições dos resíduos, detalhamento das etapas operacionais de gerenciamento e critérios de escolha para o local de disposição final.

Tabela 71 – Definições e critérios relativos à destinação e disposição final ambientalmente adequadas de resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos

RESÍDUOS SÓLIDOS	ETAPAS DE DESTINAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA	CRITÉRIOS PARA A ESCOLHA DO LOCAL DE DISPOSIÇÃO FINAL AMBIENTALMENTE ADEQUADA
Resíduos da Construção Civil (RCC) Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. Resíduos Volumosos (RV) Resíduos constituídos basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública municipal, como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira, podas e outros assemelhados, não provenientes de processos industriais.	1. <u>Ponto de entrega de pequenos volumes</u> Área de transbordo e triagem de pequeno porte, destinada à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, integrante do sistema de limpeza urbana. 2. <u>Área de transbordo e triagem de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos</u> Área destinada ao recebimento de resíduos da construção civil e resíduos volumosos para triagem, armazenamento temporários dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente. 3. <u>Aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes</u>³⁴ Área onde são empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil classe A, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307/2002, e resíduos inertes no solo, visando a reservação de materiais segregados, de forma a possibilitar o uso futuro dos materiais e/ou futura utilização da área, conforme princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.	Como critérios da escolha do local a ser utilizado para a implantação de aterros de resíduos da construção civil classe A³⁵ e resíduos inertes, pontuam-se (ABNT NBR 15.113/2004, p.3): — o impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado; — a aceitação da instalação pela população seja maximizada; — esteja de acordo com a legislação de uso do solo e com a legislação ambiental. Para a avaliação da adequabilidade de um local aos critérios supracitados, os seguintes aspectos devem ser observados (ABNT NBR 15.113/2004, p.3): — geologia e tipos de solos existentes; — hidrologia; — passivo ambiental; — vegetação; — vias de acesso; — área e volume disponíveis e vida útil; — distância de núcleos populacionais.

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio das normas técnicas NBR 15.113 de 2004 e NBR 15.112/2004

³⁴ **Resíduos Classe III – Inertes:** Resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo ABNT NBR 10007/2004, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ensaio de solubilização, segundo ABNT NBR 10006/2004, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme Portaria nº 1469/2000 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA nº 20, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

³⁵ **Resíduos Classe A** – Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras (ABNT NBR 15.113/2004).

Assim sendo, e considerando as necessidades de adequações no gerenciamento de resíduos especiais em Caxambu, recomenda-se que a busca por soluções para os resíduos sólidos da construção civil e volumosos inclua as seguintes observações:

- reforçar a fiscalização de obras e posturas;
- mapear os pontos de descarte clandestino de resíduos da construção civil; e
- desenvolver um estudo para criar formas de coleta e destinação de pequenos volumes de entulho considerando, ainda, a capacidade de pagamento da população sobre esse tipo de serviço.

5.4.7.3. Valorização energética de resíduos sólidos

Como cabe ao município o estabelecimento de regras sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, recomenda-se que o poder público municipal considere estimular a valorização energética de resíduos sólidos, observando o potencial de assimilação desses materiais em processos industriais e/ou produtivos instalados na região onde se situa o município. Essa orientação tem como propósito favorecer a economia circular³⁶. Em relação aos resíduos sólidos e o contexto energético, o aproveitamento pode ser dado de diferentes formas, como por meio de biodigestão de resíduos orgânicos, tratamentos térmicos³⁷ e/ou substituição parcial de matéria-prima (coprocessamento) (MINAS GERAIS, 2010).

Exemplos de valorização de resíduos sólidos são o tratamento de resíduos animais gerados na produção agropecuária por meio de biodigestão e geração de biogás; o aproveitamento de pneus em indústrias de cimento e asfalto, além de processos de reciclagem que utilizam resíduos industriais como matéria-prima para outros processos de fabricação, tais como uso de rebarbas de plástico para fabricação de outros produtos.

A valorização energética de resíduos sólidos, por meio de sua requalificação como subproduto, contempla, à luz dos preceitos de sustentabilidade e da economia circular, uma das possíveis alternativas de destinação final de resíduos sólidos. Ressalta-se que a prática, assim como às demais formas de reaproveitamento, observadas as alternativas prioritárias de não geração,

³⁶ Define-se a economia circular como uma economia que é restaurativa e regenerativa por princípio e tem como objetivo manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, fazendo distinção entre ciclos técnicos e biológicos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).

³⁷ Na Portaria Interministerial nº 274/2019 são mencionados os tratamentos por oxidação térmica e outros processos, tais como pirólise, gaseificação ou processos de plasma (MMA, 2019). De acordo com o art. 9º § 1º da PNRS, as tecnologias visando à recuperação energética de RSU poderão ser utilizadas desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental (BRASIL, 2010a).

redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a), culmina em menor aporte de resíduos e/ou rejeitos encaminhados à disposição final ambientalmente adequada no solo.

5.4.8. Formas de participação da Prefeitura Municipal na logística reversa

Para a implantação da logística reversa, a Política Nacional de Resíduos Sólidos define três instrumentos que devem ser firmados entre o **poder público** e o **setor empresarial**: regulamento, acordo setorial e termo de compromisso. As definições e características da logística reversa estão apresentadas ao início do presente Capítulo, na Tabela 62.

Em Minas Gerais, a Lei nº 18.031/2009, art. 25, incisos I a V, estabelece que a instituição da logística reversa tem por **objetivos** (MINAS GERAIS, 2009):

- I - promover ações para garantir que o fluxo dos resíduos sólidos gerados seja direcionado para a sua cadeia produtiva ou para cadeias produtivas de outros geradores;
- II - incentivar a substituição dos insumos por outros que não degradem o meio ambiente;
- III - estimular a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- IV - promover o alinhamento entre os processos de gestão empresarial e mercadológica e os de gestão ambiental, com o objetivo de estabelecer estratégias sustentáveis;
- V - propiciar condições para que as atividades produtivas alcancem níveis elevados de eficiência e sustentabilidade.

A implantação de sistemas de logística reversa no Município deverá observar diretrizes nacionais e estaduais, quando da ausência de legislação municipal para o tema. Assim sendo, de acordo com a Política Estadual de Resíduos Sólidos - PERS (Lei Estadual nº 18.031/2009, art. 26, inciso II), na implementação da logística reversa, **cabará ao poder público municipal** (MINAS GERAIS, 2009):

- a) adotar tecnologias que permitam absorver ou reaproveitar os resíduos sólidos reversos³⁸ oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;

³⁸ Resíduos sólidos reversos: aqueles que, por meio da logística reversa, podem ser tratados e reaproveitados em novos produtos, na forma de insumos, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos (Lei Estadual nº 18.031/2009, art. 4º, inciso XXVII).

- b) articular com os geradores de resíduos sólidos a implementação da estrutura necessária para garantir o fluxo de retorno dos resíduos sólidos reversos oriundos dos serviços de limpeza urbana;
- c) manter postos de coleta para os resíduos sólidos reversos e dar destinação final ambientalmente adequada aos rejeitos.

Algumas informações orientadoras sobre sistemas de logística reversa podem ser acessadas em publicações de instituições públicas de governo na rede mundial de computadores, cujos *links* estão apresentadas na Tabela 72. Outras orientações pertinentes para implementar, no território municipal, os Acordos Setoriais e Termos de Compromisso assinados no âmbito estadual, bem como instituir regulamentos, firmar acordos e/ou termos de compromisso com o setor empresarial no âmbito municipal, devem ser solicitadas à Gerência de Resíduos Especiais, da Fundação Estadual do Meio Ambiente.

Tabela 72 – Fontes de informação de instituições públicas governamentais sobre sistemas de logística reversa

Informação relativa à logística reversa e mecanismos de implantação	Fonte
Instrumentos em execução sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente estão disponíveis no site do Ministério	< https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa >
O Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ratificou a relevância dada à logística reversa e criou o Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de Logística Reversa – Comitê Orientador. As publicações relativas à atuação do Comitê Orientador estão disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR	< https://sinir.gov.br/logistica-reversa >
O apoio à logística reversa na escala municipal tem sido desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente por meio do Programa Lixão Zero, de 2019 que apresenta um infográfico com as ações federais	< https://www.mma.gov.br/agenda-ambiental-urbana/res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos.html > < https://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/residuos/planodeacao.pdf >
Em Minas Gerais, a logística reversa é desenvolvida e implantada por meio de Termos de Compromisso, conforme estabelecido pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, por meio da Deliberação Normativa nº 188/2013. As ações nesse sentido são coordenadas pela Gerência de Resíduos Especiais da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam.	< http://www.feam.br/logistica-reversa/situacao-da-implantacao-dos-sistemas-de-logistica-reversa-em-minas-gerais >

Fonte: Brasil, 2010b; COPAM, 2013; MMA, 2019

Assim sendo, e considerando o Diagnóstico Técnico-Participativo, recomenda-se que a busca por soluções para a logística reversa em Caxambu inclua as seguintes observações:

- identificação das fontes geradoras de resíduos reversos no município;
- identificação das formas de descarte para esses resíduos adotadas pela população;
- identificação das formas de descarte para esses resíduos adotadas pelo poder público municipal e outras instituições municipais;
- identificação de indústrias na região de Caxambu aptas a receber resíduos da logística reversa;
- desenvolvimento de um estudo para implementação de rotas de logística reversa no município, destacando-se aqueles de maior geração no município, como lâmpadas, pilhas, baterias, e pneus.

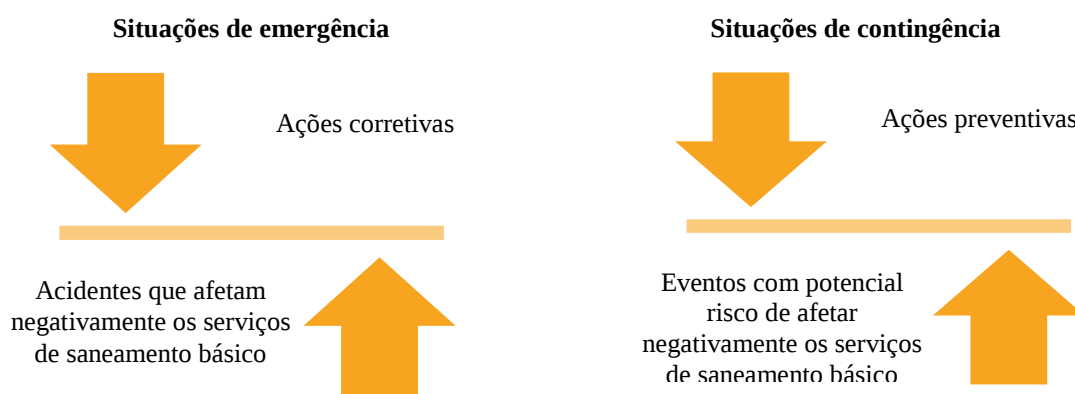
6. AÇÕES EMERGENCIAIS E CONTINGENCIAIS

O artigo 19 da Lei Federal nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), e o artigo 25 de seu respectivo decreto regulamentador, Decreto Federal nº 7.217/2010 (BRASIL, 2010a), estabelecem como parte integrante do conteúdo mínimo do Plano Municipal de Saneamento Básico a proposição de ações para emergências e contingências no planejamento da prestação de serviços públicos de saneamento básico.

Todo evento com potencial risco de impossibilitar a prestação dos serviços de saneamento básico de forma segura, regular e de qualidade à população deve ter um planejamento de ações emergenciais e contingenciais, indicando as diretrizes a serem seguidas e auxiliando na tomada de decisão para solucionar as situações adversas de maneira rápida e eficiente.

Conforme disposto no TR da Funasa (2018), as ações contingenciais estão relacionadas às eventualidades que podem ou não ocorrer e, portanto, podem ser planejadas ações para evitar que aconteçam. Por outro lado, as ações emergenciais ocorrem por circunstâncias acidentais, não passíveis de programação. Embora existam diferenças entre essas ações, é importante que sejam propostas de maneira integrada no PMSB. A Figura 84 ilustra simplificada as situações emergenciais e contingenciais relacionadas ao tipo de ação necessária para solucionar as adversidades ocorridas no âmbito dos serviços de saneamento básico.

Figura 84 – Situações de emergência e contingência relacionadas aos serviços de saneamento básico



Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

6.1. Atores envolvidos na operacionalização das ações de emergência e contingência para os serviços de saneamento básico

Considerando o potencial risco de ocorrência de eventos adversos que podem comprometer os serviços de saneamento básico, as ações a serem realizadas em caráter preventivo são fundamentais para evitar que seja necessário empregar as ações corretivas para mitigar os impactos dos acidentes. Em caso de ocorrência de eventos emergenciais, os atores envolvidos na operacionalização das ações de emergência e contingência devem agir de maneira rápida e eficiente para corrigir as adversidades e garantir a continuidade dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais, limpeza e manejo de resíduos sólidos.

Cabe aqui destacar as responsabilidades institucionais do titular dos serviços de saneamento básico, do ente regulador e dos prestadores de serviços. O titular dos serviços corresponde ao executivo municipal (Prefeitura Municipal) – definido assim pela Constituição Federal de 1988, que recebe as informações e monitora o andamento das ações de emergência e contingência. O regulador aprova os planos detalhados das ações previstas para situações de emergência e contingência e acompanha o cumprimento das ações. Os prestadores de serviços, por sua vez, possuem a responsabilidade operacional das ações, devendo ter planos emergenciais e contingenciais detalhados, que devem ser submetidos à aprovação prévia do regulador.

Segundo disposto no artigo 23 da Lei Federal nº 11.445/2007 a entidade reguladora “editará normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços públicos de saneamento básico”, dentre as quais se incluem as “medidas de segurança, de contingência e de emergência, inclusive quanto a racionamento” (BRASIL, 2007).

A Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae-MG), responsável por regular os serviços de água e esgoto do município de Caxambu, estabelece na Resolução Arsae-MG nº 40, de 3 de outubro de 2013, que:

Art. 5º. O prestador deverá elaborar plano de emergência e de contingência específico para cada município ou localidade atendida para os casos de paralisações do fornecimento de água, alterações nas condições de funcionamento dos sistemas de coleta ou interrupções no tratamento de esgoto, mantendo exemplar em cada escritório local. (ARSAE-MG, 2013, art. 5º).

Para garantir a efetividade da operacionalização das ações de emergência e contingência do PMSB é fundamental a realização de ações intersetoriais entre o titular dos serviços de

saneamento, o ente regulador e os prestadores de serviços de saneamento, com a prestadora de serviço de energia elétrica, as instituições de saúde e segurança pública e os órgãos de defesa civil. A Tabela 73 apresenta atores envolvidos na operacionalização das ações de emergência e contingência para os serviços de saneamento básico no município de Caxambu.

Tabela 73 – Atores envolvidos na operacionalização das ações de emergência e contingência do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu

Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - Arsae-MG.

Descrição: Ente regulador dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Aprovação dos planos emergenciais e contingenciais detalhados, referentes aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.
- Acompanhamento do cumprimento das ações de emergência e contingência relacionadas aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Reguladora dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais.

Descrição: Ente regulador dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Aprovação dos planos emergenciais e contingenciais detalhados, referentes aos serviços de drenagem e manejo águas pluviais.
- Acompanhamento do cumprimento das ações de emergência e contingência relacionadas aos serviços de drenagem e manejo águas pluviais.

Reguladora dos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos.

Descrição: Ente regulador dos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Aprovação dos planos emergenciais e contingenciais detalhados, referentes aos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos.
- Acompanhamento do cumprimento das ações de emergência e contingência relacionadas aos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos.

Prefeitura Municipal de Caxambu.

Descrição: Titular dos serviços de saneamento básico e prestadora direta dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas rurais do município

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências enquanto titular dos serviços de saneamento básico:

- Articulação e monitoramento das ações preventivas e corretivas junto a outros atores envolvidos na operacionalização das ações emergenciais e contingenciais do Plano Municipal de Saneamento Básico.
- Comunicação dos eventos de emergência aos órgãos responsáveis.
- Comunicação e orientação da população do município acerca dos eventos de emergência e contingência.
- Realização de campanhas educativas e treinamentos.
- Atuação, por meio da Secretaria Municipal de Saúde, nas ações de contingência para os serviços de saneamento, relacionadas à Covid-19.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências e prestadora direta dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas rurais:

-
- Elaboração e execução de planos emergenciais e contingenciais detalhados.
 - Elaboração, coordenação e execução do Plano de Segurança da Água.
 - Elaboração do Plano de Racionamento.
 - Comunicação dos eventos de emergência aos órgãos responsáveis e população.
 - Realização de campanhas educativas e treinamentos.
 - Realização de manutenção, reparo e limpeza dos locais afetados pelos eventos emergenciais.
 - Atuação nas ações de contingência para os serviços de saneamento, relacionadas à Covid-19.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Copasa.

Descrição: Prestadora indireta de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Elaboração e execução de planos emergenciais e contingenciais detalhados.
- Elaboração, coordenação e execução do Plano de Segurança da Água.
- Elaboração do Plano de Racionamento.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.
- Realização de campanhas educativas e treinamentos.
- Realização de manutenção, reparo e limpeza dos locais afetados pelos eventos emergenciais.
- Atuação nas ações de contingência para os serviços de saneamento, relacionadas à Covid-19.

Secretaria Municipal de Obras, Trânsito e Serviços Públicos.

Descrição: Prestadora de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Elaboração e execução de planos emergenciais e contingenciais detalhados.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.
- Realização de campanhas educativas e treinamentos.
- Realização de manutenção, reparo e limpeza dos locais afetados pelos eventos emergenciais.
- Atuação nas ações de contingência para os serviços de saneamento, relacionadas à Covid-19.

Secretaria Municipal de Obras, Trânsito e Serviços Públicos e Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Descrição: Prestadora de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Elaboração e execução de planos emergenciais e contingenciais detalhados.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.

-
- Realização de campanhas educativas e treinamentos.
 - Realização de manutenção, reparo e limpeza dos locais afetados pelos eventos emergenciais.
 - Atuação nas ações de contingência para os serviços de saneamento, relacionadas à Covid-19.

Companhia Energética de Minas Gerais S.A. - Cemig.

Descrição: Prestadora de serviço de energia elétrica no município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
- Comunicação dos eventos à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.

Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil - Compdec.

Descrição: Órgão responsável pela execução, coordenação e mobilização de ações de defesa civil no município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.
- Elaboração de Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil do município.

Polícia Militar de Minas Gerais.

Descrição: Instituição responsável pelo policiamento ostensivo e pela preservação da ordem pública no estado de Minas Gerais.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.
- Manter a ordem em situações de emergência e contingência.

Polícia Civil de Minas Gerais.

Descrição: Instituição responsável pela investigação criminal no estado de Minas Gerais.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
 - Investigação de atos de furto e vandalismo.
-

Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais.

Descrição: Instituição de coordenação e execução de ações de defesa civil, prevenção e combate a incêndio, perícias de incêndio, busca e salvamento.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.

Vigilância Sanitária.

Descrição: Órgão de proteção e promoção da saúde, com finalidade de impedir que a saúde humana seja exposta a riscos ou, em última instância, combater as causas dos efeitos nocivos que lhe forem gerados, em razão de alguma distorção sanitária, na produção e na circulação de bens, ou na prestação de serviços de interesse à saúde.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal, órgãos responsáveis e população.

Sociedade civil.

Descrição: População do município.

Participação na operacionalização das ações de emergência e contingências:

- Atuação nas ações preventivas e corretivas junto à Prefeitura Municipal e prestadores de serviços de saneamento.
- Atuação nas ações de contingência para os serviços de saneamento, relacionadas à Covid-19.
- Participação em campanhas educativas e treinamentos.
- Comunicação dos eventos de emergência à Prefeitura Municipal e órgãos responsáveis.

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

O envolvimento da população e representações sociais locais, pode trazer ao processo de planejar, gerenciar e monitorar as ações de emergência e contingência, contribuições importantes relacionadas ao território municipal, ampliando os debates acerca dos problemas e identificação das alternativas e soluções em conjunto (AGUIAR, 2012).

