

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

**PRODUTOS V E VI –
PROGNÓSTICO E ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÕES
DE MELHORIAS E
ELABORAÇÃO DE PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES
NO HORIZONTE DE 20 ANOS PARA A ZONA RURAL
DO MUNICÍPIO**



Pindamonhangaba – SP



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

PREFEITURA MUNICIPAL DE PINDAMONHANGABA - SP

ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

PRODUTOS V E VI – RELATÓRIO DO PROGNÓSTICO TÉCNICO

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

RICARDO PIORINO
PREFEITO

EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.

CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP

www.liderengenharia.eng.br

EQUIPE TÉCNICA

Robson Ricardo Resende
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 99639-2

Paula Evaristo dos Reis Ferraz de Barros
Advogada
OAB/MG 107935

Marcelo Gonçalves
Geógrafo
CREA/PR 95232

Murilo Lopes da Silva
Publicitário

Larissa de Souza Correia
Engenheira Cartógrafa
CREA/PR 119410

Lara Ricardo da Silva Pereira
Arquiteta e Urbanista
CAU A172020-1

Juliano Yamada
Geólogo
CREA/SP 5070401320

Solange Passos Genaro
Serviço Social
CRESS/PR 6676

Daniel Ferreira de Castro Furtado
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SP 5070433080

Ricardo Pena Edwards
Cientista Social

Juliano Maurício da Silva
Engenheiro Civil
CREA/PR 117165

EQUIPE DE APOIO TÉCNICO

Robert Caetano da Silva
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/BA 052102706-3

Bruno Mineli Macêdo
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SP 5071436434

Marcelo de Toledo Pucci
Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5071496409

Mike Martins Rodrigues
Engenheiro Ambiental

Laryssa Cavassano Benetão
Engenheira Florestal
CREA/SP 5071607034/D

SUMÁRIO

1. PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS.....	14
1.1. Sistema de Abastecimento de Água - SAA	15
1.1.1. Projeção de Demanda	16
1.1.2. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Abastecimento de Água	44
1.1.3. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da demanda calculada.....	46
1.1.4. Ações de Emergência e Contingência para o Abastecimento de Água na Zona Rural	46
1.1.5. Síntese do Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água	47
1.1.6. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Abastecimento de Água.....	50
1.1.7. Análise Econômica	63
1.2. Sistema de Esgotamento Sanitário.....	64
1.2.1. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos	65
1.2.2. Cargas e Concentração	67
1.2.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos	70
1.2.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada	72
1.2.5. Sistemas Individuais	73
1.2.6. Análise de Viabilidade de Sistemas Coletivos de Esgotamento Sanitário na Zona Rural.	88
1.2.7. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Esgotamento Sanitário.	95
1.2.8. Ações de Emergência e Contingência.....	96
1.2.9. Síntese do Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário	99
1.2.10. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Esgotamento Sanitário.....	99

1.2.11.	Análise Econômica do Sistema de Esgotamento Sanitário	109
1.3.	Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	110
1.3.1.	Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos.....	110
1.3.2.	Procedimentos e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Limpeza urbana e de Manejo dos Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos.....	112
1.3.3.	Destinação Final	124
1.3.4.	Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada	127
1.3.5.	Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva	130
1.3.6.	Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural.....	132
1.3.7.	Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos na Área Rural	134
1.3.8.	Análise Econômica	147
1.4.	Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais	148
1.4.1.	Medidas Estruturais	148
1.4.2.	Medidas Não Estruturais.....	154
1.4.3.	Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais	156
1.4.4.	Ações de Emergência e Contingência	158
1.4.5.	Síntese do Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais	159
1.4.6.	Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações.....	162
1.4.7.	Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações.....	169

2. FONTES DE FINANCIAMENTO	170
2.1. Recursos Ordinários	171
2.2. Recursos Extraordinários	172
2.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis.....	172
2.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDS	172
2.3.1. Banco do Brasil - BB.....	173
2.3.2. Caixa Econômica Federal - CAIXA.....	173
2.3.3. Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	173
2.3.4. Banco Mundial – <i>The World Bank</i>	174
2.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis	174
2.4.1. Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA.....	174
2.4.2. Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA	175
2.4.3. Ministério da Saúde	175
2.4.4. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.....	176
2.4.5. Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD	176
2.4.6. Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA.....	177
2.4.7. Fundo Vale	177
2.5. Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO.....	178
2.6. Acesso aos Recursos	179
REFERÊNCIAS	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados das propriedades rurais para realização dos cálculos de investimentos.	15
Tabela 2 - Demandas para o Sistema de Abastecimento de Água.	18
Tabela 3 - Evolução da população rural por microbacia nos anos de 2024 a 2044.	20
Tabela 4 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Rio Piracuama.	21
Tabela 5 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Grande.	22
Tabela 6 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão dos Buenos.	24
Tabela 7 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão da Ponte Alta.	25
Tabela 8 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão das Pedras.	27
Tabela 9 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Rio Paraíba do Sul.	28
Tabela 10 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Rio Una.	30
Tabela 11 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão da Galega.	31
Tabela 12 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão do Cortume.	33
Tabela 13 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Água Preta.	34
Tabela 14 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Ipiranga.	36
Tabela 15 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Capituba.	37
Tabela 16 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão do Barranco Alto.	39
Tabela 17 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Pirapitingui.	40
Tabela 18 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão dos Surdos.	42
Tabela 19 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Córrego do Rosário.	43
Tabela 20 - Ações de Emergência e Contingência – Soluções alternativas de abastecimento de água.	47

Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	52
Tabela 22 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	55
Tabela 23 - Tabela Síntese do Objetivo 3.	58
Tabela 24 – Níveis de prioridade para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).	61
Tabela 25 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.	63
Tabela 26 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.	66
Tabela 27 - Valores de Cargas Orgânicas de DBO.	70
Tabela 28 - Número de propriedades rurais por sub-bacia.	89
Tabela 29 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.	98
Tabela 30 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	101
Tabela 31 - Tabela síntese do Objetivo 2.	104
Tabela 32 – Níveis de prioridade para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).	107
Tabela 33 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.	109
Tabela 34 - Estimativa da Geração total, reciclados e compostáveis.	111
Tabela 35 - Cores de identificação de resíduos sólidos.	119
Tabela 36 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos.	120
Tabela 37 - Vantagens e desvantagens.	122
Tabela 38 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade.	126
Tabela 39 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.	133
Tabela 40 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	136
Tabela 41 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	139
Tabela 42 - Tabela Síntese do Objetivo 3.	142
Tabela 43 – Níveis de prioridade para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).	145
Tabela 44 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.	147
Tabela 45 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.	158
Tabela 46 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	164
Tabela 47 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	167
Tabela 48 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.	169

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de SAC e reservatório de distribuição na zona rural de	46
Figura 2 - Exemplo de Sistema Descentralizado.....	71
Figura 3 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.....	71
Figura 4 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.....	75
Figura 5 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.....	76
Figura 6 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros.	77
Figura 7 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário.	78
Figura 8 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.	82
Figura 9 - Exemplos de Fossas Sépticas Biodigestoras.	83
Figura 10 - Esquema de Círculo de Bananeiras.....	84
Figura 11 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.	85
Figura 12 - Esquema de um Tanque de Evapotranspiração - TEvap.....	86
Figura 13 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.....	87
Figura 14 - Solução individual de tratamento de esgotos sanitários nas áreas rurais de São Ludgero.	95
Figura 15 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.	117
Figura 16 - Recipientes para a coleta seletiva.....	120
Figura 17 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica). ..	128
Figura 18 – Roteiro da coleta de resíduos na zona urbana e rural de Crateús/CE.	131
Figura 19 – Pontos de entrega voluntária e ações de educação ambiental em escolas públicas de Crateús/CE.....	132
Figura 20 - Esquema do processo de assoreamento.....	150
Figura 21 - Exemplo de bacia de retenção em área rural.....	152
Figura 22 - Demonstração das faixas de APPs de acordo com o código florestal.	152
Figura 23 - Exemplo de aplicação de paliçadas.	154
Figura 24 - Instalação de poço amazonas a montante da barragem e Fixação da lona de PVC 200 micras na vala para barramento do escoamento subsuperficial.	157

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Níveis de prioridade para intervenção no abastecimento (bairros rurais de Pindamonhangaba).	62
Mapa 2 - Solução coletiva de tratamento de esgotos sanitários nas áreas rurais da microbacia do Ribeirão Grande.	92
Mapa 3 - Solução coletiva de tratamento de esgoto sanitário nas áreas rurais da microbacia do Rio Piracuama.	93
Mapa 4 - Solução coletiva de tratamento de esgotos sanitários nas áreas rurais da microbacia do Ribeirão do Cortume.	94
Mapa 5 - Níveis de prioridade do esgotamento sanitário para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).	108
Mapa 6 - Pontos onde não há coleta segundo o questionário aplicado.	135
Mapa 7 - Compilação e distribuição espacial dos pontos negativos em relação aos resíduos sólidos.	146
Mapa 8 - Pontos com alagamentos.	160
Mapa 9 - Pontos com processos erosivos nas proximidades.	161

APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante à elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural de Pindamonhangaba - SP, referente ao contrato nº 084/2024.

A elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural – PMSR, abrange o conjunto de serviços de infraestruturas e instalações dos setores de saneamento básico rural, que, por definição, engloba o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem de águas pluviais rurais.

O Plano Municipal de Saneamento Rural – PMSR de Pindamonhangaba visa estabelecer um planejamento das ações de saneamento na área rural do Município, atendendo aos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico - Lei Federal nº 11.445/2007, alterada pela Lei Federal nº 14.026/2020, assim como as diretrizes da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - Lei Federal nº 12.305/2010, com vistas à melhoria da salubridade ambiental, à proteção dos recursos hídricos e à promoção da saúde pública.

Vale ressaltar que, além de ser um dispositivo de planejamento, a elaboração do PMSR é peça fundamental para a criação da lei municipal de saneamento rural, e incentivo à integração de visão dos diferentes atores em relação aos serviços de saneamento em áreas rurais.

INTRODUÇÃO

A abordagem ao planejamento de ações voltadas para o saneamento básico em áreas rurais tem enfrentado vários desafios que impõem dificuldades a sua consolidação e obstáculos a sua incorporação nos municípios. Os objetivos do PMSR devem estar sintonizados com a Lei Federal nº 11.445 de 2007 que estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento, Lei Federal nº 14.026 de 2020 e do Plansab de 2013.

Entendendo saneamento básico rural como o desenvolvimento de ações que buscam a universalização do acesso, através de estratégias que garantam a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços, em presença de participação e de controle social.

O planejamento estratégico pressupõe uma visão prospectiva da área e itens de planejamento, por meio de instrumentos de análise e antecipação, de forma coletiva, mediante informações construídas durante a elaboração do diagnóstico do cenário atual da área rural do Município de Pindamonhangaba.

Diante das preocupações atuais apresentadas e das exigências legais referentes ao setor, este documento refere-se ao Prognóstico para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Rural - PMSR de Pindamonhangaba, atendendo aos requisitos do município para sua elaboração.

1. PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS

Nos tópicos que seguem serão expostas as perspectivas estratégicas para cada eixo do saneamento, contemplando as soluções para as problemáticas identificadas no Diagnóstico e o planejamento necessário para atingir a universalização dos serviços, considerando tanto as idiossincrasias da municipalidade como as aspirações sociais identificadas na fase anterior.

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

As tabelas exibem a fundamentação do objetivo, baseada no Diagnóstico, os métodos de acompanhamento das metas propostas com a definição dos indicadores para a identificação de seu cumprimento e estado de implementação, além da programação de implantação dos programas, projetos e ações em horizontes temporais de curto, médio e longo prazo.

Em relação as ações propostas, os programas de educação ambiental têm por finalidade sensibilizar e engajar a população rural sobre os aspectos relacionados aos eixos de saneamento. Esses programas serão elaborados com base na etapa de diagnóstico que evidenciou, através dos questionários aplicados, as principais demandas educacionais de cada eixo, bem como as áreas prioritárias, considerando critérios como vulnerabilidade social, aspectos ambientais e deficiências no saneamento.

As atividades incluirão oficinas temáticas sobre temas como reutilização de resíduos, conservação de água e manejo adequado de esgoto, além de campanhas educativas, dias de campo com demonstrações práticas e eventos comunitários. Todas essas ações serão acompanhadas por um sistema de monitoramento e avaliação, garantindo que os resultados sejam mensurados e que ajustes possam ser feitos para aprimorar a eficácia dos programas. Assim, esses projetos visam integrar diferentes atores locais, fomentando uma rede de cooperação que promova o desenvolvimento sustentável na área rural de Pindamonhangaba.

Tabela 1 - Dados das propriedades rurais para realização dos cálculos de investimentos.

Dado	Quantidade
Questionários aplicados	230 questionários
Propriedades rurais	1.470 propriedades

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.1. Sistema de Abastecimento de Água - SAA

A gestão eficiente do abastecimento de água na zona rural desempenha um papel crucial na promoção da qualidade de vida e sustentabilidade das propriedades rurais. No município de Pindamonhangaba, a necessidade de adequação dos pontos de captação de água, tanto superficiais quanto subterrâneos, emerge como uma prioridade para atender às demandas das comunidades rurais. Essa medida visa garantir o acesso regular a uma fonte segura e potável, contribuindo para a saúde e bem-estar dos residentes locais.

Em particular, a projeção demográfica para a população rural de Pindamonhangaba sugere um cenário de decréscimo, indicando que não se espera um aumento populacional nessas áreas específicas. Diante dessa perspectiva, torna-se uma abordagem estratégica reconhecer que, para este caso específico, não há a necessidade iminente de ampliar os pontos de captação de água, porém apenas medidas preventivas aos locais de captação.

Ressalta-se que, para chegar nessa conclusão, foi observado a tendência de crescimento entre a área urbana e rural do município. Os pontos de captação, de acordo com o Produto 4 deste PMSR, são em sua maioria, de uso exclusivo, atendendo as demandas projetadas para cada propriedade.

Na área de transição, caso o imóvel seja considerado rural, sua demanda diária por água atenderá suas próprias necessidades. Se o mesmo for considerado como pertencente à área urbana, deve se atentar ao PMSB, e não ao PMSR.

No entanto, é crucial manter a infraestrutura existente em condições ideais, assegurando um fornecimento constante e eficiente de água para atender às necessidades das comunidades rurais, mesmo em face das mudanças demográficas previstas. Essa abordagem se alinha à gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo uma utilização racional e eficaz dos sistemas de abastecimento.

1.1.1. Projeção de Demanda

O estudo de demanda de vazões para os sistemas de abastecimento de água tem como principal objetivo apontar uma perspectiva da variação da demanda de consumo de água para a área rural do município. Este estudo estabelece a estrutura de análise comparativa entre a capacidade atual e futura de produção de água dos sistemas utilizados pela população rural de Pindamonhangaba e o crescimento populacional.

Para tanto, foi considerado o volume anual de água das outorgas ativas para o ano de 2024 de acordo com o DAEE e, a média de consumo de água por habitante no país disponibilizado pelo SNIS.

A média de consumo de água por habitante no país, disponibilizado pelo SNIS, foi utilizada para complementar os dados referentes as propriedades rurais do município de Pindamonhangaba que não possuem, ou são dispensadas de outorgas devido ao baixo consumo de água. Mas, no montante são significativos.

Desta forma, foram calculadas as demandas de vazão média, máxima diária e o volume consumido no dia de maior consumo, a partir da estimativa populacional, do consumo per capita em relação ao volume anual de água outorgada e, a média de consumo de água por habitante no país disponibilizado pelo SNIS. Para a determinação da vazão média é utilizada a seguinte expressão:

$$Q_{méd} = \frac{P \cdot C}{86400}$$

sendo:

$Q_{méd}$ = Vazão Média (L/s);

P = População rural Inicial e Final;

C = Consumo per capita (L/hab.dia).