A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec) produziu um livro base com orientações que visam auxiliar os municípios na elaboração de planos de contingência. Neste, é abordado a necessidade da participação social desde o início do plano – da elaboração a implementação –, por considerar que o diálogo com a população torna o plano de contingência mais efetivo. No livro base, ainda são elencados os benefícios que são alcançados ao envolver a participação da população:

- Amplia a compreensão da população acerca dos riscos e das ações de gestão, gerando uma postura de corresponsabilidade;
- Reforça a credibilidade do gestor e de sua equipe, pois a população sente-se parte integrante do processo de tomada de decisão.
- Favorece o cumprimento de exigências legais em relação à participação e controle social;
- Há maior probabilidade de corresponder às necessidades reais e ser eficientes;
- As decisões e os programas são enriquecidos pelo conhecimento e experiência de muitas pessoas;
- As pessoas que cooperam na elaboração ou nas decisões tornam-se mais interessadas e envolvidas na sua execução e não precisam ser convencidas;
- Fortalece e legitima a participação da sociedade e governança local.
- Desenvolve a corresponsabilidade pelos problemas e pelas soluções e a capacidade de se colocar no lugar do outro. (SEDEC, 2017a, p. 24/25).

Nesse sentido, destaca-se a importância de incluir e dialogar com a população sobre as ações de emergência e contingências que são propostas neste documento, principalmente por serem parte afetada em situações de ocorrência de eventos emergenciais. Para isso, é preciso instruir a população sobre as situações adversas que envolvem os serviços de saneamento. Deve-se, também, promover ações educativas e de aprendizagem sobre os serviços que são prestados, sobre os direitos e deveres da população, criando um ambiente de corresponsabilidade.

Dessa maneira, a população poderá atuar como promotora das ações de prevenção, além de auxiliar na identificação de problemas relacionados aos serviços de saneamento, acionando a prefeitura ou a prestadora de serviços para corrigirem a situação adversa. Por exemplo, no reconhecimento de sinais de alerta, na identificação e comunicação sobre os eventos de contingência, como contaminação do manancial ou rompimento de tubulação da rede de distribuição, extravasamento de esgotos, descarte inadequado de resíduos sólidos.

6.2. Planos locais de riscos

A Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012, “institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (Conpdec), autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres e dá outras providências” (BRASIL, 2012, art. 1º). Uma das diretrizes da PNPDEC consiste na priorização às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres, sendo um dos objetivos dessa política a redução do risco de desastres. No artigo 2º da referida Lei, é estabelecido como “dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastres” (BRASIL, 2012).

Destaca-se que a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sedec) adota a classificação de desastres constante na Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade) (ANEXO A), instituída por meio da Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016, do Ministério da Integração Nacional – atualmente Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR, 2016). Ademais, a Tabela 74 apresenta os principais conceitos da área de proteção e defesa civil e de gestão de risco.

Tabela 74 – Principais conceitos da área de proteção e defesa civil e de gestão de risco

Termo	Conceito
Desastre	Resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.
Ameaça	Evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação do meio ambiente.
Vulnerabilidade	Exposição socioeconômica ou ambiental de cenário sujeito à ameaça natural, tecnológica ou de origem antrópica. Indica como as condições preexistentes fazem com que os elementos expostos sejam mais ou menos propensos a ser afetados.
Risco de desastre	Potencial de ocorrência de ameaça de desastre em um cenário socioeconômico e ambiental vulnerável.
Gestão de risco de desastre	Planejamento, a coordenação e a execução de ações e medidas preventivas destinadas a reduzir os riscos de desastres e evitar a instalação de novos riscos.

Fonte: Adaptado de Sedec, 2017b

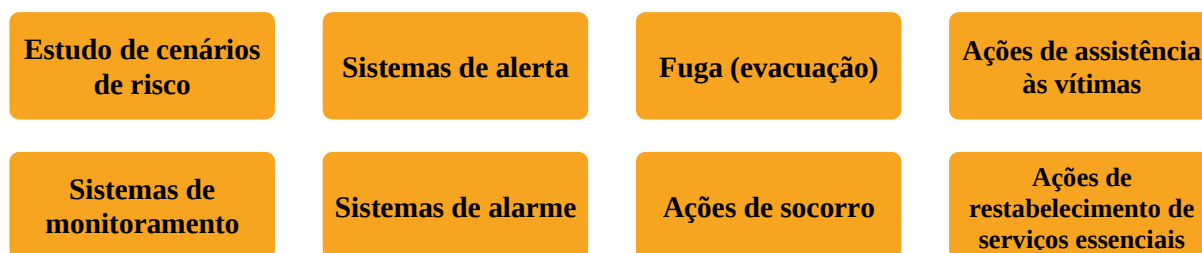
Conforme estabelecido na Lei Federal nº 12.608/2012, é responsabilidade dos municípios elaborar Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e instituir órgãos municipais de defesa civil, de acordo com os procedimentos estabelecidos pelo órgão central do Sinpdec. Compete também aos municípios:

- I - executar a PNPDEC em âmbito local;
 - II - coordenar as ações do Sinpdec no âmbito local, em articulação com a União e os Estados;
 - III - incorporar as ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal;
 - IV - identificar e mapear as áreas de risco de desastres;
 - V - promover a fiscalização das áreas de risco de desastre e vedar novas ocupações nessas áreas;
 - VI - declarar situação de emergência e estado de calamidade pública;
 - VII - vistoriar edificações e áreas de risco e promover, quando for o caso, a intervenção preventiva e a evacuação da população das áreas de alto risco ou das edificações vulneráveis;
 - VIII - organizar e administrar abrigos provisórios para assistência à população em situação de desastre, em condições adequadas de higiene e segurança;
 - IX - manter a população informada sobre áreas de risco e ocorrência de eventos extremos, bem como sobre protocolos de prevenção e alerta e sobre as ações emergenciais em circunstâncias de desastres;
 - X - mobilizar e capacitar os radioamadores para atuação na ocorrência de desastre;
 - XI - realizar regularmente exercícios simulados, conforme Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil;
 - XII - promover a coleta, a distribuição e o controle de suprimentos em situações de desastre;
 - XIII - proceder à avaliação de danos e prejuízos das áreas atingidas por desastres;
 - XIV - manter a União e o Estado informados sobre a ocorrência de desastres e as atividades de proteção civil no Município;
 - XV - estimular a participação de entidades privadas, associações de voluntários, clubes de serviços, organizações não governamentais e associações de classe e comunitárias nas ações do Sinpdec e promover o treinamento de associações de voluntários para atuação conjunta com as comunidades apoiadas; e
 - XVI - prover solução de moradia temporária às famílias atingidas por desastres.
- (BRASIL, 2012, art. 8º)

Com o intuito de orientar os integrantes do Sinpdec e a sociedade civil na prevenção e preparação à desastres e no fortalecimento da cultura de Proteção e Defesa Civil no país, a Sedec elaborou um livro base para “Elaboração de Plano de Contingência”³⁹. De acordo com esse livro base, o Plano de Contingência (Plancon) consiste em um “documento que registra o planejamento elaborado a partir da percepção e análise de um ou mais cenários de risco de desastres e estabelece os procedimentos para ações de monitoramento (acompanhamento das ameaças), alerta, alarme, fuga, socorro, assistência às vítimas e restabelecimento de serviços essenciais” (SEDEC, 2017a, p. 22). Ressalta-se que os documentos podem incluir um ou mais tipos de riscos, devendo prever ações para cada cenário possível. Na Figura 85 são apresentados os elementos que devem ser considerados na elaboração de um Plancon.

³⁹ O livro base para “Elaboração de Plano de Contingência” pode ser acessado por meio do link: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/II---Plano-de-Contingencia---Livro-Base.pdf>

Figura 85 – Elementos que devem ser considerados na elaboração de um Plano de Contingência



Fonte: Adaptado de Sedec, 2017a

Tabela 75 – Materiais de apoio para elaboração de Plano de Contingência⁴⁰

Documento	Autoria	Link para acesso
Manual de planos de contingência para desastres de movimento de massa.	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil.	https://www.mdr.gov.br/images/stories/Arquivos/DefesaCivil/ArquivosPDF/Volume3-ManualdePlanosdeContingencia_SEDEC.pdf
Manual técnico para redução de riscos de desastres aplicado ao planejamento urbano.	Secretaria Nacional de Desenvolvimento Urbano.	https://www.mdr.gov.br/images/stories/Arquivos/DefesaCivil/ArquivosPDF/Volume6-ManualTecnicoPlanejamentoUrbano_MCidades.pdf
Manual para implementação de planos de ação de emergência para atendimento a sinistros envolvendo o transporte rodoviário de produtos perigosos.	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Dnit).	https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/manuais/vigentes/716_manual_implementation_planos_acao_emergencia.pdf/view
Plano de Contingência para Emergência em Saúde Pública por Seca e Estiagem.	Ministério da Saúde.	http://www.saude.gov.br/images/pdf/2015/marco/20/plano-contingencia-seca-estiagem-20mar15-web.pdf
Orientações para apoio à elaboração de planos de contingência municipais para barragens.	Secretaria Nacional de Defesa Civil.	https://www.mdr.gov.br/images/stories/Arquivos/DefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Caderno--Orientaes-Planos-Contingencia-Barragens-V.03.pdf

Fonte: Projeto SanBas/UFG, 2020

Destaca-se que, em consulta aos relatórios de reconhecimentos de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) do Sinpdec, disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)⁴¹, não foram encontradas situações de emergência ou calamidade reconhecidas para Caxambu dentro do período disponível para consulta, de 2013 a 2020. Entretanto, em consulta aos relatórios de reconhecimentos vigentes, consta-se o

⁴⁰ Além dos materiais listados na Tabela 75, existem outros documentos disponibilizados pela Secretaria Nacional de Defesa Civil no seguinte link: <https://www.mdr.gov.br/protecao-e-defesa-civil/publicacoes>

⁴¹ Os relatórios dos reconhecimentos realizados pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - Sedec podem ser acessados por meio do link: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>

reconhecimento de ECP por doenças infecciosas virais, conforme detalhamento apresentado na Tabela 76.

Ademais, em consulta ao Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (UFSC, 2013), foram encontrados registros de um evento de alagamento em 2012, três eventos de enxurrada nos anos de 1996, 1999 e 2004, um evento de inundação em 2000 e um evento de vendaval em 1996 no município de Caxambu.

Tabela 76 – Estado de Calamidade Pública - ECP vigente no município de Caxambu em 2020

Nº do Decreto	Data do Decreto	Desastre	SE/ECP	Nº da Portaria	Data da Portaria	Nº do Diário Oficial da União - DOU	Data do DOU	Rito	Processo
47.891	20/03/2020	Doenças infecciosas virais	ECP	1106	16/04/2020	74	17/04/2020	Ordinário	59051.008488/2020-12

Nota: Conforme a Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016, o chefe do Poder Executivo Municipal, Estadual ou do Distrito Federal, integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - Sinpdec, poderá decretar Situação de Emergência - SE ou Estado de Calamidade Pública - ECP quando for necessário estabelecer uma situação jurídica especial para execução das ações de socorro e assistência humanitária à população atingida, restabelecimento de serviços essenciais e recuperação de áreas atingidas por desastre. O Poder Executivo Federal poderá reconhecer o decreto do Prefeito, Governador do Estado ou Distrito Federal quando for necessário estabelecer uma situação jurídica especial para execução das ações de socorro e assistência humanitária à população atingida, restabelecimento de serviços essenciais e recuperação de áreas atingidas por desastre. (MDR, 2016).

Fonte: Adaptado de MDR, 2020

É pertinente apresentar, ainda nesse tópico, que a Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, “estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais”. Um dos instrumentos da Política Nacional de Segurança de Barragens consiste no Plano de Segurança de Barragem, cuja elaboração e a atualização, observadas as recomendações das inspeções e as revisões periódicas de segurança, é responsabilidade do empreendedor da barragem (BRASIL, 2010b).

O Plano de Segurança da Barragem deve compreender, no mínimo, as seguintes informações, apresentadas no artigo 8º da Lei Federal nº 12.334/2010:

- I - identificação do empreendedor;
- II - dados técnicos referentes à implantação do empreendimento, inclusive, no caso de empreendimentos construídos após a promulgação desta Lei, do projeto como construído, bem como aqueles necessários para a operação e manutenção da barragem;
- III - estrutura organizacional e qualificação técnica dos profissionais da equipe de segurança da barragem;
- IV - manuais de procedimentos dos roteiros de inspeções de segurança e de monitoramento e relatórios de segurança da barragem;
- V - regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
- VI - indicação da área do entorno das instalações e seus respectivos acessos, a serem resguardados de quaisquer usos ou ocupações permanentes, exceto aqueles indispensáveis à manutenção e à operação da barragem;
- VII - Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido;
- VIII - relatórios das inspeções de segurança;
- IX - revisões periódicas de segurança. (BRASIL, 2010b, art. 8º).

O empreendedor da barragem também tem o dever de elaborar o Plano de Ação de Emergência (PAE), quando exigido pelo órgão fiscalizador, em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem. Destaca-se que o órgão fiscalizador deve exigir o PAE sempre que a barragem é classificada como de dano potencial associado alto, ou seja, o “dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem” (BRASIL, 2010b).

Segundo o artigo 12 da Lei Federal nº 12.334/2010, o “PAE estabelecerá as ações a serem executadas pelo empreendedor da barragem em caso de situação de emergência, bem como identificará os agentes a serem notificados dessa ocorrência” (BRASIL, 2010b). Além disso, o PAE deve contemplar, pelo menos:

- I - identificação e análise das possíveis situações de emergência;
- II - procedimentos para identificação e notificação de mau funcionamento ou de condições potenciais de ruptura da barragem;
- III - procedimentos preventivos e corretivos a serem adotados em situações de emergência, com indicação do responsável pela ação;
- IV - estratégia e meio de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência. (BRASIL, 2010b, art. 12).

Ainda, de acordo com o parágrafo único do artigo 12, o PAE ser disponibilizado no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado às autoridades competentes e aos organismos de defesa civil (BRASIL, 2010b).

Destaca-se que, com o intuito de orientar os empreendedores quanto às metodologias e procedimentos a serem adotados para assegurar adequadas condições de segurança para as barragens, a Agência Nacional de Águas (ANA), elaborou o “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens”, composto por oito volumes⁴².

No município de Caxambu, visto a inexistência de barragens, tanto na área quanto nas proximidades do município, não foram encontrados PAEs elaborados.

Nos próximos itens são previstas ações de emergência e contingência relacionadas às informações fornecidas pela Compdec, referentes ao levantamento das áreas com risco de seca e estiagem e dos locais com risco de contaminação da água devido ao tráfego de produtos químicos por transporte rodoviário. Além disso, são previstas ações relacionadas aos reconhecimentos de SE e ECP do Sinpdec disponíveis no S2iD.

6.3. Ações de emergência e contingência para os serviços de abastecimento de água

As situações adversas relacionadas aos serviços de abastecimento de água que demandam ações emergenciais e contingenciais correspondem àquelas que interferem negativamente em uma ou mais etapas do processo de abastecimento, comprometendo a qualidade e/ou quantidade de água disponibilizada à população. Essas adversidades referem-se às situações de suspensão dos serviços de abastecimento devido a problemas nas infraestruturas e equipamentos empregados

⁴² Os oito volumes do “Manual do Empreendedor sobre Segurança de Barragens” podem ser acessados por meio do link: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/downloads/publicacoes/ManualEmpreendedor>

na operação, risco de contaminação da população, racionamento ocasionado pela redução da disponibilidade hídrica ou aumento da demanda temporária, dentre outras.

As situações de emergência correspondem aos acidentes que afetam negativamente os serviços de abastecimento de água e demandam ações corretivas, como a falta de água causada pelo rompimento de tubulações da rede de distribuição. Por outro lado, as situações de contingência correspondem aos eventos que tem potencial risco de afetar negativamente os serviços de abastecimento de água e podem ser evitados por meio de ações preventivas, tais como a interrupção do fornecimento de água para realizar manutenção preventiva das tubulações da rede de distribuição do sistema de abastecimento. Ressalta-se que a Lei Federal nº 11.445/2007 permite a interrupção dos serviços de saneamento em “situações de emergência que atinjam a segurança das pessoas e bens” e em “necessidade de efetuar reparos, modificações ou melhorias de qualquer natureza nos sistemas, respeitados os padrões de qualidade e continuidade estabelecidos pela regulação do serviço”, sendo que as interrupções programadas devem ser previamente informadas ao órgão regulador e aos usuários (BRASIL, 2007).

Além disso, no artigo 46 da Lei Federal nº 11.445/2007, é disposto que:

Art. 46. Em situação crítica de escassez ou contaminação de recursos hídricos que obrigue à adoção de racionamento, declarada pela autoridade gestora de recursos hídricos, o ente regulador poderá adotar mecanismos tarifários de contingência, com objetivo de cobrir custos adicionais decorrentes, garantindo o equilíbrio financeiro da prestação do serviço e a gestão da demanda. (BRASIL, 2007).

Como relatado na seção 4 do Diagnóstico Técnico-Participativo do PMSB (Produto C), os serviços de abastecimento de água de Caxambu prestados pela Copasa abrangem somente a área urbana do município, de modo que o abastecimento de água na área rural é realizado por meio de soluções alternativas coletivas e individuais, adotadas pela população, sem apoio do poder público. Dentre os problemas relacionados aos serviços de abastecimento de água destacam-se a falta de tratamento e monitoramento por parte da Prefeitura da água distribuída em Monjolinho e Sítio Laranjeiras e ausência de sistemas de abastecimento de água nas demais localidades rurais.

Destaca-se ainda a inexistência de ações educativas para conscientizar a população sobre o consumo consciente e racional da água, a ausência de ações para conservação das nascentes e dos mananciais de captação e presença de rede antiga de cerâmica que precisa de substituição.

Conforme as situações emergenciais e contingenciais que os serviços de abastecimento de água do município de Caxambu estão potencialmente sujeitos atualmente e futuramente – com a efetivação das metas do PMSB, a Tabela 77 apresenta as ações corretivas e preventivas para minimizar e/ou mitigar os impactos das situações adversas que podem afetar a qualidade dos serviços prestados à população. Destaca-se que, de acordo com o TR da Funasa (2018), as ações de emergência e contingência devem abranger as situações críticas de operação, plano de racionamento, demanda temporária e indicar as diretrizes para o Plano de Segurança da Água (PSA).

Tabela 77 – Ações de emergência e contingência para os serviços de abastecimento de água do município de Caxambu

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Falta de água	Interrupção do fornecimento de energia elétrica para funcionamento dos equipamentos empregados na operação do sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar a Cemig sobre a interrupção do fornecimento de energia elétrica. • Alugar gerador de energia elétrica. • Utilizar o gerador de energia elétrica para manter o funcionamento dos equipamentos, caso o sistema afetado pela interrupção do fornecimento de energia elétrica seja o SAA Caxambu-Baependi. • Realizar reparo de equipamentos danificados. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa⁴³.	• Programar manutenção preventiva do sistema elétrico e dos equipamentos elétricos do sistema de abastecimento de água. • Comprar gerador de energia elétrica para ser usado em situações de emergências no SAA Caxambu - Baependi.
	Ações de vandalismo nas instalações e/ou equipamentos do sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Acionar a Polícia Civil para investigação do ocorrido. • Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Elaborar plano de ação para evitar ocorrências de vandalismo, incluindo campanhas educativas junto aos munícipes. • Colocar placas educativas nas áreas próximas às instalações do sistema de abastecimento de água. • Manter as áreas no entorno das instalações do sistema de abastecimento de água protegidas com cercas e muros. • Estabelecer parceria com a Polícia Militar para realização de rondas periódicas nos locais com maiores ocorrências de vandalismo.
	Nível de cheia do manancial que obrigue	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água.	• Monitorar as instalações e equipamentos empregados na etapa de captação do sistema de

⁴³Ressalta-se a necessidade do controle da potabilidade da água distribuída pelo caminhão pipa. A Arsae-MG publicou a Resolução ARSAE-MG 129, de 11 de Novembro de 2019 disponível em: http://arsae.mg.gov.br/images/documentos/legislacao/2019/Resolucao%20ARSAE%20MG%20n129.2019_gua.pdf, que, entre outros, estabelece que: “A água utilizada para abastecer o veículo transportador deve cumprir os requisitos estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017 ou outro instrumento legal que venha a substituí-la”.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
	parar a operação dos equipamentos empregados na etapa de captação do sistema de abastecimento de água.	• Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	abastecimento de água. • Comprar equipamentos reservas para quando for necessário realizar substituição ou manutenção.
Falta de água	Problemas mecânicos e hidráulicos no sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Programar inspeção periódica e manutenção preventiva das instalações e equipamentos empregados no sistema de abastecimento de água.
	Ruptura nas adutoras do sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Promover abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Realizar estabilização do solo. • Programar inspeção periódica e manutenção preventiva das instalações e equipamentos empregados na adução. • Substituir tubulações em mal estado. • Monitorar a pressão da água.
	Equipamentos danificados nas estações elevatórias de captação e de água tratada do sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Programar manutenção preventiva dos equipamentos. • Comprar equipamentos reservas para quando for necessário realizar substituição. • Monitorar as estações elevatórias de maneira remota.
	Boosters danificados.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Programar manutenção preventiva dos equipamentos. • Comprar equipamentos reservas para quando for necessário realizar substituição.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
	Reservatórios do sistema de abastecimento de água com problemas estruturais.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Executar o reparo da estrutura danificada. • Promover abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Realizar inspeção e manutenção da estrutura dos reservatórios periodicamente.
Falta de água	Rompimento de adutoras, reservatórios e estruturas da estação de tratamento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar ao Corpo de Bombeiros, prefeitura, órgãos de controle ambiental, prestadora de serviço de energia elétrica, instituições, autoridades e a população sobre a situação emergencial. • Sinalizar e isolar a área afetada. • Reparar as instalações e imóveis danificados. • Limpeza e descontaminação das áreas afetadas. • Promover abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Monitoramento da estabilização do solo. • Realizar inspeção periódica e manutenção preventiva das estruturas, instalações e equipamentos.
	Rompimento das tubulações da rede de distribuição do sistema de abastecimento de água	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar a Secretaria Municipal de Obras, Serviços, Regulação Urbana e Saneamento da prefeitura para viabilizar os reparos necessários. • Sinalizar e isolar a área afetada. • Limpeza e descontaminação das áreas afetadas. • Executar reparo e troca das tubulações danificadas. • Promover abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Monitorar estabilização do solo. • Monitorar a vazão, pressão e regularidade da rede. • Realizar inspeção periódica e manutenção preventiva nas tubulações da rede de distribuição. • Substituir tubulações em mal estado.
	Vazamento de produtos químicos nas instalações do sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Reparar as instalações danificadas. • Promover abastecimento temporário da área afetada pela falta de	• Elaborar plano de ação para prevenção de acidentes com produtos químicos. • Monitorar a qualidade da água produzida e distribuída conforme legislação vigente.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
		água, por meio de caminhões pipa.	
Falta de água	Deterioração da estrutura das cisternas usadas para abastecimento de água coletivo.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Executar reparo e/ou substituição das cisternas danificadas. • Promover abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Realizar manutenção preventiva periódica da estrutura das cisternas.
	Aumento da demanda de água em curto período de tempo.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Disponibilizar equipe técnica para identificar a origem do aumento repentino do consumo de água. • Revisar a capacidade da rede de distribuição, caso o aumento da demanda de água seja generalizado. • Realocar a água na rede de distribuição para atender temporariamente a demanda, caso o aumento da demanda de água seja pontual. • Realizar racionamento/rodízio de abastecimento de água. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Cobrar taxa contingencial, caso o aumento da demanda de água seja pontual. • Perfurar poços artesianos para serem usados como alternativa em situações emergenciais. • Incentivar o armazenamento e utilização de água de chuva. • Aumentar a capacidade de reservação. • Avaliar a população flutuante do município e a demanda dos empreendimentos. • Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a necessidade de evitar o desperdício e promover o uso racional e consciente da água.
	Redução da disponibilidade hídrica dos mananciais de captação do sistema de abastecimento de água, ocasionada por período prolongado de estiagem e seca.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental sobre a redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. • Realizar racionamento/rodízio de abastecimento de água. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Avaliar a possibilidade de captar água em outro ponto ou manancial. • Perfurar poços artesianos para serem usados como alternativa em situações emergenciais. • Incentivar o armazenamento e utilização de água de chuva. • Aumentar a capacidade de reservação. • Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a necessidade de evitar o desperdício e promover o uso racional e consciente da água.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Falta de água	Redução da disponibilidade hídrica dos mananciais usados para abastecimento das soluções coletivas e individuais, ocasionada por período prolongado de estiagem e seca.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental sobre a redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. • Realizar racionamento/rodízio de abastecimento de água. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Avaliar a possibilidade de captar água em outro ponto ou manancial. • Perfurar poços artesianos para situações emergenciais. • Incentivar o armazenamento e utilização de água de chuva. • Aumentar a capacidade de reservação. • Monitorar a disponibilidade hídrica para abastecimento das áreas mapeadas no município com risco de seca e estiagem prolongada para agir de forma antecipada. • Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a necessidade de evitar o desperdício e promover o uso racional e consciente da água.
	Qualidade inadequada da água dos mananciais de captação do sistema de abastecimento de água.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental sobre a deterioração da qualidade da água dos mananciais. • Ampliar a fiscalização para identificar o agente causador. • Alterar as dosagens dos produtos químicos empregados na estação de tratamento de água. • Intensificar o monitoramento da qualidade da água bruta e tratada. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Realizar o controle sanitário da bacia a montante. • Monitorar a qualidade da água dos mananciais. • Implementar técnicas para proteger as nascentes. • Reflorestar as áreas de preservação permanente desmatadas. • Realizar limpeza periódica da área no entorno do ponto de captação. • Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a preservação dos recursos naturais e promover o uso racional e consciente da água.
	Qualidade inadequada da água dos mananciais usados para abastecimento das soluções coletivas e individuais.	• Comunicar aos órgãos municipais, instituições e a população sobre a falta de água. • Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental sobre a deterioração da qualidade da água dos mananciais. • Ampliar a fiscalização para identificar o agente causador.	• Realizar o controle sanitário da bacia a montante. • Monitorar a qualidade da água dos mananciais. • Implementar técnicas para proteger as nascentes. • Reflorestar as áreas de preservação permanente desmatadas.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Falta de água		• Monitorar a qualidade da água para consumo humano. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Realizar limpeza periódica da área no entorno do ponto de captação. • Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a preservação dos recursos naturais e promover o uso racional e consciente da água.
Diminuição da pressão	Vazamentos e/ou rompimento de tubulações na rede de distribuição do sistema de abastecimento de água.	• Interromper o fornecimento de água para o reservatório. • Identificar pontos de perdas ou vazamentos nas tubulações. • Executar o reparo das tubulações e estruturas danificadas.	• Monitoramento da vazão, pressão e regularidade da rede. • Realizar inspeção periódica e manutenção preventiva das tubulações e estruturas da rede de distribuição. • Comprar equipamentos reservas para quando for necessário realizar substituição.
	Ampliação do consumo de água durante horários de pico.	• Realizar racionamento/rodízio de abastecimento de água para distribuir a demanda de água para outros horários.	• Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a necessidade de evitar o desperdício e promover o uso racional e consciente da água. • Promover mobilização dos munícipes para instalação de reservatório elevado nos domicílios.
Contaminação do manancial	Lançamento acidental ou intencional de contaminante nos mananciais do sistema de abastecimento de água e das soluções coletivas e individuais de abastecimento.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, as instituições e a população sobre a deterioração da qualidade da água dos mananciais. • Interromper a captação de água no manancial contaminado. • Alterar o manancial empregado para captação de água. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa. • Ampliar a fiscalização para identificar o agente causador. • Intensificar o monitoramento da qualidade da água. • Inserir no Código de Posturas municipal as penalizações aos responsáveis, para os casos nos quais o lançamento de contaminantes ser intencional.	• Elaborar plano de ação para conservação dos mananciais, incluindo campanhas educativas junto aos munícipes. • Realizar controle sanitário da bacia a montante. • Monitorar a qualidade da água do manancial. • Implementar técnicas para proteger as nascentes. • Reflorestar as áreas de preservação permanente desmatadas. • Fiscalizar lançamento clandestino de esgoto doméstico e industrial.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Contaminação do manancial	Acidente com carga perigosa ou contaminante.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, as instituições e a população sobre a deterioração da qualidade da água dos mananciais. • Interromper a captação de água no manancial contaminado. • Alterar o manancial empregado para captação de água. • Promover o abastecimento temporário da área afetada pela falta de água, por meio de caminhões pipa.	• Elaborar plano de ação para prevenção de acidentes com produtos químicos. • Monitorar a qualidade da água do manancial. • Instalar barreiras de proteção nos locais com risco de contaminação dos mananciais devido ao tráfego de produtos químicos por transporte rodoviário.
	Reservatórios e canalizações danificados.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, as instituições e a população sobre a deterioração da qualidade da água. • Isolar o acesso às nascentes. • Interromper o consumo de água das nascentes usadas como soluções coletivas e individuais. • Monitorar a qualidade da água dos fontanários e nascentes. • Executar o reparo das instalações e canalizações danificadas. • Realizar desinfecção da água, por meio de cloração.	• Realizar manutenção preventiva dos reservatórios para evitar contaminação. • Realizar manutenção das canalizações para assegurar a distribuição da água em qualidades apropriadas para o consumo humano. • Monitorar a qualidade da água dos fontanários e nascentes frequentemente.
Contaminação da água das nascentes usadas como soluções coletivas e individuais	Degradação das nascentes.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, as instituições e a população sobre a deterioração da qualidade da água. • Isolar o acesso às nascentes. • Interromper o consumo de água dos fontanários públicos e das nascentes usadas como soluções coletivas e individuais. • Monitorar a qualidade da água dos fontanários e nascentes. • Ampliar a fiscalização para identificar o agente causador. • Realizar desinfecção da água, por meio de cloração.	• Elaborar plano de ação para conservação das nascentes, incluindo campanhas educativas junto aos munícipes. • Manter as áreas no entorno das nascentes cercadas e vegetadas. • Monitorar a qualidade da água dos fontanários e nascentes frequentemente.

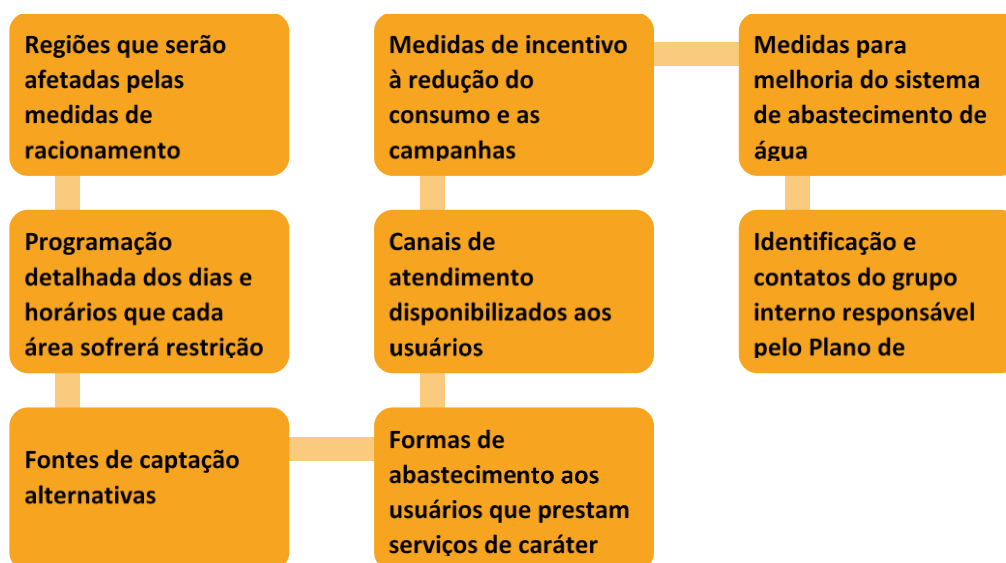
Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

❖ Plano de Racionamento

Conforme apresentado no item 6.1, o artigo 23 da Lei Federal nº 11.445/2007 estabelece que a entidade reguladora é responsável por editar normas relativas às dimensões técnica, econômica e social de prestação dos serviços públicos de saneamento básico, abrangendo medidas de racionamento.

A Resolução Arsae-MG nº 68, de 28 de maio de 2015, “estabelece as diretrizes gerais para a adoção de medidas de racionamento do abastecimento público de água potável e o conteúdo mínimo do Plano de Racionamento, a serem observados pelos prestadores de serviços regulados pela Arsae-MG”. O Plano de Racionamento consiste em um “instrumento que apresenta a programação e possibilita a execução, acompanhamento e controle do racionamento de água em sistemas públicos de abastecimento de água” (ARSAE-MG, 2015, art. 2º, V). Destaca-se que, o Plano de Racionamento, regulamentado pela resolução citada, “integra o plano de emergência e contingência a ser elaborado pelos prestadores de serviços” (ARSAE-MG, 2015, art. 1º, § 2º). A Figura 86 apresenta o conteúdo mínimo do Plano de Racionamento.

Figura 86 – Conteúdo mínimo do Plano de Racionamento



O prestador de serviços é responsável por identificar a necessidade de racionamento e informar aos usuários e à Arsae-MG, devendo divulgar amplamente o Plano de Racionamento elaborado, em toda a região afetada, em parceria com o município. Além disso, o Plano de Racionamento

deverá ser disponibilizado ao menos no site do prestador de serviços de abastecimento de água e em suas unidades de atendimento presencial ao público (ARSAE-MG, 2017).

Em consulta ao site da Copasa⁴⁴, prestadora de serviços de abastecimento de água na sede de Caxambu, não se identificou nenhum Plano de Racionamento em vigência ou encerrado.

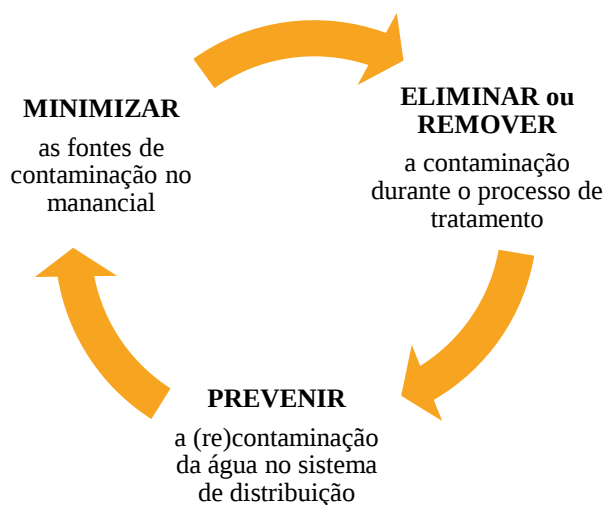
❖ Diretrizes para formulação do Plano de Segurança da Água

A Organização Mundial da Saúde (OMS), recomenda que as entidades responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água desenvolvam um Plano de Segurança da Água para garantir disponibilidade de água em qualidade apropriada para o consumo da população, incorporando metodologias de avaliação e gestão de riscos e melhores práticas de operação dos sistemas (OMS, 2017).

Conforme Bastos (2010), o Plano de Segurança da Água é um instrumento com abordagem de segurança preventiva, que objetiva garantir a segurança da água para consumo humano, incluindo a minimização da contaminação no manancial, a eliminação ou remoção da contaminação por meio do tratamento da água e a prevenção da (re)contaminação no sistema (Figura 87). Destaca-se que a gestão da água se inicia no manancial de abastecimento e abrange o tratamento e distribuição da água até que essa chegue ao consumidor (Figura 88).

⁴⁴ Disponível em: <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/imprensa/noticias/plano-de-acionamento>. Acessado em: 27 de julho de 2020.

Figura 87 – Objetivos do Plano de Segurança da Água



Fonte: Adaptado de Bastos, 2010

Figura 88 – Etapas do abastecimento de água abrangidas no Plano de Segurança da Água



Fonte: Projeto SanBas/UFG, 2020

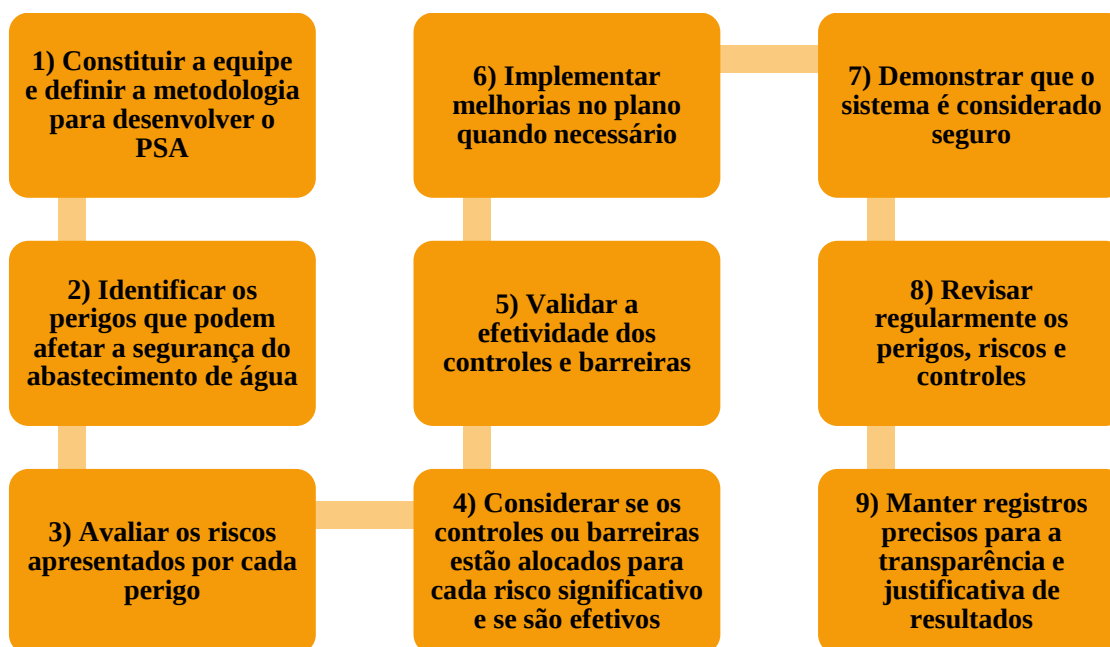
Ademais, a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (MS) estabelece como competência dos responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio do controle operacional dos pontos de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, quando aplicável (MS, 2017). Outra competência estabelecida por essa Portaria consiste em manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída conforme os princípios do Plano de Segurança da Água recomendado pela Organização Mundial de Saúde e as diretrizes vigentes no país (MS, 2017).

O desenvolvimento de um Plano de Segurança da Água inclui três componentes principais: a avaliação do sistema, o monitoramento operacional e a implementação dos planos de gestão, incluindo a documentação e comunicação (OMS, 2017). A avaliação do sistema abrange todo o sistema de abastecimento, desde a captação da água até sua chegada ao consumidor, sendo analisados os potenciais riscos que podem afetar a qualidade da água, com o intuito de avaliar

se a qualidade final da água distribuída aos consumidores atende aos padrões estabelecidos nas metas de saúde. O monitoramento operacional corresponde ao controle de ações implementadas no sistema de abastecimento com o objetivo de minimizar ou mitigar adversidades identificadas durante a avaliação do sistema. Os planos de gestão, por sua vez, visam o gerenciamento do sistema, documentando a avaliação do sistema, o monitoramento e os procedimentos operacionais, e neles devem ser previstos os procedimentos e programas necessários para otimização do sistema de abastecimento.

Ressalta-se que o desenvolvimento adequado de um Plano de Segurança da Água fornece um sistema estruturado e organizado que possibilita a minimização da ocorrência de falhas geradas por lapso de gerenciamento e que as ações de contingência sejam eficazes na resolução de adversidades que possam afetar a qualidade da água de abastecimento. Conforme o Manual do Plano de Segurança da Água da Organização Mundial de Saúde, elaborado por Bartam e colaboradores (2009), o desenvolvimento e implementação do PSA ocorre de acordo com as etapas específicas apresentadas resumidamente na Figura 89.

Figura 89 – Etapas específicas do desenvolvimento e implementação do Plano de Segurança da Água (PSA)



Fonte: Adaptado de Bartam e colaboradores, 2009

No Brasil, o Ministério da Saúde elaborou um documento com diretrizes gerais para orientar a elaboração, implantação e desenvolvimento de um PSA⁴⁵, baseado nas orientações da OMS. Conforme apresentado no documento mencionado, o desenvolvimento do Plano de Segurança da Água inicia-se com a preparação, por meio das etapas preliminares, e sucede-se com as etapas de avaliação do sistema, monitoramento operacional e planos de gestão (Adaptado de MS, 2012):

➤ ***Etapas preliminares***

Nas etapas preliminares deve ser realizado o planejamento das atividades, o levantamento das informações necessárias e a constituição da equipe técnica multidisciplinar responsável pela elaboração e implantação do PSA.