A vazão máxima diária é obtida com aplicação da seguinte fórmula:

$$Q_{maxd} = Q_{med} \cdot k1$$

sendo:

Q_{maxd} = Vazão máxima diária (L/s);

K_1 = Coeficiente de Consumo máximo Diário;

$Q_{méd}$ = Vazão Média.

Para o estudo em questão adotou-se k_1 igual a 1,20.

A vazão máxima horária é obtida através da expressão que se apresenta a seguir.

$Q_{maxh} = Q_{maxd} \cdot k_2$

sendo:

Q_{maxh} = Vazão máxima horária (L/s);

K_2 = Coeficiente da hora de maior consumo;

Q_{maxd} = Vazão máxima diária.

Adotou-se para o estudo em questão k_2 igual a 1,50.

A quota per capita refere-se ao consumo per capita adicionado às perdas, sendo sua fórmula a que segue:

$$C = CPC / \left(1 - \left(\frac{IPD}{100}\right)\right)$$

sendo:

C = Quota per capita (L/s.hab);

CPC = Consumo per capita;

IPD = Índice de perdas na distribuição.

A tabela abaixo traz a projeção das vazões necessárias para atender a demanda atual e futura de toda a população rural do município de Pindamonhan-

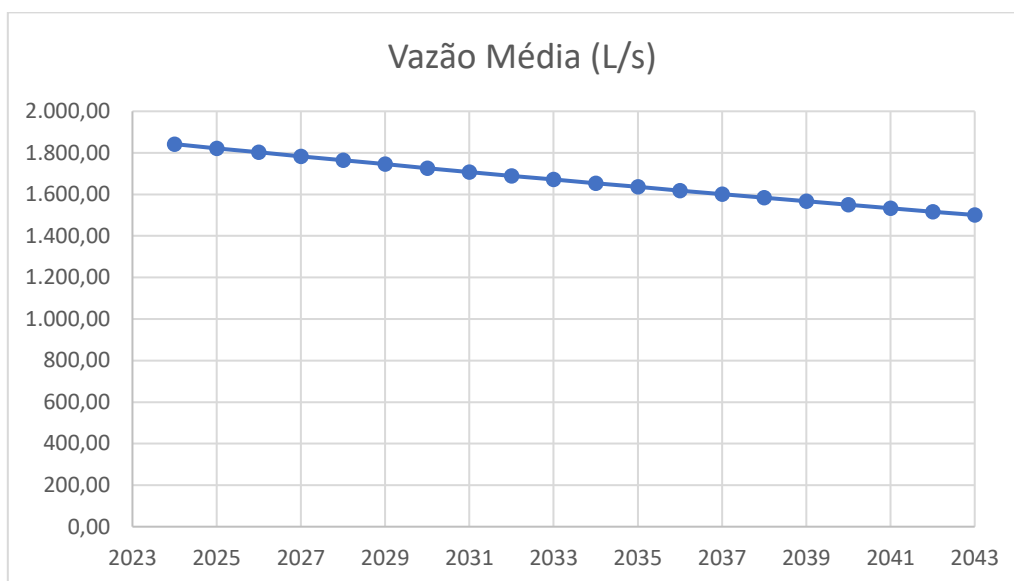
gaba em um horizonte de projeto de vinte anos, utilizando os dados disponibilizados pelo DAEE e a média de consumo de água por habitante no país, disponibilizado pelo SNIS, juntamente com a curva de demanda de água ao longo deste período.

Tabela 2 - Demandas para o Sistema de Abastecimento de Água.

Ano	Pop. rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³)
2024	4.794	1.842,14	2.210,57	190.992,96
2025	4.742	1.822,16	2.186,59	188.921,28
2026	4.691	1.802,56	2.163,07	186.889,44
2027	4.641	1.783,35	2.140,02	184.897,44
2028	4.591	1.764,13	2.116,96	182.905,44
2029	4.542	1.745,31	2.094,37	180.953,28
2030	4.493	1.726,48	2.071,77	179.001,12
2031	4.445	1.708,03	2.049,64	177.088,80
2032	4.397	1.689,59	2.027,51	175.176,48
2033	4.350	1.671,53	2.005,83	173.304,00
2034	4.303	1.653,47	1.984,16	171.431,52
2035	4.257	1.635,79	1.962,95	169.598,88
2036	4.211	1.618,12	1.941,74	167.766,24
2037	4.166	1.600,82	1.920,99	165.973,44
2038	4.121	1.583,53	1.900,24	164.180,64
2039	4.077	1.566,63	1.879,95	162.427,68
2040	4.033	1.549,72	1.859,66	160.674,72
2041	3.990	1.533,19	1.839,83	158.961,60
2042	3.947	1.516,67	1.820,01	157.248,48
2043	3.905	1.500,53	1.800,64	155.575,20
2044	3.863	1.484,39	1.781,27	153.901,92

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 1 - Vazão Média (L/s) para toda a população rural.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Com base na projeção demográfica elaborada para toda a população rural de Pindamonhangaba, observa-se uma tendência de redução na demanda hídrica ao longo dos anos.

Contudo, como destacado na fase de Diagnóstico, o município de Pindamonhangaba demanda uma estratégia de preparo e infraestrutura para lidar com o incremento da população flutuante em determinados períodos do ano.

Nas tabelas a seguir são projetadas as demandas para todos as microbacias da área rural de Pindamonhangaba, baseadas nos levantamentos de dados e estimativa populacional da zona rural, apresentados no Produto 3, juntamente com a curva de demanda de água ao longo deste período.

Tabela 3 - Evolução da população rural por microbacia nos anos de 2024 a 2044.

Sub-bacia	Nº de habitantes em 2024	Nº de habitantes em 2044
Rio Piracuama	1035	741
Ribeirão Grande	1050	752
Ribeirão dos Buenos	192	137
Ribeirão da Ponte Alta	321	230
Ribeirão das Pedras	276	198
Rio Paraíba do Sul	366	263
Rio Una	12	9
Ribeirão da Galega	9	6
Ribeirão do Cortume	876	627
Ribeirão Água Preta	42	30
Ribeirão Ipiranga	111	79
Ribeirão Capituba	84	60
Ribeirão do Barranco Alto	3	2
Ribeirão Pirapitingui	3	2
Ribeirão dos Surdos	27	19
Córrego do Rosário	3	2
Total	4.410	3.161

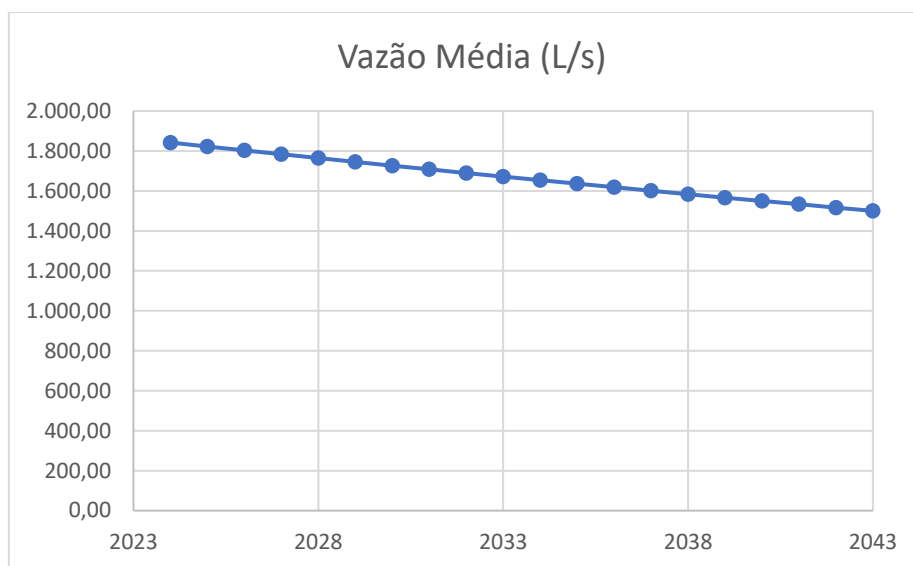
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 4 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Rio Piracuma.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	1035	397,71	477,25	41.234,40
2025	1018	391,18	469,41	40.557,12
2026	1001	384,64	461,57	39.879,84
2027	984	378,11	453,73	39.202,56
2028	968	371,96	446,36	38.565,12
2029	952	365,81	438,98	37.927,68
2030	936	359,67	431,60	37.290,24
2031	921	353,90	424,68	36.692,64
2032	906	348,14	417,77	36.095,04
2033	891	342,38	410,85	35.497,44
2034	876	336,61	403,93	34.899,84
2035	861	330,85	397,02	34.302,24
2036	847	325,47	390,56	33.744,48
2037	833	320,09	384,11	33.186,72
2038	819	314,71	377,65	32.628,96
2039	806	309,71	371,66	32.111,04
2040	792	304,33	365,20	31.553,28
2041	779	299,34	359,21	31.035,36
2042	766	294,34	353,21	30.517,44
2043	753	289,35	347,22	29.999,52
2044	741	284,74	341,68	29.521,44

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 2 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Rio Piracema.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

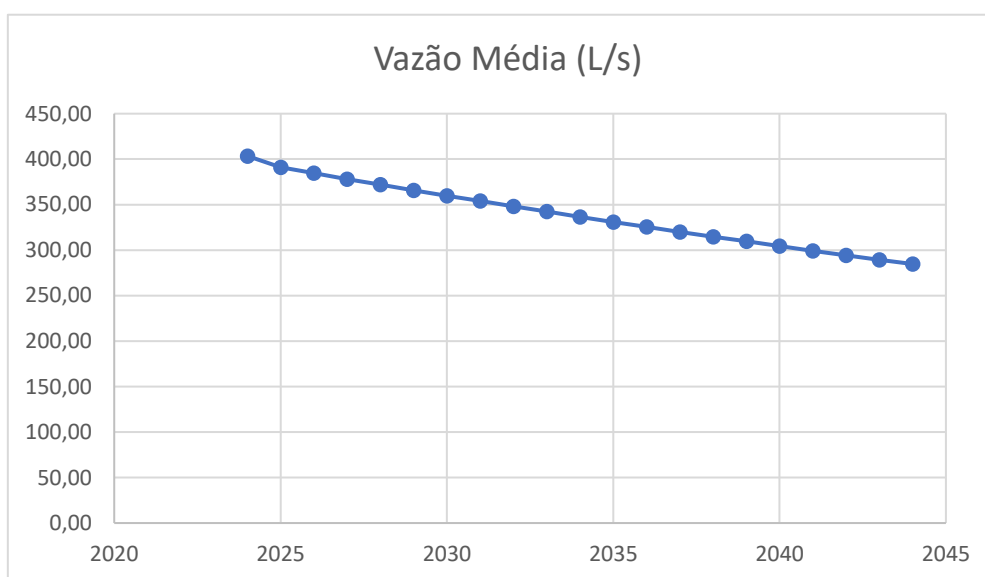
Tabela 5 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Grande.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	1050	403,47	484,17	41.832,00
2025	1018	391,18	469,41	40.557,12
2026	1001	384,64	461,57	39.879,84
2027	984	378,11	453,73	39.202,56
2028	968	371,96	446,36	38.565,12
2029	952	365,81	438,98	37.927,68
2030	936	359,67	431,60	37.290,24
2031	921	353,90	424,68	36.692,64
2032	906	348,14	417,77	36.095,04
2033	891	342,38	410,85	35.497,44
2034	876	336,61	403,93	34.899,84
2035	861	330,85	397,02	34.302,24
2036	847	325,47	390,56	33.744,48
2037	833	320,09	384,11	33.186,72
2038	819	314,71	377,65	32.628,96
2039	806	309,71	371,66	32.111,04
2040	792	304,33	365,20	31.553,28

2041	779	299,34	359,21	31.035,36
2042	766	294,34	353,21	30.517,44
2043	753	289,35	347,22	29.999,52
2044	741	284,74	341,68	29.521,44

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 3 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão Grande.



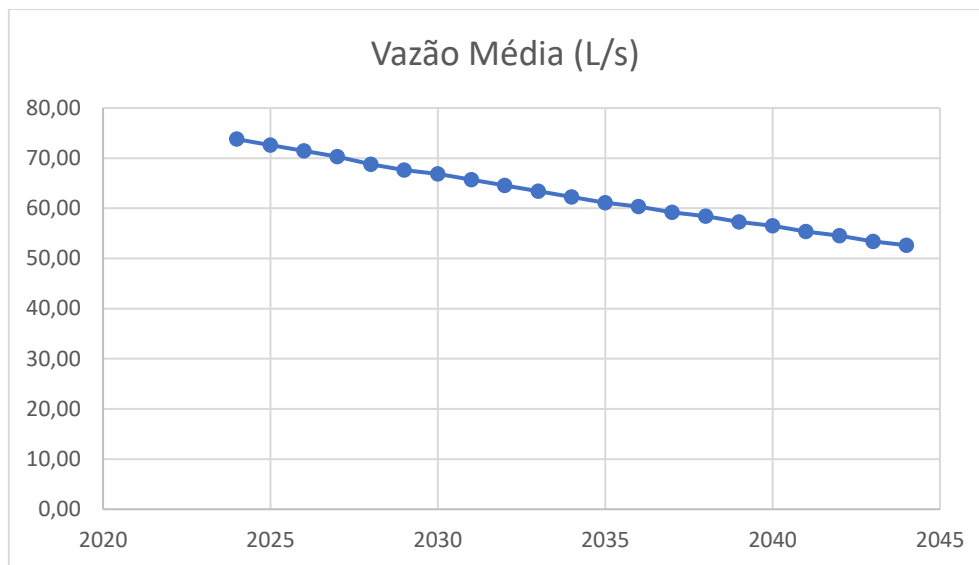
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 6 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão dos Buenos.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	192	73,78	88,53	7.649,28
2025	189	72,63	87,15	7.529,76
2026	186	71,47	85,77	7.410,24
2027	183	70,32	84,38	7.290,72
2028	179	68,78	82,54	7.131,36
2029	176	67,63	81,16	7.011,84
2030	174	66,86	80,23	6.932,16
2031	171	65,71	78,85	6.812,64
2032	168	64,56	77,47	6.693,12
2033	165	63,40	76,08	6.573,60
2034	162	62,25	74,70	6.454,08
2035	159	61,10	73,32	6.334,56
2036	157	60,33	72,39	6.254,88
2037	154	59,18	71,01	6.135,36
2038	152	58,41	70,09	6.055,68
2039	149	57,25	68,71	5.936,16
2040	147	56,49	67,78	5.856,48
2041	144	55,33	66,40	5.736,96
2042	142	54,56	65,48	5.657,28
2043	139	53,41	64,09	5.537,76
2044	137		63,17	5.458,08

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 4 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão dos Buenos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

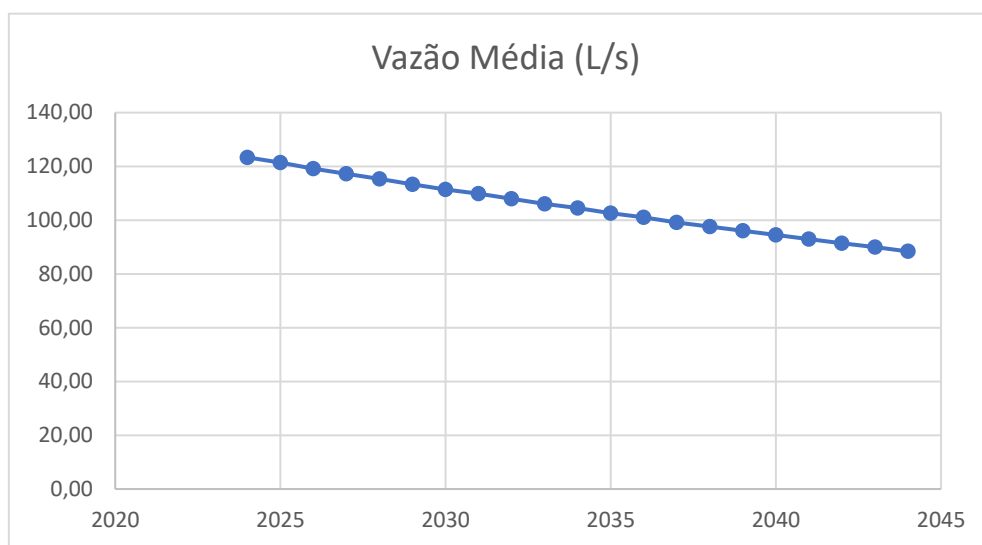
Tabela 7 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão da Ponte Alta.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	321	123,35	148,02	12.788,64
2025	316	121,43	145,71	12.589,44
2026	310	119,12	142,94	12.350,40
2027	305	117,20	140,64	12.151,20
2028	300	115,28	138,33	11.952,00
2029	295	113,36	136,03	11.752,80
2030	290	111,44	133,72	11.553,60
2031	286	109,90	131,88	11.394,24
2032	281	107,98	129,57	11.195,04
2033	276	106,06	127,27	10.995,84
2034	272	104,52	125,42	10.836,48
2035	267	102,60	123,12	10.637,28
2036	263	101,06	121,27	10.477,92
2037	258	99,14	118,97	10.278,72
2038	254	97,60	117,12	10.119,36
2039	250	96,06	115,28	9.960,00