A equipe pode ser composta por um coordenador para gerenciamento do plano, profissionais especialistas, gestores com autoridade para implementar as ações necessárias, técnicos envolvidos nas ações de operação e controle da qualidade da água do sistema de abastecimento, profissionais do setor da saúde e meio ambiente e representantes dos consumidores.

➤ ***Etapa 1: Avaliação do sistema***

A avaliação do sistema deve ser embasada em seu diagnóstico detalhado, abrangendo desde o manancial de captação até o local de consumo. Na avaliação do sistema, deve verificar se o sistema de abastecimento atende o fornecimento de água conforme as metas de saúde existentes.

Essa etapa é composta por três fases: 1) descrição do sistema de abastecimento de água, construção e validação do diagrama de fluxo; 2) identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos; 3) estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos.

⁴⁵ O documento elaborado pelo Ministério da Saúde pode ser acessado por meio do link: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf

➤ ***Etapa 2: Monitoramento operacional***

Nessa etapa deve-se determinar medidas de controle dos sistemas de abastecimento de água; selecionar parâmetros de monitoramento; estabelecer limites críticos; e estabelecer ações corretivas, para que os riscos sejam controlados e as metas de saúde sejam atendidas.

➤ ***Etapa 3: Planos de gestão***

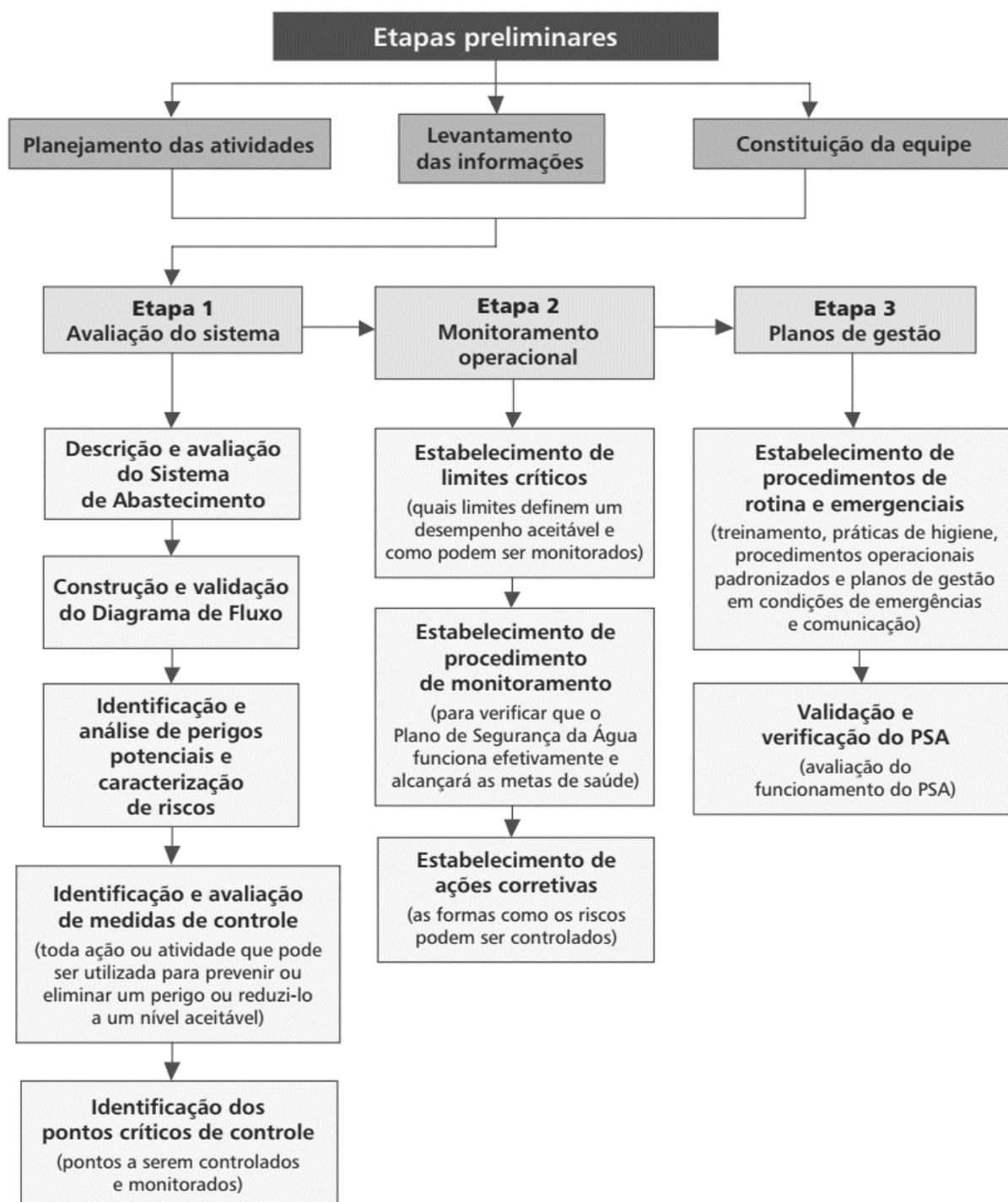
Na etapa dos planos de gestão, é necessário estabelecer as ações em situações de rotina e situações de emergências; organizar a documentação de avaliação do sistema; estabelecer estratégias de comunicações de risco; realizar programas de suporte e de validação e verificação periódica do PSA.

A documentação deve ser revisada conforme necessidade e deve abordar a descrição das atividades que serão realizadas e como os procedimentos serão desenvolvidos, além de incluir informações detalhadas sobre:

- 1) Avaliação dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano, incluindo-se diagramas de fluxo e potenciais perigos;
- 2) Medidas de controle, monitoramento operacional e planos de verificação;
- 3) Operações de rotina e procedimentos de gerenciamento;
- 4) Operação em situações de incidentes e planos de resposta a emergências; e
- 5) Medidas do programa de suporte, incluindo-se programas de formação/treinamento, pesquisa e desenvolvimento, procedimentos para avaliação de resultados e relatórios, avaliação de desempenho, auditorias e revisões, e protocolos de comunicação de risco à comunidade.

A Figura 90 apresenta um esquema com a sequência das etapas para o desenvolvimento de um Plano de Segurança da Água.

Figura 90 – Etapas para o desenvolvimento de um Plano de Segurança da Água (PSA)



Fonte: MS, 2012

A garantia da disponibilidade de água em qualidade apropriada para o consumo humano está relacionada às diretrizes estabelecidas em legislações relacionadas ao abastecimento de água e qualidade da água. A legislação disponível em âmbito Federal e Estadual determina tanto o controle de parâmetros laboratoriais quanto práticas em sistemas abastecimento de água e

mananciais que contribuem para a melhoria da qualidade da água. Na Tabela 78 são apresentadas legislações relacionadas ao abastecimento de água e à qualidade da água.

Tabela 78 – Legislações relacionadas ao abastecimento de água e à qualidade da água

Âmbito Federal	
Legislação	Diretrizes
Constituição Federal	
Artigo 200 da Constituição Federal de 1988.	"Ao SUS - Sistema Único de Saúde compete a fiscalização e inspeção de bebidas e água para consumo humano e participação na formulação da política e da execução das ações de saneamento básico".
Leis	
Lei Federal nº 8.080, de 19 de setembro de 1990.	Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes.
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.
Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 e suas atualizações.	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.
Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012.	Dispõe sobre o Código Florestal Brasileiro.
Decretos	
Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934.	Decreta o Código de Águas.
Decreto Federal nº 5.440, de 4 de maio de 2005.	Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano.
Decreto Federal nº 7217, de 21 de junho de 2010.	Regulamenta a Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.
Portarias e resoluções	
Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde - MS nº 5, de 28 de setembro de 2017.	Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, incluindo os procedimentos de controle e vigilância da água.
Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 357, de 17 de março de 2005.	Dispõe sobre a classificação e enquadramento dos corpos hídricos, conforme o uso de cada recurso hídrico, assim como as condições e padrões de qualidade das águas.
Resolução Conama nº 396, de 3 de abril de 2008.	Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.
Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011.	Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama.

Âmbito Estadual	
Legislação	Diretrizes
Constituição do Estado de Minas Gerais de 1989.	Dispõe sobre a Constituição do Estado de Minas Gerais.
Lei nº 11.720, de 28 de dezembro de 1994.	Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico.
Lei nº 18.309, de 3 de agosto de 2009.	Estabelece normas relativas aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, cria a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (Arsae-MG).
Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais (Cerh-MG) nº 01, de 05 de maio de 2008.	Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

6.4 Ações de emergência e contingência para os serviços de esgotamento sanitário

As situações adversas relacionadas aos serviços de esgotamento sanitário que demandam ações emergenciais e contingenciais correspondem àquelas que interferem negativamente nos processos de coleta, transporte e tratamento de efluentes, degradando a qualidade da água dos corpos receptores, do lençol freático e do solo, além de causar implicações na saúde pública e corroborar com a diminuição da qualidade de vida da população.

As situações de emergência relacionadas aos serviços de esgotamento sanitário correspondem aos acidentes que afetam negativamente os sistemas e demandam ações corretivas, como vazamentos, rompimentos, entupimento e obstrução das estruturas do sistema de coleta e transporte de esgoto; e interrupção do fornecimento de energia elétrica e mau funcionamento dos equipamentos e estruturas da ETE. As situações contingenciais, por sua vez, correspondem aos eventos que tem potencial risco de afetar negativamente os serviços de esgotamento sanitário e podem ser evitados por meio de ações preventivas, como inspeção e manutenção preventiva dos equipamentos e estruturas do sistema de esgotamento sanitário.

Como relatado na seção 5 do Diagnóstico Técnico-Participativo do PMSB (Produto C), a área urbana de Caxambu é atendida por um sistema de esgotamento sanitário operado pela Copasa,

o qual atende apenas a sede do município. Logo, parte da população residente na área rural faz uso de fossas rudimentares ou realiza lançamento do esgoto em curso d'água como solução alternativa individual, sendo identificadas somente duas outras soluções durante o trabalho de campo: uma fossa séptica econômica e um sistema TEvap.

Conforme as situações emergenciais e contingenciais que os serviços de esgotamento sanitário do município de Caxambu estão potencialmente sujeitos atualmente e futuramente – com a efetivação das metas do PMSB, a Tabela 79 apresenta as ações corretivas e preventivas para minimizar e/ou mitigar os impactos das situações adversas que podem afetar a qualidade dos serviços prestados à população.

Tabela 79 – Ações de emergência e contingência para os serviços de esgotamento sanitário do município de Caxambu

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Paralisação das operações da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE	Interrupção do fornecimento de energia elétrica para funcionamento dos equipamentos empregados na operação do sistema de esgotamento sanitário.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre a paralisação das operações da ETE. • Comunicar a Cemig sobre a interrupção do fornecimento de energia elétrica. • Alugar gerador de energia elétrica. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados.	• Programar manutenção preventiva do sistema elétrico e dos equipamentos elétricos. • Comprar gerador de energia elétrica para ser usado em situações emergenciais.
	Ações de vandalismo nas instalações e/ou equipamentos da estação de tratamento de esgoto.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre a paralisação das operações da ETE. • Acionar a Polícia Civil para investigação do ocorrido. • Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados.	• Elaborar plano de ação para evitar ocorrências de vandalismo, incluindo campanhas educativas junto aos munícipes. • Colocar placas educativas as áreas próximas às instalações da ETE. • Manter as áreas no entorno das instalações da ETE protegidas com cercas e muros. • Estabelecer parceria com a Polícia Militar para realização de rondas periódicas nos locais com maiores ocorrências de vandalismo.
	Mau funcionamento dos equipamentos e/ou da estrutura física.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre a paralisação das operações da ETE. • Executar reparos nas estruturas danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados.	• Programar manutenção preventiva dos equipamentos e da estrutura física. • Comprar equipamentos reservas para quando for necessário realizar substituição.
Extravasamento de esgoto nas estações elevatórias do sistema de esgotamento sanitário	Interrupção do fornecimento de energia elétrica.	• Comunicar a Cemig sobre a interrupção do fornecimento. • Alugar gerador de energia elétrica. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Limpar e descontaminar as áreas afetadas.	• Programar manutenção preventiva do sistema elétrico e dos equipamentos elétricos. • Comprar gerador de energia elétrica para ser usado em situações emergenciais. • Instalar tanques de acumulação de esgoto extravasado para evitar contaminação do solo e água.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Extravasamento de esgoto nas estações elevatórias do sistema de esgotamento sanitário	Mau funcionamento dos equipamentos e/ou da estrutura física.	• Executar reparos nas estruturas danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados. • Limpar e descontaminar as áreas afetadas.	• Programar manutenção preventiva dos equipamentos e da estrutura física. • Comprar equipamentos reservas para quando for necessário realizar substituição. • Instalar tanques de acumulação de esgoto extravasado para evitar contaminação do solo e água.
	Ações de vandalismo.	• Acionar a Polícia Civil para investigação do ocorrido. • Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados.	• Elaborar plano de ação para evitar ocorrências de vandalismo, incluindo campanhas educativas junto aos munícipes. • Colocar placas educativas nas áreas próximas às instalações do sistema de esgotamento sanitário. • Manter as áreas no entorno das instalações do sistema de esgotamento sanitário protegidas. • Estabelecer parceria com a Polícia Militar para realização de rondas periódicas nos locais com maiores ocorrências de vandalismo. • Instalar tanques de acumulação do esgoto extravasado para evitar contaminação do solo e água.
Rompimento da rede coletora, de coletores tronco e de interceptores do sistema de esgotamento sanitário	Rompimentos em pontos de travessia.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre rompimento das estruturas. • Comunicar a Secretaria Municipal de Obras, Trânsito e Serviços Públicos da prefeitura para viabilizar os reparos necessários. • Sinalizar e isolar a área afetada. • Limpar e descontaminar as áreas afetadas. • Executar reparo e troca das estruturas danificadas.	• Monitoramento da vazão, pressão e regularidade da rede. • Realizar inspeção e manutenção preventiva das estruturas. • Utilizar insumos de qualidade nas travessias. • Compactar o solo.
	Ações de vandalismo.	• Acionar a Polícia Civil para investigação do ocorrido. • Executar reparos nas instalações danificadas. • Executar reparos e/ou troca dos equipamentos danificados.	• Elaborar plano de ação para evitar ocorrências de vandalismo, incluindo campanhas educativas junto aos munícipes. • Estabelecer parceria com a Polícia Militar para realização de rondas periódicas nos locais com maiores ocorrências de vandalismo.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Extravasamento da rede coletora, coletores tronco e interceptores do sistema de esgotamento sanitário	Entupimento da tubulação.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre extravasamento. • Executar reparos nas estruturas danificadas. • Limpar e descontaminar as áreas afetadas.	• Realizar inspeção e manutenção preventiva das tubulações. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para evitar o descarte de resíduos que possam causar o entupimento da tubulação.
	Rompimentos de travessias.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre extravasamento. • Executar reparos nas estruturas danificadas. • Isolar e sinalizar a área para evitar acidentes. • Limpar e descontaminar as áreas afetadas.	• Realizar inspeção e manutenção preventiva das estruturas. • Utilizar insumos de qualidade nas travessias. • Compactar o solo.
Aumento da demanda de tratamento	Aumento repentino na vazão coletada pelo sistema de esgotamento sanitário.	• Disponibilizar equipe técnica para identificar a origem do aumento da demanda. • Verificar se existe extravasamentos. • Verificar se existe ligações irregulares de esgoto ou lançamento irregular de águas pluviais na rede coletora. • Inserir no Código de Posturas do município as penalizações aos responsáveis, para os casos nos quais existam ligações irregulares de esgoto ou lançamento irregular de águas pluviais na rede coletora.	• Realizar inspeção e manutenção preventiva das estruturas. • Analisar a demanda de população flutuante e instalação de empreendimentos. • Promover campanhas educativas junto aos munícipes.
Retorno de esgoto nas residências	Obstrução das tubulações do sistema de esgotamento sanitário.	• Realizar manutenção corretiva das tubulações.	• Realizar inspeção e manutenção preventiva das tubulações. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para evitar o descarte de resíduos que possam causar a obstrução da tubulação.
	Lançamento indevido de águas pluviais na rede coletora do sistema de esgotamento sanitário.	• Disponibilizar equipe técnica para identificar pontos de lançamento indevido de águas pluviais na rede coletora. • Realizar manutenção corretiva.	• Realizar fiscalização para identificar os pontos de lançamento indevidos. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para eliminar os lançamentos indevidos.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Vazamentos e contaminação do solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto por ineficiência de fossas.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre vazamento e contaminação dos recursos naturais. • Isolar a área e conter o resíduo para minimizar a contaminação. • Limpar local com caminhão limpa fossa, destinando o resíduo para estação de tratamento de esgoto. • Realizar a substituição de forras rudimentares pelas fossas sépticas.	• Construir fossas sépticas. • Realizar manutenção das fossas sépticas. • Monitorar eficiência de operação das fossas sépticas. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes sobre destinação ambientalmente adequada de efluentes.
	Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	• Comunicar aos órgãos municipais e de controle ambiental, instituições e a população sobre vazamento e contaminação dos recursos naturais. • Isolar a área e conter o resíduo para minimizar a contaminação. • Realizar a substituição de forras rudimentares pelas fossas sépticas. • Corrigir os problemas de ineficiência das fossas.	• Construir fossas sépticas. • Realizar manutenção das fossas sépticas. • Monitorar eficiência de operação das fossas sépticas. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes sobre destinação ambientalmente adequada de efluentes.
Contaminação do curso d'água ou lençol freático	Lançamento direto de esgoto nos cursos d'água ou solo.	• Instalar solução coletiva ou individual de esgotamento sanitário ambientalmente adequada.	• Realizar campanhas educativas junto aos munícipes sobre destinação ambientalmente adequada de efluentes.

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

6.5. Ações de emergência e contingência para os serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos

Dentre as adversidades relacionadas aos serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos que demandam ações emergenciais, pode-se citar: paralização dos serviços; descarte de resíduos em locais inapropriados; contaminação do solo e lençol freático; e proliferação de vetores de doenças e animais peçonhentos. Essas adversidades podem ser geradas por greve de funcionários, problemas operacionais administrativos, frequência insuficiente de coleta ou ausência de atendimento pelos serviços de coleta, destinação final de resíduos inadequada etc.

Para prevenir a ocorrência dessas adversidades pode-se empregar ações que envolvem a divulgação de informações sobre pontos, frequência e horários de coleta de resíduos; projetar e construir aterro sanitário para destinação dos resíduos; promover campanhas educativas junto aos munícipes; dentre outras ações.

Como relatado na seção 7 do Diagnóstico Técnico-Participativo do PMSB (Produto C), os serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos de Caxambu são realizados na área urbana e em parte da área rural pela Prefeitura Municipal. Nos bairros rurais que não são atendidos pela coleta, o manejo e disposição final dos resíduos é realizado pelos próprios moradores.

Conforme as situações emergenciais e contingenciais que os serviços de limpeza e manejo de resíduos sólidos do município de Caxambu estão potencialmente sujeitos atualmente e futuramente – com a efetivação das metas do PMSB, a Tabela 80 apresenta as ações corretivas e preventivas para minimizar e/ou mitigar os impactos das situações adversas que podem afetar a qualidade dos serviços prestados à população.