2040	246	94,53	113,43	9.800,64
2041	242	92,99	111,59	9.641,28
2042	238	91,45	109,74	9.481,92
2043	234	89,92	107,90	9.322,56
2044	230	88,38	106,06	9.163,20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 5 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão da Ponte Alta.



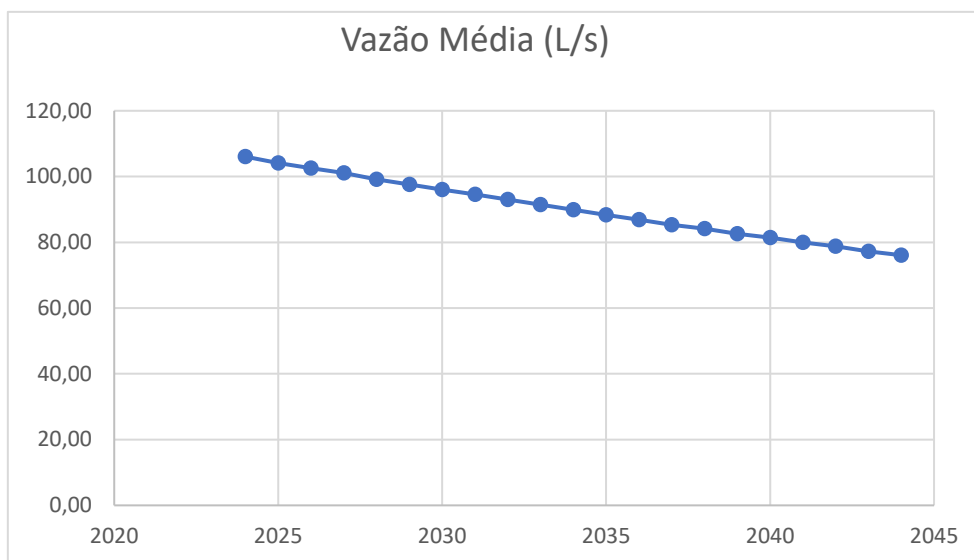
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 8 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão das Pedras.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	276	106,06	127,27	10.995,84
2025	271	104,13	124,96	10.796,64
2026	267	102,60	123,12	10.637,28
2027	263	101,06	121,27	10.477,92
2028	258	99,14	118,97	10.278,72
2029	254	97,60	117,12	10.119,36
2030	250	96,06	115,28	9.960,00
2031	246	94,53	113,43	9.800,64
2032	242	92,99	111,59	9.641,28
2033	238	91,45	109,74	9.481,92
2034	234	89,92	107,90	9.322,56
2035	230	88,38	106,06	9.163,20
2036	226	86,84	104,21	9.003,84
2037	222	85,31	102,37	8.844,48
2038	219	84,15	100,98	8.724,96
2039	215	82,62	99,14	8.565,60
2040	212	81,46	97,76	8.446,08
2041	208	79,93	95,91	8.286,72
2042	205	78,77	94,53	8.167,20
2043	201	77,24	92,68	8.007,84
2044	198	76,08	91,30	7.888,32

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 6 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão das Pedras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

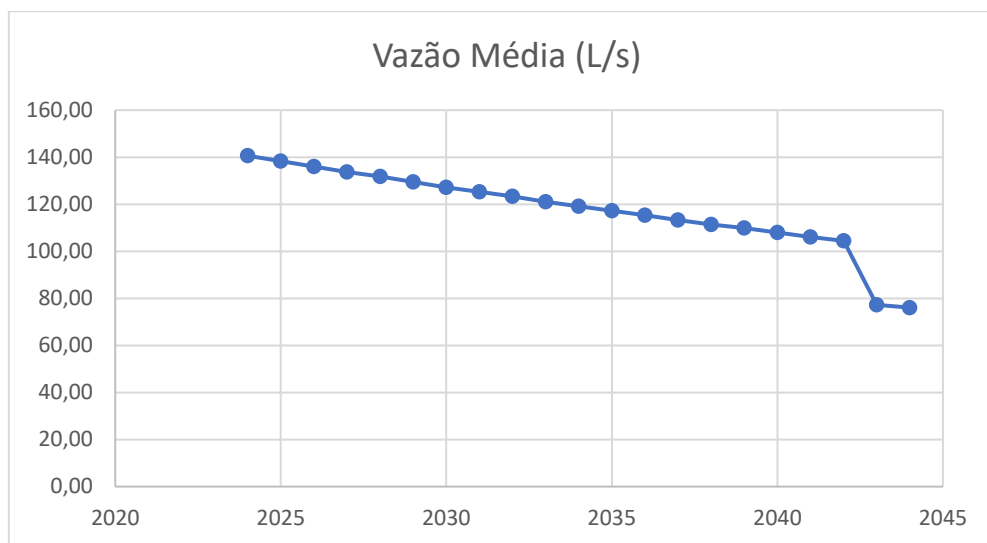
Tabela 9 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Rio Paraíba do Sul.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	366	140,64	168,77	14.581,44
2025	360	138,33	166,00	14.342,40
2026	354	136,03	163,23	14.103,36
2027	348	133,72	160,47	13.864,32
2028	343	131,80	158,16	13.665,12
2029	337	129,50	155,39	13.426,08
2030	331	127,19	152,63	13.187,04
2031	326	125,27	150,32	12.987,84
2032	321	123,35	148,02	12.788,64
2033	315	121,04	145,25	12.549,60
2034	310	119,12	142,94	12.350,40
2035	305	117,20	140,64	12.151,20
2036	300	115,28	138,33	11.952,00
2037	295	113,36	136,03	11.752,80
2038	290	111,44	133,72	11.553,60
2039	286	109,90	131,88	11.394,24
2040	281	107,98	129,57	11.195,04

2041	276	106,06	127,27	10.995,84
2042	272	104,52	125,42	10.836,48
2043	201	77,24	92,68	8.007,84
2044	198	76,08	91,30	7.888,32

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 7 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Rio Paraíba do Sul.



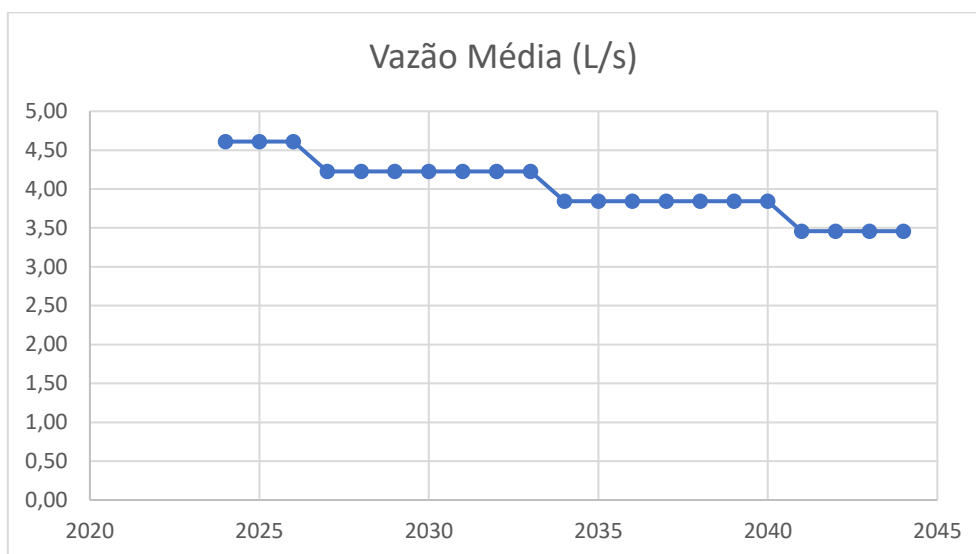
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 10 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Rio Una

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	12	4,61	5,53	478,08
2025	12	4,61	5,53	478,08
2026	12	4,61	5,53	478,08
2027	11	4,23	5,07	438,24
2028	11	4,23	5,07	438,24
2029	11	4,23	5,07	438,24
2030	11	4,23	5,07	438,24
2031	11	4,23	5,07	438,24
2032	11	4,23	5,07	438,24
2033	11	4,23	5,07	438,24
2034	10	3,84	4,61	398,40
2035	10	3,84	4,61	398,40
2036	10	3,84	4,61	398,40
2037	10	3,84	4,61	398,40
2038	10	3,84	4,61	398,40
2039	10	3,84	4,61	398,40
2040	10	3,84	4,61	398,40
2041	9	3,46	4,15	358,56
2042	9	3,46	4,15	358,56
2043	9	3,46	4,15	358,56
2044	9	3,46	4,15	358,56

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 8 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Rio Una.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

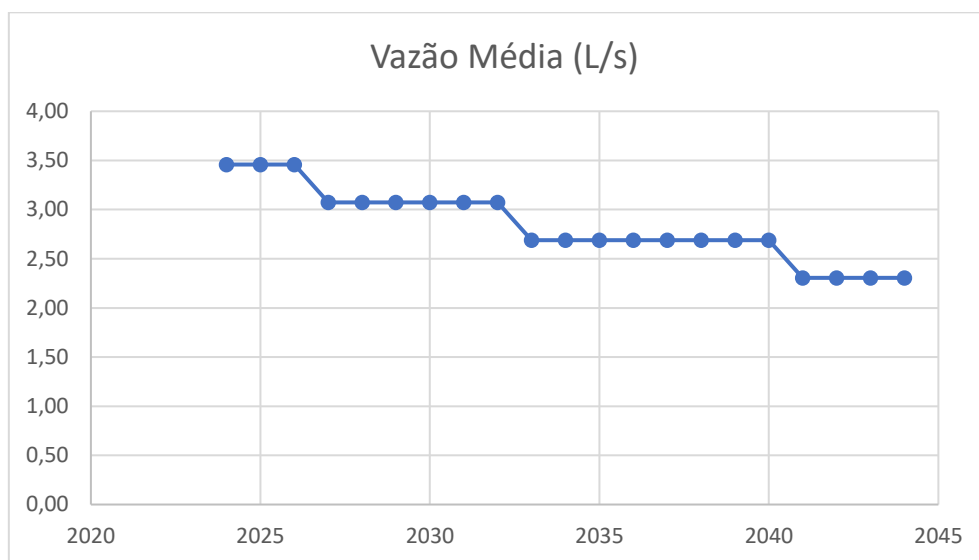
Tabela 11 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão da Galega.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	9	3,46	4,15	358,56
2025	9	3,46	4,15	358,56
2026	9	3,46	4,15	358,56
2027	8	3,07	3,69	318,72
2028	8	3,07	3,69	318,72
2029	8	3,07	3,69	318,72
2030	8	3,07	3,69	318,72
2031	8	3,07	3,69	318,72
2032	8	3,07	3,69	318,72
2033	7	2,69	3,23	278,88
2034	7	2,69	3,23	278,88
2035	7	2,69	3,23	278,88
2036	7	2,69	3,23	278,88
2037	7	2,69	3,23	278,88
2038	7	2,69	3,23	278,88
2039	7	2,69	3,23	278,88
2040	7	2,69	3,23	278,88
2041	6	2,31	2,77	239,04

2042	6	2,31	2,77	239,04
2043	6	2,31	2,77	239,04
2044	6	2,31	2,77	239,04

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 9 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão da Galega.



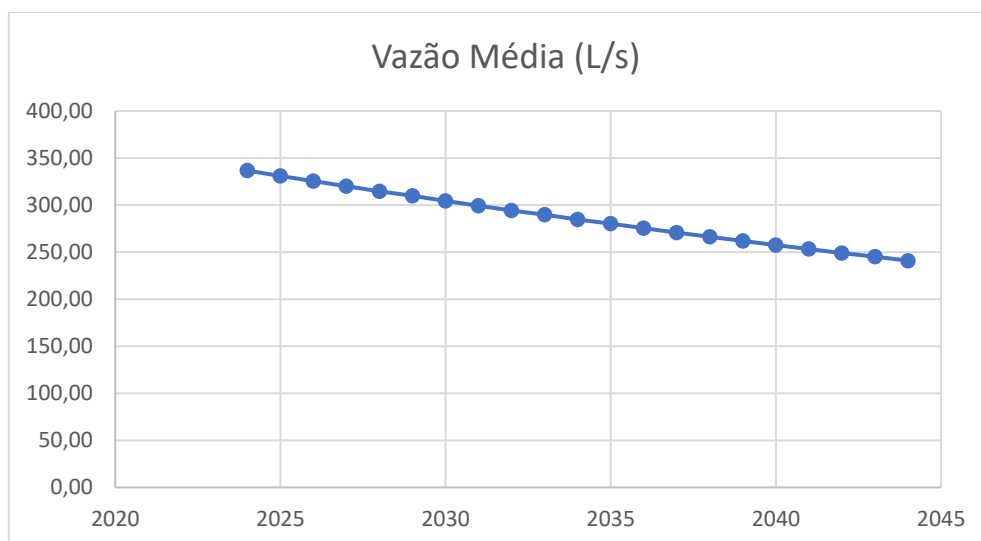
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 12 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão do Cortume.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	876	336,61	403,93	34.899,84
2025	861	330,85	397,02	34.302,24
2026	847	325,47	390,56	33.744,48
2027	833	320,09	384,11	33.186,72
2028	819	314,71	377,65	32.628,96
2029	806	309,71	371,66	32.111,04
2030	792	304,33	365,20	31.553,28
2031	779	299,34	359,21	31.035,36
2032	766	294,34	353,21	30.517,44
2033	754	289,73	347,68	30.039,36
2034	741	284,74	341,68	29.521,44
2035	729	280,13	336,15	29.043,36
2036	717	275,51	330,62	28.565,28
2037	705	270,90	325,08	28.087,20
2038	693	266,29	319,55	27.609,12
2039	682	262,06	314,48	27.170,88
2040	670	257,45	308,94	26.692,80
2041	659	253,23	303,87	26.254,56
2042	648	249,00	298,80	25.816,32
2043	638	245,16	294,19	25.417,92
2044	627	240,93	289,12	24.979,68

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 10 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão do Cortume.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