Tabela 80 – Ações de emergência e contingência para os serviços de manejo de resíduos sólidos do município de Caxambu

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Paralisação dos serviços de coleta de resíduos domiciliares e de coleta seletiva	Greve dos funcionários da prefeitura/ desarticulação das associações de catadores/ou algum outro fato administrativo (rescisão ou rompimento de contrato, processo licitatório etc.).	• Trabalhar com quadro de funcionários reduzido e menor frequência de prestação dos serviços. • Comunicar a população sobre a paralisação dos serviços, mobilizando-os para manter o município limpo. • Contratar empresa terceirizada para realizar os serviços de coleta de resíduos domiciliares. • Comercializar os resíduos recicláveis no sistema de caminhão fechado.	• Acompanhar as reivindicações dos funcionários para evitar a ocorrência de greves. • Monitorar questões administrativas relacionadas aos trâmites legais e contratuais dos serviços. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover a redução de resíduos domiciliares gerados e estimular a prática de compostagem. • Estabelecer parcerias com a associação de catadores.
Paralisação dos serviços de coleta de resíduos volumosos e de construção civil	Greve dos funcionários da prefeitura/ou algum outro fato administrativo (rescisão ou rompimento de contrato, processo licitatório etc.).	• Trabalhar com quadro de funcionários reduzido e menor frequência de prestação dos serviços. • Comunicar a população sobre a paralisação dos serviços, mobilizando-os para manter o município limpo. • Contratar empresa terceirizada para realizar os serviços de coleta de resíduos volumosos e de construção civil.	• Acompanhar as reivindicações dos funcionários para evitar a ocorrência de greves. • Monitorar questões administrativas relacionadas aos trâmites legais e contratuais dos serviços. • Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover a redução de resíduos gerados.
Paralisação dos serviços de coleta e destinação dos resíduos de saúde	Problemas operacionais da empresa responsável pela coleta e destinação dos resíduos de saúde/ou algum outro fato administrativo (rescisão ou rompimento de contrato, processo licitatório etc.).	• Acionar caminhões de limpeza da prefeitura para coletar os resíduos de saúde. • Encaminhar os resíduos de saúde para destinação final ambientalmente adequada. • Contratar outra empresa para realizar os serviços de coleta e destinação dos resíduos de saúde.	• Acompanhar o andamento do contrato administrativo com a empresa terceirizada. • Monitorar questões administrativas relacionadas aos trâmites legais e contratuais dos serviços.
Paralisação dos serviços de poda, varrição e capina	Greve dos funcionários da prefeitura ou da empresa contratada para execução dos serviços.	• Trabalhar com quadro de funcionários reduzido e menor frequência de prestação dos serviços. • Comunicar a população sobre a paralisação dos serviços, mobilizando-os para manter o município limpo.	• Acompanhar as reivindicações dos funcionários para evitar a ocorrência de greves.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
		Contratar empresa terceirizada para realizar serviços de poda, varrição e capina.	
Demanda imediata de podas e remoção de árvores	Tombamento de árvores devido a acidentes de trânsito, patologias ou vendavais.	- Acionar a Cemig, caso tenha afetado a rede de distribuição de energia elétrica do município. - Comunicar a Comdec e o Corpo de Bombeiros. - Isolar a área para realização da poda ou remoção de árvores.	Realizar inspeção periódica para verificar as condições das espécies arbóreas do município.
Acúmulo de resíduos recicláveis coletados na unidade de triagem	Danos nos equipamentos utilizados.	Realizar reparo ou reposição emergencial dos equipamentos danificados.	Realizar manutenção preventiva dos equipamentos utilizados.
	Disponibilidade de mão de obra incompatível com a demanda.	- Acionar a prefeitura para aumentar quadro de funcionários concursados ou terceirizados. - Contratar empresa terceirizada para realizar os serviços de coleta de resíduos volumosos e de construção civil.	- Verificar a demanda de manejo de resíduos recicláveis por meio de atualização do estudo gravimétrico dos resíduos gerados no município. - Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover a redução de resíduos gerados.
Descarte de resíduos em locais inapropriados	Frequência insuficiente de coleta ou ausência de atendimento pelos serviços de coleta.	- Identificar áreas com deficiência de atendimento do serviço de coleta. - Adequar a frequência de coleta e atendimento de acordo com as demandas identificadas. - Realizar limpeza do local afetado pelo descarte inapropriado de resíduos.	- Realizar estudo local para definição dos pontos e frequência de coleta de resíduos. - Acompanhar e avaliar periodicamente a necessidade de implantação de novos pontos de coleta. - Promover a divulgação de informações sobre pontos, frequência e horários de coleta de resíduos no município. - Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover o descarte ambientalmente adequado de resíduos.
	Quantidade insuficiente de pontos de coleta.	- Identificar áreas com deficiência de atendimento do serviço de coleta e implementar novos pontos de coleta. - Realizar limpeza do local afetado pelo descarte inapropriado de resíduos.	- Realizar estudo para avaliar locais com demanda de coleta de resíduos e implementá-los. - Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover o descarte ambientalmente adequado de resíduos.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Descarte de resíduos em locais inapropriados	Deficiência de divulgação de informações sobre o funcionamento dos serviços de coleta de resíduos sólidos.	- Realizar limpeza do local afetado pelo descarte inapropriado de resíduos. - Divulgar informações sobre pontos, frequência e horários de coleta de resíduos sólidos para a população, através de meios de comunicação local, panfletagem, associações de bairro e instituições do município.	- Promover a divulgação de informações sobre pontos, frequência e horários de coleta de resíduos no município, através de meios de comunicação local, cartazes e faixas, associações de bairro e instituições do município. - Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover o descarte ambientalmente adequado de resíduos.
Contaminação do solo e do lençol freático	Destinação final inadequada dos resíduos (vazadouro a céu aberto/lixão).	- Conter a ocorrência de contaminação do solo e do lençol freático. - Encaminhar os resíduos para disposição final ambientalmente adequada. - Realizar recuperação da área degradada.	- Planejar destinação e disposição final ambientalmente adequadas para os resíduos gerados no município. - Consolidar parcerias de consorciamento, junto aos municípios vizinhos, para destinação final dos resíduos.
Proliferação de vetores de doenças e animais peçonhentos	Descarte de resíduos em locais inapropriados.	- Identificar áreas com deficiência de atendimento do serviço de coleta. - Adequar a frequência de coleta e atendimento de acordo com as demandas do município. - Realizar limpeza do local afetado pelo descarte inapropriado de resíduos. - Realizar dedetização dos locais com presença de vetores de doenças e animais peçonhentos.	- Realizar estudo local para definição dos pontos e frequência de coleta de resíduos. - Acompanhar e avaliar periodicamente a necessidade de implantação de novos pontos de coleta. - Promover a divulgação de informações sobre pontos, frequência e horários de coleta de resíduos no município. - Realizar campanhas educativas junto aos munícipes para promover o descarte ambientalmente adequado de resíduos.
Paralisação dos serviços de aterro sanitário	Greve ou problemas operacionais do responsável pelo manejo do aterro	- Encaminhar os resíduos para um aterro alternativo (particular ou de município vizinho). - Acionar caminhões de limpeza da prefeitura para transportar tais resíduos para o aterro alternativo.	- Acompanhar as reivindicações dos funcionários para evitar a ocorrência de greves. - Monitorar questões administrativas relacionadas aos trâmites legais e contratuais da operacionalização. - Acompanhar mensalmente as condicionantes do licenciamento ambiental do aterro e verificar o funcionamento das atividades.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Paralisação dos serviços de aterro sanitário	Explosão, incêndio, vazamentos tóxicos no aterro.	• Comunicar aos órgãos municipais, Comdec e Corpo de Bombeiros. • Evacuar e isolar a área do aterro. • Realizar limpeza e reparos da área e estruturas danificadas.	• Elaborar plano de ação detalhado para situações de emergência. • Solicitar inspeção trimestral pelo órgão ambiental estadual para verificar situação do aterro.
	Desmoronamento de taludes/bermas e afins.	• Comunicar aos órgãos municipais, Comdec e Corpo de Bombeiros. • Evacuar e isolar as áreas afetadas. • Realizar reparos na estrutura danificada.	• Elaborar plano de ação detalhado para situações de emergência. • Solicitar inspeção trimestral pelo órgão ambiental estadual para verificar situação do aterro.
Vazamento de chorume	Excesso de chuvas ou problemas operacionais.	• Comunicar aos órgãos municipais. • Conter o chorume de forma a evitar uma maior contaminação do solo. • Remover o chorume por meio de caminhão limpa fossa e encaminhar para uma estação de tratamento de esgoto.	• Solicitar inspeção trimestral pelo órgão ambiental estadual para verificar situação do aterro.

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 2020

6.6. Ações de emergência e contingência para os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais

Dentre as adversidades relacionadas aos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais que demandam ações emergenciais, pode-se citar alagamentos, inundações, processos erosivos e maus odores. Tais adversidades podem ser causadas por diferentes motivos, como sistema de drenagem com capacidade de escoamento inferior a demanda; assoreamento do curso d'água; obstrução das bocas de lobo e ramais de ligação; elevada intensidade de precipitação em curto intervalo temporal; lançamento clandestino de esgoto na rede pluvial etc.

Para prevenir a ocorrência dessas adversidades, podem ser empregadas ações de caráter preventivo que envolvem o planejamento do uso do solo; dimensionamento e revisão do projeto de drenagem; retenção, coleta e direcionamento das águas pluviais; fiscalização para evitar ligações clandestinas de esgoto; limpeza e manutenção dos dispositivos do sistema de drenagem; campanhas educativas junto a população; dentre outras.

Como relatado no Diagnóstico Técnico-Participativo do PMSB (Produto C) para os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais de Caxambu, não há cadastro técnico da microdrenagem, portanto, não existe um levantamento de quais ruas e localidades são atendidas.

A prefeitura não possui planejamento específico para as ações relacionadas ao manejo de águas pluviais, sendo informado que, a manutenção preventiva e limpeza dos dispositivos de drenagem natural e artificial, são executadas conforme a demanda.

Conforme as situações emergenciais e contingenciais que os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais do município de Caxambu estão potencialmente sujeitos atualmente e futuramente – com a efetivação das metas do PMSB, a Tabela 81 apresenta as ações corretivas e preventivas para minimizar e/ou mitigar os impactos das situações adversas que podem afetar a qualidade dos serviços prestados à população.

Tabela 81 – Ações de emergência e contingência para os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais do município de Caxambu

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
Alagamentos	Sistema de drenagem inexistente ou com capacidade de escoamento inferior à demandada.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Elaborar e implantar projetos de drenagem na área urbana e rural do município. • Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento. • Realizar limpeza das estruturas de drenagem.	• Compatibilizar as áreas de ocupação humana no município com o sistema de drenagem nas áreas urbana e rural de Caxambu. • Revisar/elaborar o projeto de drenagem. • Inspecionar as estruturas de drenagem para averiguar suas condições de conservação. • Realizar limpeza e manutenção das estruturas de micro e macrodrenagem.
	Precipitação com intensidade acima da capacidade de escoamento do sistema de drenagem.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento.	• Compatibilizar as áreas de ocupação humana no município com o sistema de drenagem nas áreas urbana e rural de Caxambu. • Inspecionar as estruturas de micro e macrodrenagem para averiguar suas condições de conservação. • Realizar limpeza e manutenção das estruturas de micro e macrodrenagem. • Construir bacias de retenção. • Fiscalizar construções irregulares.
	Deficiência ou inexistência de emissário e/ou dissipadores.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Reformar ou construir emissários e dissipadores no sistema de drenagem. • Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento.	• Revisar o projeto de drenagem. • Inspecionar as estruturas para averiguar suas condições de conservação. • Realizar limpeza e manutenção das estruturas.
	Boca de lobo e/ou ramal de ligação assoreado, entupido ou subdimensionado.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Desobstruir as bocas de lobo e ramais de ligação.	• Promover campanhas educativas junto aos munícipes. • Inspecionar as estruturas de drenagem para averiguar suas condições de conservação.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
		• Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento. • Revisar o projeto de drenagem para corrigir o subdimensionamento.	• Realizar limpeza e manutenção das estruturas de drenagem.
Alagamentos	Deficiência no funcionamento adequado das bocas de lobo.	• Comunicar aos órgãos municipais, Comdec, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Revisar o projeto estrutural das bocas de lobo. • Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento.	• Inspecionar as bocas de lobo para averiguar suas condições de conservação. • Realizar limpeza e manutenção das bocas de lobo.
	Evento de tempestade e cheia das barragens existentes no município.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Evacuar a população. • Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento.	• Monitorar eventos de tempestade e cheia das barragens. • Manter plano de ação para emergências atualizado. • Instalar extravasor de água para ser empregado em casos de emergência.
	Ruptura das barragens existentes no município.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Evacuar a população. • Reparar as estruturas afetadas pelo alagamento.	• Monitorar e realizar manutenção preventiva da estrutura das barragens. • Manter plano de ação para emergência atualizado. • Instalar sistema de alarme para situações de emergência. • Definir rotas de fuga para situações de emergência. • Realizar simulações de situações de emergência.
Inundação	Inexistência ou ineficiência de rede de drenagem.	• Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. • Elaborar e implantar projetos de drenagem na área urbana e rural do município. • Reparar as estruturas afetadas pela inundação.	• Compatibilizar as áreas de ocupação humana no município com o sistema de drenagem nas áreas urbana e rural de Caxambu. • Revisar/elaborar o projeto de drenagem. • Inspecionar as estruturas de micro e macrodrenagem para averiguar suas condições de conservação. • Realizar limpeza e manutenção das estruturas de micro e macrodrenagem.

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
	Assoreamento do curso d'água	- Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. - Realizar desassoreamento do curso d'água.	- Promover campanhas educativas junto aos munícipes. - Instalar dispositivos de drenagem na área urbana e rural do município para prevenir o assoreamento do curso d'água.
Inundação	Deficiência no dimensionamento da calha do curso hídrico.	- Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. - Identificar os locais de inundações ao longo do curso hídrico. - Atualizar o dimensionamento e realizar ações para solucionar a ocorrência.	Revisar projeto de calha do curso d'água e realizar obras de macrodrenagem para evitar a ocorrência de inundações.
Processos erosivos	Inexistência ou ineficiência de rede de drenagem na área.	- Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. - Elaborar e implantar projetos de drenagem na área urbana e rural do município. - Reparar as estruturas afetadas pelos processos erosivos.	- Compatibilizar as áreas de ocupação humana no município com o sistema de drenagem nas áreas urbana e rural de Caxambu. - Revisar/elaborar o projeto de drenagem. - Inspecionar as estruturas de drenagem para averiguar suas condições de conservação. - Realizar limpeza e manutenção das estruturas de drenagem. - Reflorestar e/ou preservar vegetação nos locais propícios a processos erosivos.
	Deficiência ou inexistência de emissário e/ou dissipadores.	- Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência. - Reformar ou construir emissários e dissipadores no sistema de drenagem. - Reparar as estruturas afetadas pelos processos erosivos.	- Revisar o projeto de drenagem. - Inspecionar as estruturas para averiguar suas condições de conservação. - Realizar limpeza e manutenção das estruturas. - Reflorestar e/ou preservar vegetação nos locais propícios a processos erosivos.
	Elevada intensidade de precipitação em curto intervalo temporal	- Comunicar aos órgãos municipais, Corpo de Bombeiros, instituições e a população sobre a ocorrência - Isolar e limpar a área	Inspecionar as estruturas de drenagem para averiguar suas condições de conservação

Ocorrência	Motivo	Ações de emergência/corretivas	Ações de contingência/preventivas
		• Reparar as estruturas afetadas	• Realizar limpeza e manutenção das estruturas de drenagem • Fiscalizar construções irregulares • Mapear a fragilidade do solo e intensificação de processos erosivos • Reflorestar e/ou preservar vegetação nos locais propícios à ocorrência de processos erosivos.
Processos erosivos	Ausência de vegetação no entorno dos cursos d'água e áreas de declive acentuado.	• Reflorestar as áreas no entorno dos cursos d'água e de declive acentuado. • Isolar e limpar a área. • Reparar as estruturas afetadas.	• Fiscalizar desmatamento de áreas de preservação permanente. • Mapear as áreas no entorno dos cursos d'água e de declive acentuado com pouca ou ausência de vegetação. • Reflorestar e/ou preservar vegetação nos locais propícios à ocorrência de processos erosivos.
Bocas de lobo exalando mau odor	Ligação clandestina de esgoto na rede pluvial.	• Comunicar ao órgão municipal para identificar as ligações clandestinas de esgoto. • Regularizar as ligações clandestinas identificadas. • Inserir no Código de Posturas municipal as penalizações aos responsáveis, para os casos nos quais existam ligações clandestinas intencionais.	• Promover campanhas educativas junto aos munícipes. • Fiscalizar as residências e os empreendimentos do município para evitar o lançamento indevido de efluentes na rede pluvial. • Penalizar os munícipes que realizaram ligações clandestinas. • Realizar limpeza e manutenção das estruturas.
Bocas de lobo exalando mau odor	Ineficiência da limpeza das bocas de lobo e outras estruturas da rede de drenagem.	• Ampliar a frequência de limpeza e manutenção das bocas de lobo e outras estruturas da rede de drenagem. • Realizar treinamento da equipe de limpeza.	• Promover campanhas educativas junto aos munícipes. • Realizar treinamento da equipe de limpeza. • Aumentar a equipe de limpeza das estruturas.

Fonte: Projeto SanBas/UFMG, 202

6.7. Ações de contingência para o saneamento básico, relacionadas à Covid-19

A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou, em 30 de janeiro de 2020, o surto da doença Covid-19, causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2), como uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional, que corresponde ao alerta de mais alto nível da organização, conforme previsto no Regulamento Sanitário Internacional. Posteriormente, em 11 de março de 2020, a OMS passou a categorizar a Covid-19 como uma pandemia (OPAS, 2020).

No Brasil, o Ministério da Saúde declarou, por meio da Portaria nº 188, de 3 de fevereiro de 2020, Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional em decorrência da infecção humana pelo novo coronavírus (MS, 2020). No estado de Minas Gerais, foi declarada Situação de Emergência em Saúde Pública, por meio do Decreto Estadual com Numeração Especial, nº 113, de 12 de março de 2020 (MINAS GERAIS, 2020a) e, posteriormente, foi reconhecido estado de calamidade pública, por meio do Decreto Estadual nº 47.891, de 20 de março de 2020 (MINAS GERAIS, 2020b), prorrogado por meio do Decreto Estadual nº 48.040, de 17 de setembro de 2020 (MINAS GERAIS, 2020c). Da mesma forma, o município de Caxambu encontra-se em Estado de Calamidade Pública, durante o período de vigência de 20 de março a 16 de setembro de 2020, por desastre de doenças infecciosas virais, segundo o relatório de reconhecimentos vigentes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec), disponível no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR, 2020).

Desde o início do surto da doença, pesquisadores de todo o mundo têm estudado o agente transmissor para melhor compreender suas características, vias de transmissão, forma de combate e protocolos que devem ser realizados para evitar a disseminação da doença entre a população. Destaca-se que uma das medidas de proteção estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde consiste na frequente lavagem das mãos com água e sabão. Concomitantemente, estudos reportaram a presença de material genético do novo coronavírus em dejetos humanos (XIAO e colaboradores, 2020; XU e colaboradores, 2020; WU e colaboradores, 2020) e em esgotos sanitários (MEDEMA e colaboradores, 2020; WURTZER e colaboradores, 2020), trazendo um alerta para eventuais riscos de transmissão da doença Covid-19 pela via feco-oral.

Dessa forma a pandemia de Covid-19 desperta a “atenção para o tema água e saneamento em aspectos relacionados à essencialidade do seu provimento, à medida preventiva de higienização das mãos e à identificação da presença do coronavírus no esgoto sanitário” (MELO e colaboradores, 2020). Ressalta-se que, de acordo com a OMS e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), existem poucas evidências disponíveis sobre a transmissão do vírus SARS-CoV-2 pela via feco-oral, sendo que o risco de transmissão a partir das fezes de uma pessoa infectada e a via fecal-oral parece ser baixo (OMS; UNICEF, 2020). Todavia, a ocorrência do SARS-CoV-2 no esgoto sanitário tem chamado atenção da comunidade científica, dos agentes tomadores de decisão e da sociedade, sendo que essa possibilidade ocasiona sérias implicações, especialmente nas áreas com baixa cobertura de saneamento (MELO e colaboradores, 2020).

Em nota técnica do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (INCT ETEs Sustentáveis), Chernicharo e colaboradores (2020) afirmam que a possibilidade da transmissão via feco-oral do novo coronavírus apresenta implicações aos profissionais que atuam diretamente envolvidos na operação e manutenção das redes coletoras de esgotos e ETEs. Dessa forma, esses profissionais devem ter cuidados intensivos, incluindo o uso contínuo de Equipamentos de Proteção Individual - EPI, com o intuito de evitar a ingestão acidental de esgoto e, subsequentemente, a contaminação.

Outra implicação apresentada por Chernicharo e colaboradores (2020), consiste na possibilidade de lançamento de uma grande carga viral nos cursos d'água, haja vista que, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, referente ao ano de 2018, apenas 46% do esgoto gerado no Brasil passa por tratamento antes do lançamento no ambiente. Assim, a disseminação do vírus SARS-CoV-2 no ambiente pode proporcionar a infecção da parcela mais vulnerável da população, que não tem acesso adequado às infraestruturas de saneamento básico.

Considerando o cenário de pandemia de Covid-19 enfrentado mundialmente, a essencialidade do acesso aos serviços de saneamento básico para o evitar a disseminação do novo coronavírus e a presença do SARS-CoV-2 detectada em amostras de esgotos, na Tabela 82 são apresentadas ações de contingência para o saneamento básico, relacionadas à pandemia de Covid-19. Essa tabela foi elaborada considerando o documento publicado pela OMS e Unicef com diretrizes sobre água, saneamento, higiene e gestão de resíduos para prevenir o contágio ao vírus SARS-

CoV-2⁴⁶; o “Plano de contingência operacional para o enfrentamento ao Covid-19 dos sistemas de abastecimento de água” elaborado pela Companhia Estadual de Água e Esgotos (CEDAE, 2020); e a cartilha “Recomendações para prevenção do contágio da Covid-19 (novo coronavírus - SARS-CoV-2) pela água e por esgoto doméstico”⁴⁷, elaborada por integrantes da Sala Técnica de Saneamento, composta por 250 profissionais da área de saneamento, que atuam, principalmente, como pesquisadores, gestores e/ou técnicos de instituições de ensino superior, instituições governamentais e empresas de tratamento de água e esgoto doméstico do Brasil.

Tabela 82 – Ações de contingência para os serviços de saneamento básico, relacionadas à pandemia de Covid-19

Objetivo das ações de contingência	Ações de contingência
Evitar a transmissão de Covid-19 entre o quadro de funcionários que atuam nos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais, e limpeza e manejo de resíduos sólidos.	• Treinar o quadro de funcionários acerca de práticas que devem ser adotadas no ambiente de trabalho, como: manter distanciamento físico de pelo menos 1 m entre a equipe de trabalho; higienizar as mãos com água e sabão; higienizar as mãos com álcool em gel 70%; não tocar olhos, nariz e boca; cobrir a boca e o nariz com a parte interna do cotovelo ou lenço quando tossir ou espirrar; usar máscaras e equipamentos de proteção individual; não compartilhar objetos de uso pessoal; dentre outras práticas recomendadas pelas instituições nacionais e internacionais de saúde. • Instruir os funcionários a realizar automonitoramento para quaisquer sintomas associados Covid-19 (exemplo: febre, tosse seca e fadiga) e não comparecer ao local de trabalho em caso de suspeita da doença. • Trabalhar com quadro de funcionários reduzido e adotar regime de trabalho <i>home office</i>, quando for possível, principalmente no caso dos funcionários que se enquadrarem nos grupos de risco. • Adiar reuniões, viagens e treinamentos que não possuam caráter emergencial. • Intensificar limpeza e higienização do ambiente e equipamentos de trabalho, empregando soluções desinfetantes.
Prevenir, eliminar e minimizar riscos de desabastecimento de água, garantindo que a população possa realizar ações de higiene para evitar o contágio da doença.	• Disponibilizar abastecimento de água por meio de caminhões-pipa em áreas sem acesso à água, garantindo uma provisão mínima de 40 L/hab.dia, contendo cloro residual livre⁴⁸ no interior dos caminhões, no momento do início de sua distribuição para a população. • Monitorar quantitativamente os mananciais de captação de água e o regime de chuvas, para ser possível agir de forma antecipada, caso necessitar elaborar um Plano de Racionamento. • Realizar manutenção preventiva das estruturas e equipamentos dos sistemas de abastecimento de água existentes no município (SAA Caxambu-Baependi) para garantir que funcionem sem interrupções.

⁴⁶ O documento pode ser acessado por meio do link: <https://www.who.int/publications/i/item/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-the-covid-19-virus-interim-guidance>

⁴⁷ A cartilha pode ser acessada por meio do link: http://tratabrasil.org.br/covid-19/assets/pdf/cartilha_covid-19.pdf

⁴⁸ Na cartilha elaborada pela Sala Técnica de Saneamento define-se uma concentração de cloro residual livre de 1,5 mg/L. Já o documento elaborado pela OMS e Unicef, indica uma concentração $\geq 0,5$ mg/L após pelo menos 30 minutos de tempo de contato em pH $< 8,0$ (OMS; UNICEF, 2020).

Objetivo das ações de contingência	Ações de contingência
	• Não cortar os serviços de abastecimento de água quando houver incapacidade de o consumidor pagar, durante o período de Estado de Calamidade Pública no município. • Realizar campanhas educativas para redução do desperdício de água.
Prevenir a contaminação da população pelo vírus SARS-CoV-2 durante o consumo de água.	• Distribuir hipoclorito de sódio para população realizar desinfecção da água para consumo humano, nas localidades do município não atendidas pelos sistemas de abastecimento de água. • Nos locais onde não há tratamento de água e distribuição segura, orientar a população a adicionar hipoclorito de sódio (2,5%), deixando água em repouso por 30 (trinta) minutos, após a adição do hipoclorito, ou realizar desinfecção com luz ultravioleta (UV) ou por processo de fervura. • Instalar cloradores simplificados por difusão em comunidades atendidas por soluções alternativas coletivas de abastecimento de água. • Realizar campanhas educativas para conscientizar os munícipes sobre a necessidade de empregar hipoclorito de sódio para desinfecção da água para consumo humano ou realizar desinfecção com luz UV ou realizar processo de fervura. • Realizar etapa de desinfecção da água nos sistemas de abastecimento de água existentes no município (SAA Caxambu-Baependi), aplicando dosagem desinfetante que garanta concentração de cloro residual livre na etapa de distribuição da água. • Monitoramento da quantidade de estoque, validade e correto armazenamento dos produtos químicos empregados no processo de tratamento da água (especialmente aqueles empregados na etapa de desinfecção) dos sistemas de abastecimento de água existentes no município (SAA Caxambu-Baependi). • Orientar a população a filtrar a água no domicílio, por meio de filtros como o de barro e o de carvão ativado. • Para o caso de consumo de água engarrafada em bombonas (garrações), orientar a população a: recusar embalagens cuja vedação estiver violada ou fora do prazo de validade; higienizar as mãos com água e sabão ou álcool em gel antes de manipular as bombonas; higienizar a parte externa das bombonas com bucha, água e sabão, principalmente próximo ao local de saída da água. • Orientar a população a higienizar bebedouros ou dispositivos similares, frequentemente, conforme orientações do fabricante.
Prevenir a contaminação da população pela disseminação do vírus SARS-CoV-2 pelos esgotos sanitários.	• Realizar manutenção preventiva das estruturas e equipamentos dos sistemas de esgotamento sanitário existentes no município (SES Caxambu) para garantir que funcionem sem interrupções, bem como evitar extravasamentos. • No caso dos banheiros das unidades de saúde, que não estejam ligados à rede coletora de esgotos, instalar sistemas higiênicos de contenção e tratamento no local, como as fossas sépticas. • Instalar soluções individuais ou coletivas de esgotamento sanitário nos domicílios, especialmente naqueles onde pelo menos um dos moradores for considerado caso suspeito ou confirmado de Covid-19.

Objetivo das ações de contingência	Ações de contingência
Prevenir a contaminação da população pela disseminação do vírus SARS-CoV-2 pelos resíduos sólidos.	• O lodo gerado em sistemas higiênicos de contenção e tratamento no local, como as fossas sépticas, deve ser contido com segurança e destinado para tratamento adequado quando a capacidade de armazenamento for atingida. • No caso dos resíduos sólidos da saúde, principalmente os gerados nas unidades de saúde com pacientes com suspeita ou com caso confirmado de Covid-19, realizar destinação final ambientalmente adequada. • No caso dos resíduos sólidos domésticos, gerados em domicílios onde pelo menos um dos moradores for considerado caso suspeito ou confirmado de Covid-19, orientar os moradores a embalar os resíduos sólidos em sacos fortes e completamente fechados antes da disposição para coleta pelo serviço de manejo de resíduos sólidos. Caso o domicílio não seja atendido pelo serviço de manejo de resíduos sólidos, como medida provisória, orientar os moradores a realizar enterramento ou queima controlada.
Prevenir a contaminação da população pela disseminação do vírus SARS-CoV-2 pelos recursos hídricos.	• Mapear e sinalizar corpos d'água, nos pontos receptores de esgotos brutos e tratados (sem etapa de desinfecção), como locais impróprios para contato primário para recreação.
Prevenir a contaminação da população pelo vírus SARS-CoV-2, realizando procedimento de desinfecção de áreas externas com grande fluxo de pessoas.	• Desinfetar áreas com aglomeração de pessoas (ruas, calçadas, praças, terminal rodoviário, etc.), por meio da lavagem dos locais com solução desinfetante (exemplo: hipoclorito de sódio). Realizar o procedimento preferencialmente no período noturno.

Fonte: Projeto SanBas/UFGM, 2020

REFERÊNCIAS

- ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - Seção Ceará. Resíduos Sólidos Urbanos: Coleta e Destino final. Ceará, 2006.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.211: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.221:2017 - Transporte terrestre de resíduos. Rio de Janeiro, 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.112:2004 - Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2013.
- ABRAHÃO, V.; BERGO, A. B.; GOMES, M.; RODRIGUES, V. Fique por dentro de como fazer um sistema de captação de água da chuva. 2019. Disponível em: <<https://esf.org.br/blog/captacao-de-agua-de-chuva/>>. Acesso em: 10 set. 2020.
- AGUIAR, J. A. A. A participação Social no processo de planejamento urbano: um estudo sobre um plano diretor. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - UFPB. João Pessoa, 2012.
- ALBUQUERQUE, C. Manual Prático para a Realização dos Direitos Humanos à Água e ao Saneamento pela Relatora Especial da ONU, Catarina de Albuquerque. Portugal, 2014. Disponível em: <https://www.ohchr.org/Documents/Issues/Water/Handbook/Book5_Monitoring_pt.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2020.
- ALVES, A. C. Saneamento Básico: Concessões, Permissões e Convênios Públicos. Editora: Edipro, 1998.
- AMUI, C. R; MORUZZI, R. M. C. M. Desenvolvimento e avaliação de protótipos de filtro lento para tratamento de água em domicílios rurais. 97 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Atlas Esgoto: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA, 2017. 88 p.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Outorgas emitidas. 2020a. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/regulacao/principais-servicos/outorgas-emitidas>>. Acesso em: 02 mai. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Saiba quem regula - Rios. 2020b. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/regulacao/saiba-quem-regula/rios/rios>>. Acesso em: 02 mai. 2020.
- ARSAE-MG. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Cartilha sobre racionamento. 2017. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/images/Arq_Cartilhas/Cartilha%20sobre%20Racionamento%202018.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

ARSAE-MG. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Resolução Arsae-MG, nº 40 de 3 de outubro de 2013. Estabelece as condições gerais para prestação e utilização dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário regulados pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - Arsae-MG. 2013. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/resolucao_040_2013_condicoes_gerais_pre_st_serv_agua_esgoto_atualizada.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

ARSAE-MG. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Resolução Arsae-MG, nº 68 de 28 de maio de 2015. Estabelece as diretrizes gerais para a adoção de medidas de racionamento do abastecimento público de água potável e o conteúdo mínimo do Plano de Racionamento, a serem observados pelos prestadores de serviços regulados pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - Arsae-MG. 2015. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/images/documentos/legislacao/2017/RESOLUO_68_2015_RA_CIONAMENTO_ATUALIZADA_SITE.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2020.

ARSAE-MG. Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Resolução nº 127, de 25 de junho de 2019. Autoriza a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - Copasa a aplicar aos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados as tarifas constantes do anexo desta resolução e dá outras providências. Belo Horizonte, 2019.

ARSAE-MG. Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Resolução nº 136, de 06 de fevereiro de 2020. Autoriza o reajuste das tarifas dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados pela Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A - Copanor e dá outras providências. Belo Horizonte, 2020a.

ARSAE-MG. Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. Tabelas Tarifárias. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/component/gmg/page/229>>. Acesso em: 18 ago. 2020. 2020b.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e cidades: Uma longa e sinuosa história. Rev. UFMG. v. 20, n. 2, p. 124-153. Belo Horizonte, 2013.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, B. S.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. 2. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. 318 p.

BARBOSA, C. L. Potencialidades dos parques lineares na recuperação de áreas de fundo de vale. Maringá, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá, 2010.

BARROS, F.P. Readequação do uso de áreas de fundo de vale desocupados por intervenções em assentamentos informais: Estudo de caso da Operação Cajurú. 2004. 146f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BARTRAM, J.; CORRALES, L.; DAVISON, A.; DEERE, D.; DRURY, D.; GORDON, B.; HOWARD, G.; RINEHOLD, A.; STEVENS, M. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. Geneva: World Health Organization, 2009.

Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241562638_eng.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

BASTOS, R. K. X. Roteiro de orientação para implantação de Planos de Segurança da Água - PSA. Ministério da Saúde, 2010. 87 p.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 11.107 - 06/04/2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm>. Acesso em: 01/07/2019.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 11.445 - 05/01/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 03/06/2019.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 de outubro de 1988.

BRASIL. Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, 2010b.

BRASIL. Decreto nº 10.203, de 22 de janeiro de 2020. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2020.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, 2010a.

BRASIL. Decreto nº 8.211, de 21 de março 2014. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2014.

BRASIL. Decreto nº 8.629, de 30 de dezembro de 2015. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2015.

BRASIL. Decreto nº 9.254, de 29 de dezembro de 2017. Altera o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, 2017.

BRASIL. Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - Sinpdec e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - Conpdec; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis n.ºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n.ºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis n.ºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

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. Brasília, 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010a.

BRASIL. Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, 2010b.

BRASIL. Manual de Orientações Técnicas para Elaboração e Apresentação de Propostas e Projetos para Sistemas de Esgotamento Sanitário - FUNASA (Portaria Funasa nº526, de 6 de abril de 2017).

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de operação e manutenção de sistemas de tratamento de água por filtração em margem. Florianópolis - Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. - 4. ed. - Brasília: Funasa, 2015. 642 p. il.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. - 5.ed. Brasília: Funasa, 2019. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude-publica/-/asset_publisher/ZM23z1KP6s6q/content/manual-de-saneamento?inheritRedirect=false>. Acesso em: 28 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Saneamento domiciliar - Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares/ Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. - Brasília: Funasa, 24 p., 2014.

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

BRASIL. Ministério das Cidades. Diagnósticos do SNIS. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=120>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

BROWN, C.; NEVES-SILVA, P.; HELLER, L. The human right to water and sanitation: a new perspective for public policies. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21 (3):661-670, 2016.

CARDOSO, A. S. Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas. 2008. 183f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CARDOSO, A. S. Proposta de metodologia para orientação de processos decisórios relativos a intervenções em cursos de água em áreas urbanas. 2012. 331f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

CASTRO, L. M. A. Proposição de indicadores para avaliação de sistemas de drenagem urbana. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 118p.

CEDAE. Companhia Estadual de Água e Esgotos. Plano de contingência operacional para o enfrentamento ao Covid-19 dos sistemas de abastecimento de água. Rio de Janeiro: Cedae, 2020.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Guia da coleta seletiva de lixo, 2013. Disponível em: <http://cempre.org.br/busca/guia%20da%20coleta%20seletiva>. Acesso em: 31 ago. 2020.

CHAHAR, B. R.; GRAILLOT, D.; GAUR, S. Storm-Water Management Through Infiltration Trenches. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v. 138, n. 3, p. 274-281, 2012.

CHERNICHARO, C.; MOTA, MOTA, C.; ARAÚJO, J. Nota Técnica: Covid-19 e o saneamento no Brasil. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto - INCT ETEs Sustentáveis, 2020. Disponível em: <https://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2020/03/COVID-19-e-o-Saneamento-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

CICONELLO, A. A Participação Social como processo de consolidação da democracia no Brasil. Disponível em: <http://cebes.org.br/site/wp-content/uploads/2014/03/A-Participacao-Social-como-processo-de-consolidacao-da-democracia-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 18 março 2019.

CODANORTE. Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Ambiental Sustentável do Norte de Minas. Disponível em: <http://codanorte.mg.gov.br/municipios/>.

COELHO, M. M. L. P.; LIBÂNIO, M. Reservação. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010b. 2v, cap. 6. p. 299-324.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Publicado no DOU em 01 de outubro de 2009.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-Conama. Brasília, 2011.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Publicado no DOU em 04 de outubro de 2017.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 232, de 27 de fevereiro de 2019. Institui o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos

e estabelece procedimentos para o controle de movimentação e destinação de resíduos sólidos e rejeitos no estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte, 2019.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental; CERH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/ CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2008.

COUTO, J. L. V. Projeto de irrigação com sulcos de infiltração. Rede Agronomia. 2017. Disponível em: <<https://agronomos.ning.com/profiles/blogs/projeto-de-irriga-o-com-sulcos-de-infiltra-o>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. SIAGAS - Pesquisa Geral. 2020. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php>. Acesso em: 24 abr. 2020.

DECS. Descritores em Ciências da Saúde. População Flutuante. Disponível em: <http://decs.bvs.br/cgi-bin/wxis1660.exe/decserver/?IsisScript=../cgi-bin/decserver/decserver.xis&task=exact_term&previous_page=homepage&interface_language=p&search_language=p&search_exp=Popula%E7%E3o%20Flutuante#:~:text=%C3%89%20o%20conjunto%20de%20indiv%C3%ADduos,a%20familiares%20ou%20de%20neg%C3%B3cios.>. Acesso em: 19 ago. 2020.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C.C.S.; HELLER, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. (Ed.) Rio de Janeiro: PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 114p. 1999.

ESPANHA. Ministério do Meio Ambiente. Restauración de rios: guía metodológica para elaboracyón de proyectos. 2007. 318p.

EUROPEAN UNION. Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based solutions and re-naturing cities. Luxembourg, 2015.

EVANGELISTA, J. A. Sistemática para avaliação técnica e econômica de alternativas de intervenções em cursos de água urbanos. 2011. 197f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

FCTH. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Diretrizes básicas para projetos de drenagem urbana no município de São Paulo. 1999. 298 p. Disponível em: <http://www.fau.usp.br/docentes/deptecnologia/r_toledo/3textos/07drenag/dren-sp.pdf>.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Consorciamento e cadastro de municípios no ICMS ecológico - resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte. 2019. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS_SEM_LIXOES/Bolsa_reciclagem/maio/FOLDER_CONSORCIO_ICMS_ISA.pdf>. Acesso em 28 jul 2020.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Operações de usinas de triagem e compostagem: cartilha de orientações. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Instituto de Gestão de Políticas Sociais. Belo Horizonte: Feam, 2019. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/2019/MINAS_SEM_LIXOES/Bolsa_reciclagem/maio/Cartilha_Opera%C3%A7%C3%A3o_de_Usinas_de_Triagem_e_Compostagem.UTC.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Orientações básicas para drenagem urbana / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 32p.; il. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano de Gerenciamento Integrado de Coleta Seletiva - PGICS. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2009. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/coletaseletiva.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano preliminar de regionalização da gestão integrada dos resíduos sólidos para bacia do São Francisco. Belo Horizonte. 2009. Disponível em <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/minassemlixoes/regionalizacao/relatorio%20bsf%20final.pdf>>. Acesso em 03 ago.2020.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Plano preliminar de regionalização da gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2009. Disponível em <https://www.4shared.com/dir/Y7kqHnqx/Plano_Preliminar_de_Regionaliz.html>. Acesso em 03 ago.2020.

FERREIRA A. C. S.; PÁDUA, V. L. Qualidade da água para consumo humano. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org). Abastecimento de Água para consumo humano. 3 ed. v. 1. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

FIB. Fábrica de Ideias Brasileiras. Projeto Técnico: Parques Lineares como medidas de manejo de águas pluviais. ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland Programa Soluções para Cidades. Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Parques%20Lineares_Web.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2020.

FORMOSO, S.C. Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de combate a escassez hídrica no semiárido Sergipano. Dissertação (Mestrado Desenvolvimento e Meio Ambiente). 2010. 137 f.