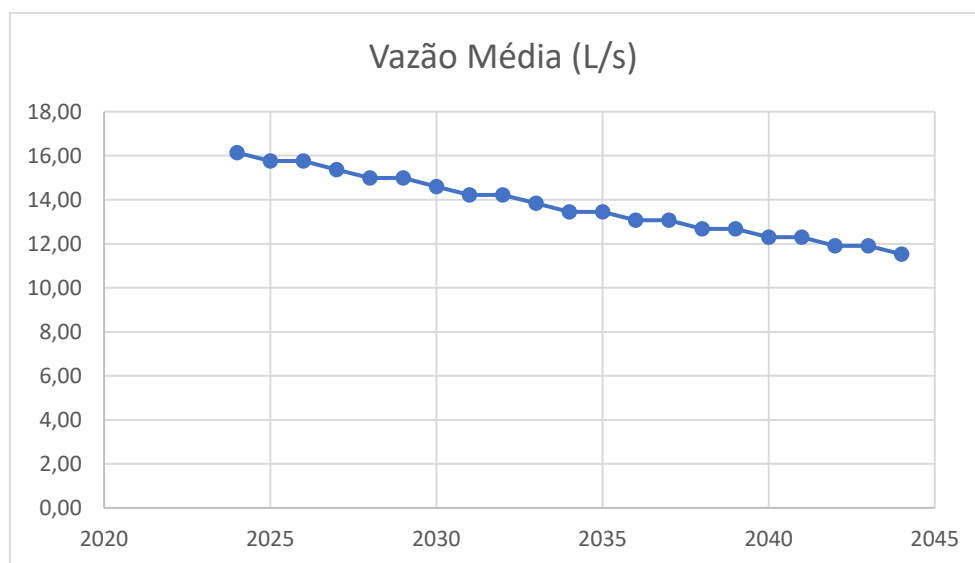
Tabela 13 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Água Preta.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	42	16,14	19,37	1.673,28
2025	41	15,75	18,91	1.633,44
2026	41	15,75	18,91	1.633,44
2027	40	15,37	18,44	1.593,60
2028	39	14,99	17,98	1.553,76
2029	39	14,99	17,98	1.553,76
2030	38	14,60	17,52	1.513,92
2031	37	14,22	17,06	1.474,08
2032	37	14,22	17,06	1.474,08
2033	36	13,83	16,60	1.434,24
2034	35	13,45	16,14	1.394,40
2035	35	13,45	16,14	1.394,40
2036	34	13,06	15,68	1.354,56
2037	34	13,06	15,68	1.354,56
2038	33	12,68	15,22	1.314,72
2039	33	12,68	15,22	1.314,72

2040	32	12,30	14,76	1.274,88
2041	32	12,30	14,76	1.274,88
2042	31	11,91	14,29	1.235,04
2043	31	11,91	14,29	1.235,04
2044	30	11,53	13,83	1.195,20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 11 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão Água Preta.



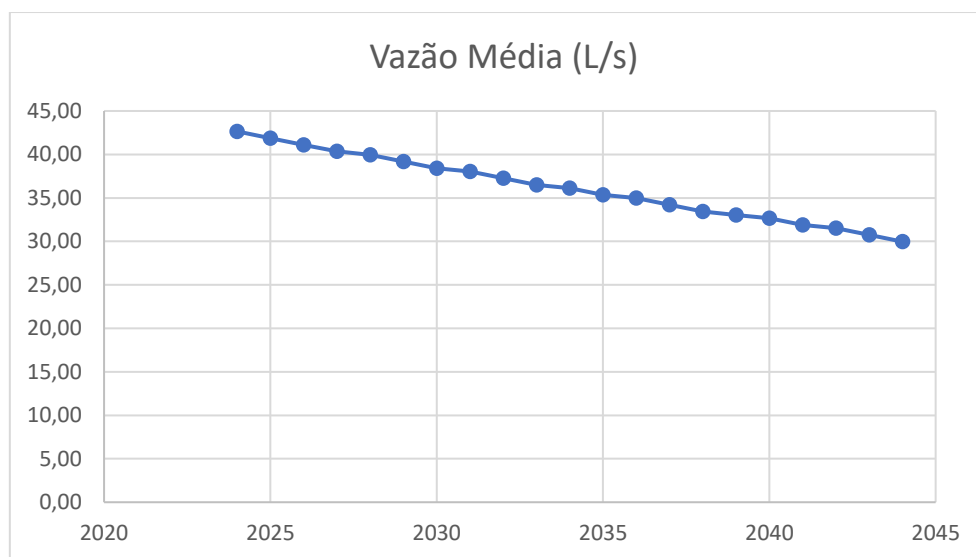
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 14 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Ipiranga.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	111	42,65	51,18	4.422,24
2025	109	41,88	50,26	4.342,56
2026	107	41,12	49,34	4.262,88
2027	105	40,35	48,42	4.183,20
2028	104	39,96	47,96	4.143,36
2029	102	39,19	47,03	4.063,68
2030	100	38,43	46,11	3.984,00
2031	99	38,04	45,65	3.944,16
2032	97	37,27	44,73	3.864,48
2033	95	36,50	43,81	3.784,80
2034	94	36,12	43,34	3.744,96
2035	92	35,35	42,42	3.665,28
2036	91	34,97	41,96	3.625,44
2037	89	34,20	41,04	3.545,76
2038	87	33,43	40,12	3.466,08
2039	86	33,05	39,66	3.426,24
2040	85	32,66	39,19	3.386,40
2041	83	31,89	38,27	3.306,72
2042	82	31,51	37,81	3.266,88
2043	80	30,74	36,89	3.187,20
2044	78	29,97	35,97	3.107,52

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 12 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão Ipiranga.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

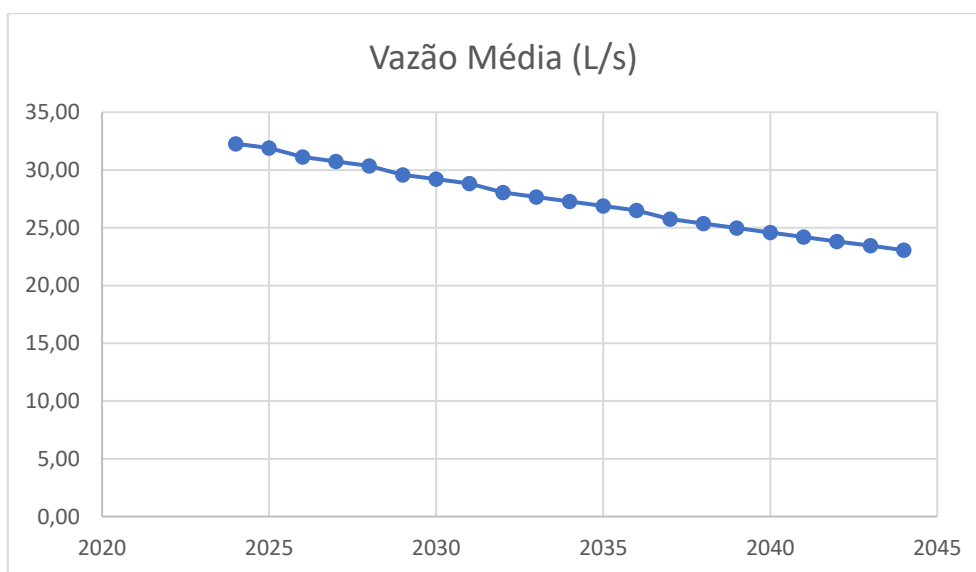
Tabela 15 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Capituba.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	84	32,28	38,73	3.346,56
2025	83	31,89	38,27	3.306,72
2026	81	31,13	37,35	3.227,04
2027	80	30,74	36,89	3.187,20
2028	79	30,36	36,43	3.147,36
2029	77	29,59	35,51	3.067,68
2030	76	29,20	35,04	3.027,84
2031	75	28,82	34,58	2.988,00
2032	73	28,05	33,66	2.908,32
2033	72	27,67	33,20	2.868,48
2034	71	27,28	32,74	2.828,64
2035	70	26,90	32,28	2.788,80
2036	69	26,51	31,82	2.748,96
2037	67	25,75	30,89	2.669,28
2038	66	25,36	30,43	2.629,44
2039	65	24,98	29,97	2.589,60

2040	64	24,59	29,51	2.549,76
2041	63	24,21	29,05	2.509,92
2042	62	23,82	28,59	2.470,08
2043	61	23,44	28,13	2.430,24
2044	60	23,06	27,67	2.390,40

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 13 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão Capituba.