FUNASA. Fundação Nacional da Saúde. Manual de Orientações Técnicas para Elaboração e Apresentação de Propostas e Projetos para Sistemas de Esgotamento Sanitário - Funasa (Portaria Funasa nº 526, de 6 de abril de 2017). Brasília: Funasa, 2017.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. CataloSan - Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento: gestão de Efluentes domésticos. Ministério da Saúde: Paulo, Galbiati, Magalhães Filho - Campo Grande: UFMS, 2018. 50 p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/ Superintendência Estadual do Pará. Brasília: Funasa, 2017. 49 p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de operação e manutenção de sistemas de tratamento de água por filtração em margem. Florianópolis - Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 5. ed. Brasília: Funasa, 2019b. 545 p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. Guia para os municípios explicitando o conteúdo da Lei nº 11.107/05 e de seu Decreto de Regulamentação, e indicando estratégias e procedimentos para a construção de consórcios intermunicipais de saneamento básico. Rio de Janeiro. 2017. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/39040/Guia+Consortorios+FUNASA.pdf/2a0f069d-8260-40b3-8202-ac6ed6ee5783>>.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR. 2017. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR. Brasília: Funasa, 2019a. 260p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural - PNSR. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/programa-nacional-de-saneamento-rural-pnsr>>. Acesso em: 19 ago. 2020.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Saneamento domiciliar - Manual de instruções de uso das melhorias domiciliares. Brasília: Funasa, 2014. 24 p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Saneamento rural. (2015). Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/>>. Acesso em: 25 out. 2015.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Termo de referência para elaboração de plano municipal de saneamento básico. Brasília: Funasa, 2018.

GODET, M.; DURANCE, P. Prospectiva estratégica: problemas y métodos. 2. ed. Paris: Lipsor, 2007.

GONÇALVES, B. Alunos instalam bueiro inteligente em frente ao Câmpus Gaspar. Instituto Federal de Santa Catarina. Nov. 2019. Disponível em: <<https://www.ifsc.edu.br/noticia/1795042/alunos-instalam-bueiro-inteligente-em-frente-ao-c%C3%A2mpus-gaspar>>.

HELLER, L. Concepção de instalações para o abastecimento de água, In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010a. 2v, cap. 2. p. 65-106.

HELLER, L. Saneamento básico: o lugar da técnica e o papel da política. Série Pensar Brasil. Jornal O estado de Minas. 2010.

HELLER, L.; Bastos, R. K. X.; HELLER, P. G. B.; TEIXEIRA, J. C. A experiência brasileira na organização dos serviços de saneamento básico. In: Política pública e gestão dos serviços de saneamento. Org. Léo Heller e José Esteban Castro. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013. 567 p.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, n. 3, p. 284-295, 2007.

HELLER, L.; CASTRO, J. E. Política pública e gestão dos serviços de saneamento. Org. Léo Heller e José Esteban Castro. Belo Horizonte: Editora UFMG; Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013. 567 p.

- HELLER, L.; COUTINHO, M. L.; MINGOTI, S. A. Diferentes modelos de gestão de serviços de saneamento produzem os mesmos resultados? Um estudo comparativo em Minas Gerais com base em indicadores. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 11, n. 4, p. 325-336, 2006.
- HELLER, L; CASSEB; M. M. S. In: BARROS, R. T. V. et al. (Org.). *Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1995.
- HELLER, P. G. B.; NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L.; Mingoti, S. A. Desempenho dos diferentes modelos institucionais de prestação dos serviços públicos de abastecimento de água: uma avaliação comparativa no conjunto dos municípios brasileiros. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17, n. 3, p. 333-342, 2012a.
- HELLER, P. G. B.; NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L.; Mingoti, S. A. Modelos institucionais de prestação dos serviços de esgotamento sanitário: um estudo comparativo dos municípios brasileiros. *Revista AIDIS*, v. 5, n. 3, p. 114-122, 2012b.
- HELLER, P. G. B.; SPERLING, M. V.; HELLER, L. Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, n. 1, p. 109-118, 2009.
- HERZOG, C., ROZADO, C.A. *Diálogo setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza*. União Europeia, Bruxelas, 2019.
- HOWARD, G.; BARTRAM, J. *Domestic water quantity, service level, and health*. Geneva: World Health Organization, 2003.
- HYDROTEC MEMBRANE CORPORATION. *Garden Roof Planning Guide*. Canadá, 2007. 19 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2017. IBGE, 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em 24 ago. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Sistema de Contas Nacionais Trimestrais - SCNT. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9300-contas-nacionais-trimestrais.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=pib#evolucao-taxa>. Acesso em: 30 de out. de 2019.
- JMP. *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities*. New York: United Nations Children's Fund (Unicef) and World Health Organization (WHO), 2019.
- JMP. *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017. Special focus on inequalities*. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2019.
- KNAPIK, H. G. K. 2017. Saneamento urbano - th419 drenagem urbana. Disponível em: <docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH419/Aula_Drenagem%20Urbana.pdf>.
- KOBAYASHI, F. Y. et al. *Drenagem Urbana Sustentável*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 2. ed. Campinas: Átomo, 2008.

LIBÂNIO, M.; NETO, M.L.F.; PRINCE, A.A.; SPERLING, M.; HELLER, L. Consumo de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed., 2v. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

LITTLE, C. E. Greenways for America. The John Hopkins University Press, 2ª ed., 1995.

LUCAS, A. H. et al. Avaliação da Construção e Operação de técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 20, n. 1, p. 17-28, 2015

MACEDO, S.; QUEIROGA, E.; DEGREAS, H. APPs urbanas: uma oportunidade de incremento da qualidade ambiental e do sistema de espaços livres na cidade brasileira - conflitos e sucessos. In: II Seminário Nacional sobre Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano: abordagens, conflitos e perspectivas nas cidades brasileiras, 2012, Natal. UFRN, 2012. v. 1. p. 1-11.

MASSOUD, M. A; TARHINI, A.; NASR J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. Journal of Environmental Management, v. 90, n. 1, p. 652-659, 2009.

MATOS, A. T.; MATOS, M. P. Disposição de Águas Residuárias no Solo e em Sistemas Alagados Construídos. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. 371 p.

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional. Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Brasília, 2016. Disponível em: <<https://www.mdr.gov.br/protecao-e-defesa-civil/legislacao/315-secretaria-nacional-de-protecao-e-defesa-civil/legislacao-defesa-civil/11857-instrucoes-normativas>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional. Plansab - Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2019. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Consehos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2020.

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2iD: Relatórios. 2020. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MDR. Ministério do Desenvolvimento Regional. SNIS - Série Histórica. 2018. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

MEDEMA, G.; HEIJNEN, L.; ELSINGA, G.; ITALIAANDER, R.; BROUWER, A. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in Sewage and Correlation with Reported Covid-19 Prevalence in the Early Stage of the Epidemic in The Netherlands. Environ. Sci. Technol. Lett, v. 7, n. 7, p. 511-516, 2020. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.0c00357>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MELO, M. C.; SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. A nova centralidade da água e do saneamento pós-Covid-19. Rev. Augustus, v. 25, n. 51, p. 294-315, jul./out. 2020. Disponível em: <<https://revistas.unisiam.edu.br/index.php/revistaagustus/article/view/575/304>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MENEZES FILHO, F. C. M.; COSTA, A. R. SISTEMÁTICA DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DE GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil nº 4 v.1, p.12-22 (2012).

MENICUCCI, T. M. G.; BRASIL, F. P. D. Construção de agendas e inovações institucionais: análise comparativa da reforma sanitária e da reforma urbana. Texto para Discussão nº. 24. Escola de Governo Fundação João Pinheiro. 2006. Disponível em: <<http://seer.fclar.unesp.br/estudos/article/view/2971/2713>>. Acesso em: 29 mar. 2016.

MIGUEZ, M.G., VÉROL, A.P., REZENDE, O.M. Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade, 1a ed. Elsevier, Rio de Janeiro, 2016.

MINAS GERAIS. Decreto Estadual com Numeração Especial nº 113, de 12 de março de 2020. Declara SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA em Saúde Pública no Estado em razão de surto de doença respiratória - 1.5.1.1.0 - Coronavírus e dispõe sobre as medidas para seu enfrentamento, previstas na Lei Federal nº 13.979, de 6 de fevereiro de 2020. Belo Horizonte, 2020a.

MINAS GERAIS. Decreto Estadual nº 47.891, de 20 de março de 2020. Reconhece o estado de calamidade pública decorrente da pandemia causada pelo agente Coronavírus (Covid-19). Belo Horizonte, 2020b.

MINAS GERAIS. Lei Estadual nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte, 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, 2012. Disponível em. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2020.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Portaria Interministerial nº 274, de 30 de abril de 2019. Disciplina a recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010 e no art. 37 do Decreto nº 7.404, de 2010. Brasília, 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 280, de 29 de junho de 2020. Regulamenta os arts. 56 e 76 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e o art. 8º do Decreto nº 10.388, de 5 de junho de 2020, institui o Manifesto de Transporte de Resíduos - MTR nacional, como ferramenta de gestão e documento declaratório de implantação e operacionalização do plano de gerenciamento de resíduos, dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos e complementa a Portaria nº 412, de 25 de junho de 2019. Brasília, 2020.

MOREIRA, F. D.; LOBATO, L.; PASSOS, F. Soluções Baseadas na Aproveitamento de subprodutos em sistemas de tratamento de esgoto para pequenos municípios. Nota técnica - eixo 5. Projeto SanBas, 2020. No prelo.

MOURA, P. Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana. 2004. 146f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

MS. Ministério da Saúde. Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2019.

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

MS. Ministério da Saúde. Portaria nº 188, de 3 de fevereiro de 2020. Declara Emergência em Saúde Pública de importância Nacional (ESPIN) em decorrência da Infecção Humana pelo novo Coronavírus (2019-nCoV). Brasília, 2020.

MS. Ministério da Saúde. Portaria nº 3.174, de 2 de dezembro de 2019. Dispõe sobre o Programa Nacional de Saneamento Rural e dá outras providências. Brasília, 2019.

NEVES-SILVA, P.; HELLER, L. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 21, n. 6, p.1861-1870, 2016.

NEVES-SILVA, Priscila; HELLER, Léo. O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. *Ciênc. saúde coletiva* [online]. 2016, vol.21, n.6, pp.1861-1870.

OHCHR. Office of the High Commissioner for Human Rights. General Comment nº. 15: The Right to Water (Arts. 11 and 12 of the Covenant). Geneva: OHCHR; 2003.

OGERA, R. C.; PHILIPPI JR., A. Gestão dos serviços de água e esgoto nos municípios de Campinas, Santo André, São José dos Campos e Santos, no período de 1996 a 2000. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 72- 81, 2005.

OLIVEIRA JR., J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (org.). *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, p. 213-232.

OMS. Organização Mundial de Saúde. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization, 2017. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254637/1/9789241549950-eng.pdf?ua=1>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

OMS. Organização Mundial de Saúde. UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. Water, sanitation, hygiene, and waste management for SARS-CoV-2, the virus that causes COVID-19. 29 July 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-the-covid-19-virus-interim-guidance>>. Acesso em: 30 jul. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. Economic and Social Council. General Comment No. 15: The right to water (arts. 11 and 12 of the International Covenant on Economic, Social and Cultural Rights). Geneva: 2003. Disponível em: <https://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/CESCR_GC_15.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. General Assembly. The human right to water and sanitation: Resolution adopted by the General Assembly 64/292. New York, 2010. Disponível em: <https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ONU. The human right to water and sanitation: Resolution adopted by the General Assembly 64/292. New York, 2010.

OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. Folha informativa - Covid-19 (doença causada pelo novo coronavírus). 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. Geneva: World Health Organization, 2017. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/254637/1/9789241549950-eng.pdf?ua=1>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

P3. Ambiente. Cidade na Austrália põe redes nas saídas de canos para reter o lixo. Ago 2018. Disponível em: <https://www.publico.pt/2018/08/08/p3/noticia/uma-cidade-na-australia-quer-apanhar-o-lixo-com-redes-1840493>

PÁDUA V.L. Introdução ao tratamento da água. In: HELLER. L; PÁDUA. V. L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010a. 2v, cap. 12. p. 531-583.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Programa de saneamento ambiental da região metropolitana de Curitiba: Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba. SUDERHSA, 2002.

PEIXOTO, J. B. Verbete: Política Municipal de Saneamento Básico. Série SanBas. Dicionário de saneamento para municípios. 2019a. No prelo.

PHILIPPI, L. S. Saneamento descentralizado: instrumento para o desenvolvimento sustentável. In: IX SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

Pinhais, 2014. Nova Unidade de Transbordo de Pinhais gerará redução nos custos da coleta do lixo. Disponível em: <http://www.pinhais.pr.gov.br/News7content8656.shtml> Acesso em: 30 ago. 2020.

PINTO, L. L. C. A. O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano. 2011. 255f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PMSS. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2007. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2009.

Prefeitura de Belo Horizonte - PBH. Parque Ecológico Primeiro de Maio. Março 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica/informacoes/parques/parque-primeiro-de-maio>

PRINCE. A. A. Rede de distribuição. In: HELLER. L; PÁDUA. V. L. (Org). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010b. 2v, cap. 6. p. 299-324.

Procedimentos relativos ao convênio de cooperação técnica e financeira da Fundação Nacional ReCESA. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Resíduos Sólidos: Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. Guia do Profissional em Treinamento Nível 1. Disponível em: https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/gestaointegrada/residuossolidosurbanos-nivel1.pdf. Acesso em: 27 ago. 2020.

ReCESA. Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. Resíduos sólidos: Projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários. Guia do profissional em treinamento: Nível 2/Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2008.

REMESZ, O. Imagem do que é fossa rudimentar. [s.d.] Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-fossa-rudimentar.html>>. Acesso em: 20 ago. 2020.

RIBEIRO, N. R. de S. Condicionantes da presença de modelos de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário: avaliação comparativa em oito municípios de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). 2016. 194 f.

RODRÍGUEZ, L. B. El tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en Cuba. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, v. XXX, n. 1, 2009.

ROSSONI, H. A. V. Fatores condicionantes da presença de diferentes modelos de prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: uma análise quantitativa. 2015. 259 p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2015.

SANTOS, A. B. Prognóstico das matas ciliares nas nascentes do município de Inconfidentes - MG. 2013. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação- Tecnólogo em Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes-MG, 2013.

SANTOS, M. Desafios no Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos - Scientific Figure on ResearchGate. [s.d.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Sistema-de-tratamento-de-aguas-residuarias-por-meio-de-lagoas-de-estabilizacao_fig7_329923638>. Acesso em: 20 ago. 2020.

SÃO PAULO, 2019. Aterros sanitários e transbordos. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/aterros_e_transbordos/index.php?p=4633 Acesso em: 30 ago. 2020.

SEDEC. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Módulo de formação: Elaboração de plano de contingência: Livro base. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017a. Disponível em: <<https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/II---Plano-de-Contingencia---Livro-Base.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SEDEC. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Módulo de formação: Noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: Livro base. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017b. Disponível em: <<https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/I---Gestao-de-Risco---Livro-Base.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2020.

SILVA, M. R. V.; LIMA, A. B. P.; SANTOS, E. R.; GONZAGA, G. B. M. Jardins de chuva: técnicas compensatórias para sistemas de drenagem. Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 5, n. 1, p. 13-20, 2018.

SILVA, Rafael Lúcio. Análise do processo de expansão urbana no município de Monte Sião, MG, entre 1962 e 2012. São Paulo, 2013.

SILVA, T.; MOURA., P. Soluções Baseadas na Natureza para o Manejo das Águas Pluviais: nova terminologia para soluções conhecidas ou oportunidade para uma urbanização mais sustentável? Nota técnica - eixo 7. Projeto SanBas, 2020. No prelo.

SILVEIRA, A. L. L. Drenagem Urbana - Aspectos de Gestão: Gestores Regionais de Recursos Hídricos. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2002.

SILVEIRA, R. B.; HELLER, L.; REZENDE, S. Identificando correntes teóricas de planejamento: uma avaliação do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). Rev. Adm. Pública [online]. 2013, vol.47, n.3, pp.601-622.

SISEMA. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: IDE-Sisema, 2020. Disponível em: <idesisema.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 01 mai. 2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas - 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019. 195 p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ap/2018/Diagnostico_AP2018.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Água e Esgotos dos municípios de 2017. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

SOARES, C. Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada. (Mestre em Engenharia Ambiental). 2004. 110f.

SOUZA, A. L. de. A modicidade tarifária nas concessões de serviços públicos. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Direito). Faculdade de Direito de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

SOUZA, C. F., CRUZ, M. A. S., TUCCI, C. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. Rev. Brasileira Recur. Hídricos, 17, 9-18, 2012.

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

TCHOBANOGLIOUS, G.; CRITES, R. W. Small and decentralized wastewater management systems. McGraw-Hill, Boston. 1998.

TECNOSIL. Concreto permeável: o que é e quais seus grandes atrativos? 2020. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/concreto-permeavel-o-que-e-e-quais-seus-grandes-atrativos/>>. Acesso em: 22 ago. 2020.

TEIXEIRA, et al., 2018. Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: tratamento de água com elevada turbidez por batelada. XV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social, 12 a 14 de novembro de 2018 Alagoinhas- BA, Brasil.

TONETTI, A. L. et al. - Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. /Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. -- Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

TUCCI, C. E. M. Gestão da drenagem urbana/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs_Ipea_Cepal/tdcepal_048.pdf

VIANNA, T. C.; MESQUITA, T. C. R.; ROSA, A. P. Panorama do emprego de tanques sépticos e filtros anaeróbios no tratamento descentralizado de efluentes no Sudeste brasileiro. *Revista DAE*, v. 67, p. 157-172, 2019.

VIRGILIIS, A. L. C. Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias. 2009. 191f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG-Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.

WHO. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. 2017. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>>. Acesso em: mai. 2016.

WU, Y.; GUO, C.; TANG, L.; HONG, Z.; ZHOU, J.; DONG, X.; YIN, H.; XIAO, Q.; TANG, Y.; QU, X.; KUANG, L.; FANG, X.; MISHRA, N.; LU, J.; SHAN, H.; JIANG, G.; HUANG, X. Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *The Lancet*, v. 5, p. 434-435, mai. 2020. Disponível em: <<https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S2468-1253%2820%2930083-2>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

WURTZER, S.; MARECHAL, V.; MOUCHEL, J.; MADAY, Y. TEYSSOU, R.; RICHARD, E.; ALMAYRAC, J. L.; MOULIN, L. Evaluation of lockdown impact on SARS-CoV-2 dynamics through viral genome quantification in Paris wastewaters. *medRxiv*, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

XIAO, F.; TANG, M.; ZHENG, X.; LIU, Y.; LI, X.; SHAN, H. Evidence for Gastrointestinal Infection of SARS-CoV-2. *Gastroenterology*, v. 158, n. 6, p. 1831-1833, 2020. Disponível em: <<https://www.gastrojournal.org/action/showPdf?pii=S0016-5085%2820%2930282-1>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

XU, Y.; LI, X.; ZHU, B.; LIANG, H.; FANG, C.; GONG, Y.; GUO, Q.; SUN, X.; ZHAO, D.; SHEN, J.; ZHANG, H.; LIU, H.; XIA, H.; TANG, J.; ZHANG, K.; GONG, S. Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. *Nature Medicine*, v. 26, p. 502-505, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41591-020-0817-4>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ANEXOS

ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES – COBRADE

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. NATURAIS	1. Geológico	1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	Vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra (ondas sísmicas). Pode ser natural (tectônica) ou induzido (explosões, injeção profunda de líquidos e gás, extração de fluidos, alívio de carga de minas, enchimento de lagos artificiais).	1.1.1.1.0	
			2. Tsunami	0	Série de ondas geradas por deslocamento de um grande volume de água causado geralmente por terremotos, erupções vulcânicas ou movimentos de massa.	1.1.1.2.0	
		2. Emissão vulcânica	0	0	Produtos/materiais vulcânicos lançados na atmosfera a partir de erupções vulcânicas.	1.1.2.0.0	
		3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre. Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descaçamento).	1.1.3.1.1	
				2. Lascas	As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.2	
				3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3	
				4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4	
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1	

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	1. Geológico		3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1	
				2. Rocha/Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2	
			4. Subsídências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão costeira/Marinha	0	Processo de desgaste (mecânico ou químico) que ocorre ao longo da linha da costa (rochosa ou praia) e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e marés.	1.1.4.1.0	
				0	Desgaste das encostas dos rios que provoca desmoronamento de barrancos.	1.1.4.2.0	
			3. Erosão continental	1. Laminar	Remoção de uma camada delgada e uniforme do solo superficial provocada por fluxo hídrico não concentrado.	1.1.4.3.1	
				2. Ravinas	Evolução, em tamanho e profundidade, da desagregação e remoção das partículas do solo de sulcos provocada por escoamento hídrico superficial concentrado.	1.1.4.3.2	
				3. Boçorocas	Evolução do processo de ravinamento, em tamanho e profundidade, em que a desagregação e remoção das partículas do solo são provocadas por escoamento hídrico superficial e subsuperficial (escoamento freático) concentrado.	1.1.4.3.3	
	2. Hidrológico	1. Inundações	0	0	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0	
		2. Enxurradas	0	0	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	0	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0	

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. NATURAIS	3. Meteorológico	1. Sistemas de grande escala/Escala regional	1. Ciclones	1. Ventos costeiros (mobilidade de dunas)	Intensificação dos ventos nas regiões litorâneas, movimentando dunas de areia sobre construções na orla.	1.3.1.1.1	
				2. Marés de tempestade (ressaca)	São ondas violentas que geram uma maior agitação do mar próximo à praia. Ocorrem quando rajadas fortes de vento fazem subir o nível do oceano em mar aberto e essa intensificação das correntes marítimas carrega uma enorme quantidade de água em direção ao litoral. Em consequência, as praias inundam, as ondas se tornam maiores e a orla pode ser devastada alagando ruas e destruindo edificações.	1.3.1.1.2	
			2. Frentes frias/Zonas de convergência	0	Frente fria é uma massa de ar frio que avança sobre uma região, provocando queda brusca da temperatura local, com período de duração inferior à friagem. Zona de convergência é uma região que está ligada à tempestade causada por uma zona de baixa pressão atmosférica, provocando forte deslocamento de massas de ar, vendavais, chuvas intensas e até queda de granizo.	1.3.1.2.0	
		2. Tempestades	1. Tempestade local/Convectiva	1. Tornados	Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	1.3.2.1.1	
				2. Tempestade de raios	Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	1.3.2.1.2	
				3. Granizo	Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	1.3.2.1.3	
				4. Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).	1.3.2.1.4	
				5. Vendaval	Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	1.3.2.1.5	
		3. Temperaturas extremas	1. Onda de calor	0	É um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é adotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios.	1.3.3.1.0	

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	3. Meteorológico		2. Onda de frio	1. Friagem	Período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano.	1.3.3.2.1	
				2. Geadas	Formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta.	1.3.3.2.2	
	4. Climatológico	1. Seca	1. Estiagem	0	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.	1.4.1.1.0	
			2. Seca	0	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.	1.4.1.2.0	
			3. Incêndio florestal	1. Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente nacionais, estaduais ou municipais	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas.	1.4.1.3.1	
				2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação que não se encontre em áreas sob proteção legal, acarretando queda da qualidade do ar.	1.4.1.3.2	
			4. Baixa umidade do ar	0	Queda da taxa de vapor de água suspensa na atmosfera para níveis abaixo de 20%.	1.4.1.4.0	
	5. Biológico	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus.	1.5.1.1.0	
			2. Doenças infecciosas bacterianas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por bactérias.	1.5.1.2.0	
			3. Doenças infecciosas parasíticas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por parasitas.	1.5.1.3.0	
			4. Doenças infecciosas fúngicas	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por fungos.	1.5.1.4.0	

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. NATURAIS	5. Biológico	2. Infestações/ Pragas	1. Infestações de animais	0	Infestações por animais que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.1.0	
			2. Infestações de algas	1. Marés vermelhas	Aglomeração de microalgas em água doce ou em água salgada suficiente para causar alterações físicas, químicas ou biológicas em sua composição, caracterizada por uma mudança de cor, tornando-se amarela, laranja, vermelha ou marrom.	1.5.2.2.1	
				2. Cianobactérias em reservatórios	Aglomeração de cianobactérias em reservatórios receptores de descargas de dejetos domésticos, industriais e/ou agrícolas, provocando alterações das propriedades físicas, químicas ou biológicas da água.	1.5.2.2.2	
			3. Outras infestações	0	Infestações que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.3.0	
2. TECNOLÓGICOS	1. Desastres relacionados a substâncias radioativas	1. Desastres siderais com riscos radioativos	1. Queda de satélite (radionuclídeos)	0	Queda de satélites que possuem, na sua composição, motores ou corpos radioativos, podendo ocasionar a liberação deste material.	2.1.1.1.0	
		2. Desastres com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas nucleares	1. Fontes radioativas em processos de produção	0	Escapamento acidental de radiação que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 da CNEN.	2.1.2.1.0	
		3. Desastres relacionados com riscos de intensa poluição ambiental provocada por resíduos radioativos	1. Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente	0	Escapamento acidental ou não acidental de radiação originária de fontes radioativas diversas e que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 e NN 3.01/011:2011 da CNEN.	2.1.3.1.0	
	2. Desastres relacionados a produtos perigosos	1. Desastres em plantas e distritos industriais, parques e armazenamentos com extravasamento de produtos perigosos	1. Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio	0	Liberação de produtos químicos diversos para o ambiente, provocada por explosão/incêndio em plantas industriais ou outros sítios.	2.2.1.1.0	

2. TECNOLÓGICOS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	2. Desastres relacionados a produtos perigosos	2. Desastres relacionados à contaminação da água	1. Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável	0	Derramamento de produtos químicos diversos em um sistema de abastecimento de água potável, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas, biológicas.	2.2.2.1.0	
			2. Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	0	Derramamento de produtos químicos diversos em lagos, rios, mar e reservatórios subterrâneos de água, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas e biológicas.	2.2.2.2.0	
		3. Desastres relacionados a conflitos bélicos	1. Liberação de produtos químicos e contaminação como consequência de ações militares	0	Agente de natureza nuclear ou radiológica, química ou biológica, considerado como perigoso, e que pode ser utilizado intencionalmente por terroristas ou grupamentos militares em atentados ou em caso de guerra.	2.2.3.1.0	
			4. Desastres relacionados a transporte de produtos perigosos				
		4. Desastres relacionados a transporte de produtos perigosos	1. Transporte rodoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal rodoviário.	2.2.4.1.0	
			2. Transporte ferroviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal ferroviário.	2.2.4.2.0	
			3. Transporte aéreo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aéreo.	2.2.4.3.0	
			4. Transporte dutoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal dutoviário.	2.2.4.4.0	
			5. Transporte marítimo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal marítimo.	2.2.4.5.0	
			6. Transporte aquaviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aquaviário.	2.2.4.6.0	
	3. Desastres relacionados a incêndios urbanos	1. Incêndios urbanos	1. Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	0	Propagação descontrolada do fogo em plantas e distritos industriais, parques e depósitos.	2.3.1.1.0	
			2. Incêndios em aglomerados residenciais	0	Propagação descontrolada do fogo em conjuntos habitacionais de grande densidade.	2.3.1.2.0	

2. TECNOLÓGICOS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	4. Desastres relacionados a obras civis	1. Colapso de edificações	0	0	Queda de estrutura civil.	2.4.1.0.0	
		2. Rompimento/colapso de barragens	0	0	Rompimento ou colapso de barragens.	2.4.2.0.0	
	5. Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	1. Transporte rodoviário	0	0	Acidente no modal rodoviário envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.1.0.0	
		2. Transporte ferroviário	0	0	Acidente com a participação direta de veículo ferroviário de transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.2.0.0	
		3. Transporte aéreo	0	0	Acidente no modal aéreo envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.3.0.0	
		4. Transporte marítimo	0	0	Acidente com embarcações marítimas destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.4.0.0	
		5. Transporte aquaviário	0	0	Acidente com embarcações destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.5.0.0	

Fonte: MDR, 2016

ANEXO B – CONSIDERAÇÕES DA SRA. VANESSA GOMES SANTOS

Eu, Vanessa Gomes Santos, como membro do Comitê de Coordenação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Caxambu, analisando o Produto D (Prognóstico do Saneamento Básico) de forma geral, considero que a proposta está bem contudente e abrange diversos fatores relativos a abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos, apontando as potencialidades e as fragilidades nas áreas urbanas e rurais de Caxambu e sugerindo alternativas técnicas e ações de Saneamento Básico para a implantação do PMSB na cidade.

Logo, considerando as propostas apresentadas no Produto D pela Equipe SanBas e considerando experiências minhas relacionadas a fatores de Saneamento Básico, enquanto:

- residente em Caxambu, notando os cenários apresentados em áreas urbanas e rurais da cidade ligados à drenagem de águas pluviais e ao manejo de resíduos sólidos e visando os cuidados de Saneamento Básico ligados à qualidade da Saúde e do Meio Ambiente e à valorização da cidade de Caxambu como riqueza natural, terapêutica e turística;
- residente por quatro meses na Ecovila Terra Una, situada na área rural da cidade de Liberdade (MG), a qual adota o uso eficiente de banheiros secos, composteiras e minhocários;
- agente de Turismo Rural, habilitada pelo curso Turismo Rural promovido pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR (MG);
- ministrante de oficinas de Cultura e Educação Ambiental realizadas no Parque do Horto Florestal – Cantareira e no Parque Ecológico do Tietê (figura 65), e usuária freqüente do Parque Ibirapuera (figura 52), parques urbanos situados na cidade de São Paulo (SP);
- participante do Encontro de Iniciativas Socioambientais – EISA, promovido pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (USP);
- atuante nas áreas de Gestão e de Sustentabilidade e em Projetos Socioambientais, que visam a análise de impactos ambientais e a proposta de alternativas viáveis e sustentáveis, adotando o conceito 4R's (Reciclagem, Reuso, Redução e Recusa);

Destaco importantes as seguintes propostas e considerações, positivas para o Saneamento Básico, a Saúde, o Meio Ambiente e o Turismo na cidade de Caxambu:

- 1 - Identificação e mapeamento dos cursos d'água e bueiros existentes na cidade de Caxambu;
- 2 - Criação e ampliação de mata ciliar próxima a cursos d'água, reduzindo a probabilidade de alagamentos e de assoreamentos;

3 - Adoção de calçamentos permeáveis (figuras 54 a 59) em vias públicas (calçadas, praças e parques), inclusive nos arredores de espaços públicos (biblioteca, escolas, unidades de saúde e de assistência social, espaços esportivos e de lazer);

4 - Adoção de telhados verdes (figura 48) e de sistemas de captação de água pluvial (figura 72) em estruturas de espaços públicos (rodoviária, parques, escolas, unidades de saúde e de assistência social, espaços esportivos e de lazer);

5 - Implantação de bueiros inteligentes (figura 73) e de redes (figura 74) para a retenção de resíduos sólidos em áreas urbanas;

6 - Instalação de lixeiras para resíduos recicláveis e orgânicos em espaços públicos urbanos e rurais;

7 - Criação e implantação de centros de compostagem em áreas urbanas e rurais;

8 - Criação e implantação de banheiros secos (tabela 41) e de sistemas de captação de água pluvial (figura 72) em áreas rurais;

9 - Manutenção da limpeza de espaços públicos (serviços de varrição, capina e poda), promovendo a qualidade de saúde e de bem-estar dos moradores e turistas, a preservação das riquezas naturais e a valorização do turismo e patrimônios em Caxambu;

10 - Promoção de campanhas e ações referentes à coleta de lixo eletrônico, óleos de cozinha e medicamentos, uma vez que o descarte indevido destes causa a contaminação do solo e dos lençóis freáticos e outros danos ao Meio Ambiente e à Saúde;

11 - Promoção de campanhas referentes ao recolhimento de fezes de animais domésticos em vias públicas, uma vez que fezes de animais afetam a limpeza da cidade e que em dias de chuva caem em bueiros, córregos e afluentes, comprometendo a qualidade da água, da Saúde e do Meio Ambiente;

12 - Melhoria de estruturas e equipamentos referentes aos serviços de coleta e destinação de resíduos sólidos (recicláveis, especiais e orgânicos);

13 - Treinamento e capacitação para catadores de resíduos sólidos (recicláveis, especiais e orgânicos);

14 - Formalização e regulação das prestadoras de serviço relacionadas ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos e fiscalização regular dos espaços, instalações e equipamentos usados para a realização de tais serviços;

15 - Criação e implantação de projetos de Educação Sanitária e Ambiental nas áreas urbanas e rurais, com o intuito de informar e conscientizar a população sobre os impactos ambientais existentes e de incentivar a participação social na criação e execução de ações sustentáveis. Considero um Projeto de Educação Sanitária e Ambiental essencial como função complementar para o êxito da implantação,

execução e manutenção do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caxambu proposto e para maior colaboração da população caxambuense.

Atenciosamente,
Vanessa Gomes Santos

Membro do Comitê de Coordenação do PMSB de Caxambu, atuante
em Gestão e Sustentabilidade, Arte-educação e Educação Ambiental
vanessa.gomsant@yahoo.com.br

ANEXO C – PARECER DE APROVAÇÃO PRODUTO D DO COMITÊ DE COORDENAÇÃO

PARECER DE APROVAÇÃO DO PRODUTO D DO PMSB DE
CAXAMBU

Parecer nº. 002/2021, de 30 de junho de 2021

O Comitê Executivo e o Comitê de Coordenação da elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Caxambu, instituídos por meio da Portaria Municipal nº 121/2021 e Decreto Municipal nº 2848/2021, respectivamente, tem a responsabilidade de contribuir com a avaliação dos Produtos do PMSB elaborados pela Equipe UFMG/Projeto SanBas. Ainda, o Comitê de Coordenação tem a responsabilidade de formalizar as correções e aprovação dos Produtos do PMSB do município de Caxambu por meio de uma Câmara Técnica, definida pelo Decreto nº 2859/2021.

Conforme Ofício nº075/2021, cabe aos membros da Câmara Técnica a responsabilidade de reunir as contribuições dos membros dos Comitês (Executivo e de Coordenação), redigir e assinar o Parecer de Aprovação do Produto D, para a Equipe UFMG/Projeto SanBas, até o dia 23 de junho de 2021, para o e-mail pmsbufmgfunasa@gmail.com.

Nesse contexto, o presente documento tem como objetivo validar o Produto D elaborado pela Equipe UFMG/Projeto SanBas e encaminhado ao município de Caxambu no dia 04 de junho de 2021. A leitura do Produto D foi realizada pelos membros dos Comitês, que realizaram considerações para aprovação do Produto:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper has a slightly textured appearance and some minor discoloration or smudges, particularly near the top edge. The background behind the paper is dark.

Nesse contexto, o Comitê de Coordenação do PMSB de Caxambu, com apoio do Comitê Executivo, define, por meio do presente documento, que o Produto D está:

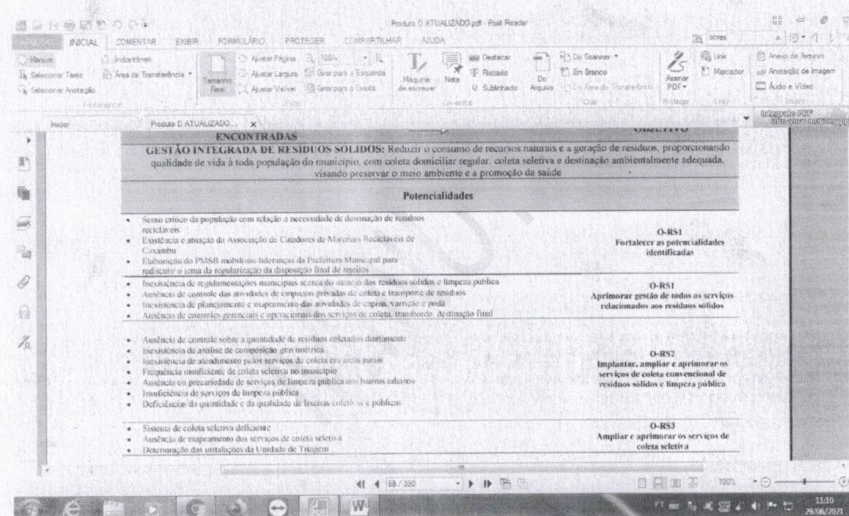
- () Aprovado sem ressalvas
(x) Aprovado com ressalvas

Consideração do Produto D - **Caio Constâncio** – no rodapé de cada página, consta **produto C** – Diagnostico – técnico participativo,

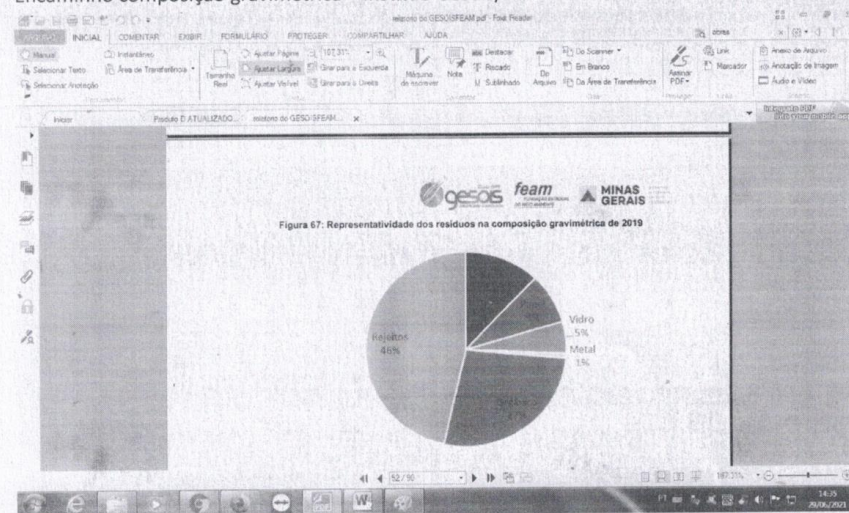
Contribuições do Produto D - **Ana Paula Guimaraes Paulino**.

01 – Página 60 - Os serviços de manejo dos resíduos sólidos e limpeza urbana são prestados pela Prefeitura Municipal **por meio da Secretária de Obras, Trânsito e serviços urbanos**.

02 – Página 88 - inexistência de composição gravimétrica



Encaminhamento composição gravimétrica – Instituto Gesois/Feam 2019

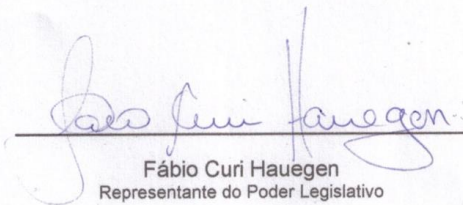


PARECER DE APROVAÇÃO DO PRODUTO D DO PMSB DE CAXAMBU

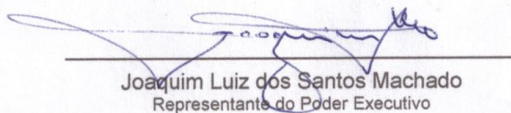
As considerações realizadas no presente parecer terão prazo de 5 dias úteis para serem avaliadas pela Equipe UFMG/Projeto SanBas. Após a avaliação das considerações, estas serão inseridas ao Produto caso a Equipe UFMG/Projeto SanBas julgue pertinente. Não sendo possível a alteração do conteúdo, será justificado ao Comitê de Coordenação.

Nestes termos e observando as orientações do Ofício nº 075/2021, com recomendações da Equipe UFMG/Projeto SanBas, esse Parecer segue assinado pela Câmara Técnica do Comitê de Coordenação.

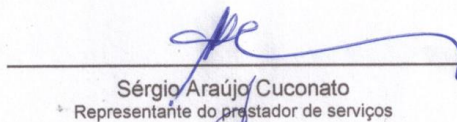
Caxambu /MG, 30 de junho de 2021.



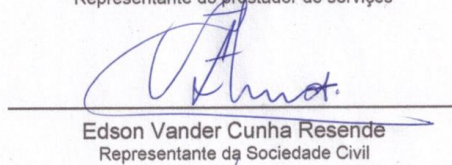
Fábio Curi Hauagen
Representante do Poder Legislativo



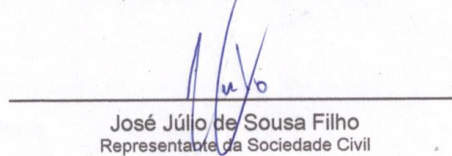
Joaquim Luiz dos Santos Machado
Representante do Poder Executivo



Sérgio Araújo Cuconato
Representante do prestador de serviços



Edson Vander Cunha Resende
Representante da Sociedade Civil



José Júlio de Sousa Filho
Representante da Sociedade Civil



Rubens Hipólito de Aquino
Representante da Sociedade Civil