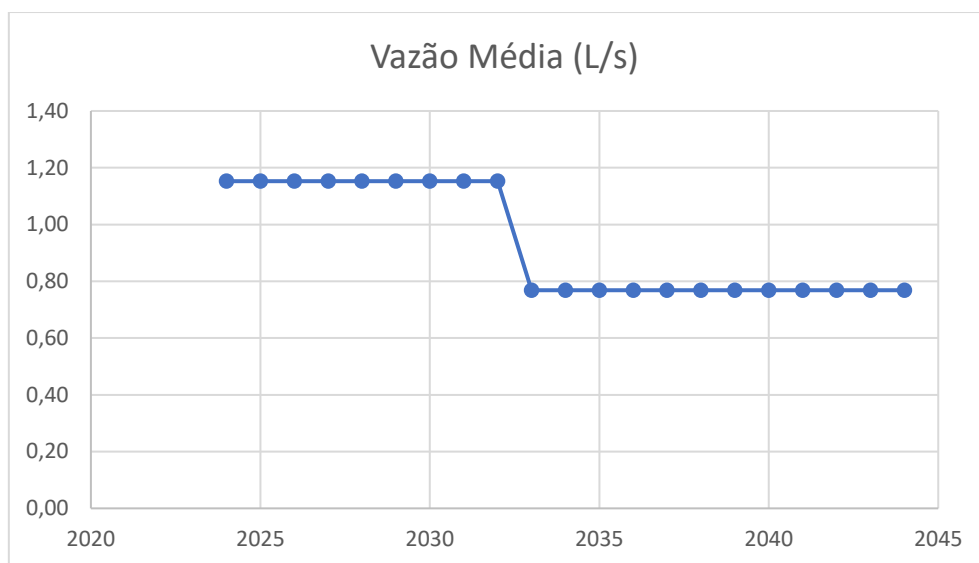
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 16 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão do Barranco Alto.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	3	1,15	1,38	119,52
2025	3	1,15	1,38	119,52
2026	3	1,15	1,38	119,52
2027	3	1,15	1,38	119,52
2028	3	1,15	1,38	119,52
2029	3	1,15	1,38	119,52
2030	3	1,15	1,38	119,52
2031	3	1,15	1,38	119,52
2032	3	1,15	1,38	119,52
2033	2	0,77	0,92	79,68
2034	2	0,77	0,92	79,68
2035	2	0,77	0,92	79,68
2036	2	0,77	0,92	79,68
2037	2	0,77	0,92	79,68
2038	2	0,77	0,92	79,68
2039	2	0,77	0,92	79,68
2040	2	0,77	0,92	79,68
2041	2	0,77	0,92	79,68
2042	2	0,77	0,92	79,68
2043	2	0,77	0,92	79,68
2044	2	0,77	0,92	79,68

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

**Gráfico 14 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão Bar-
ranco Alto.**



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

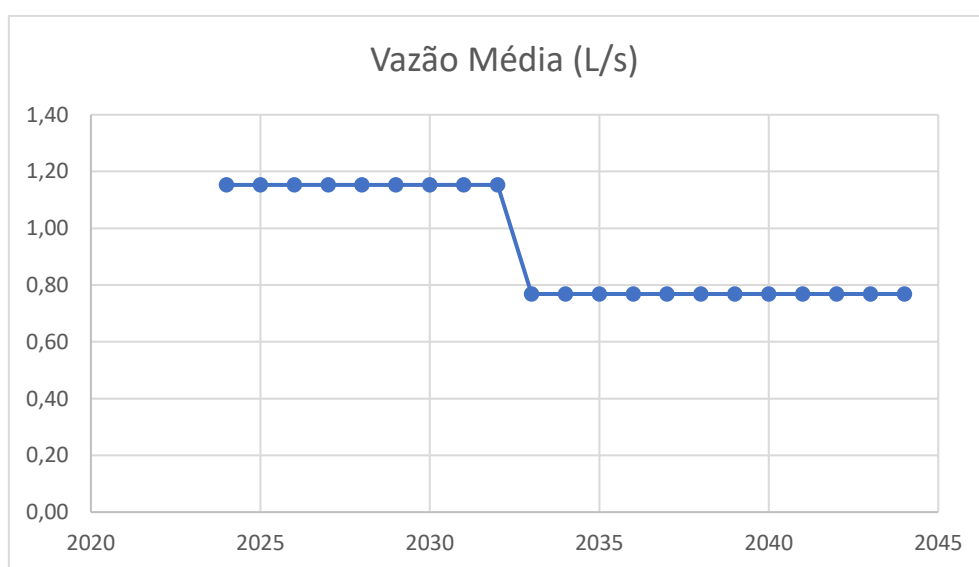
**Tabela 17 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão Pi-
rapitingui.**

Ano	Pop. Rural	Vazão Mé- dia (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	3	1,15	1,38	119,52
2025	3	1,15	1,38	119,52
2026	3	1,15	1,38	119,52
2027	3	1,15	1,38	119,52
2028	3	1,15	1,38	119,52
2029	3	1,15	1,38	119,52
2030	3	1,15	1,38	119,52
2031	3	1,15	1,38	119,52
2032	3	1,15	1,38	119,52
2033	2	0,77	0,92	79,68
2034	2	0,77	0,92	79,68
2035	2	0,77	0,92	79,68
2036	2	0,77	0,92	79,68
2037	2	0,77	0,92	79,68
2038	2	0,77	0,92	79,68

2039	2	0,77	0,92	79,68
2040	2	0,77	0,92	79,68
2041	2	0,77	0,92	79,68
2042	2	0,77	0,92	79,68
2043	2	0,77	0,92	79,68
2044	2	0,77	0,92	79,68

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 15 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão Pirapitingui.



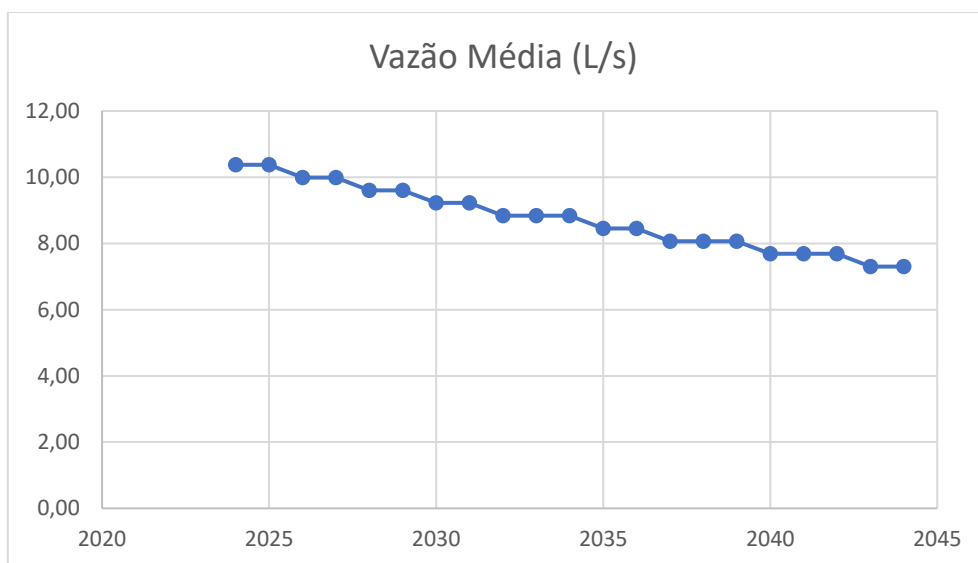
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 18 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Ribeirão dos Surdos.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	27	10,38	12,45	1.075,68
2025	27	10,38	12,45	1.075,68
2026	26	9,99	11,99	1.035,84
2027	26	9,99	11,99	1.035,84
2028	25	9,61	11,53	996,00
2029	25	9,61	11,53	996,00
2030	24	9,22	11,07	956,16
2031	24	9,22	11,07	956,16
2032	23	8,84	10,61	916,32
2033	23	8,84	10,61	916,32
2034	23	8,84	10,61	916,32
2035	22	8,45	10,14	876,48
2036	22	8,45	10,14	876,48
2037	21	8,07	9,68	836,64
2038	21	8,07	9,68	836,64
2039	21	8,07	9,68	836,64
2040	20	7,69	9,22	796,80
2041	20	7,69	9,22	796,80
2042	20	7,69	9,22	796,80
2043	19	7,30	8,76	756,96
2044	19	7,30	8,76	756,96

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 16 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Ribeirão dos Surdos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

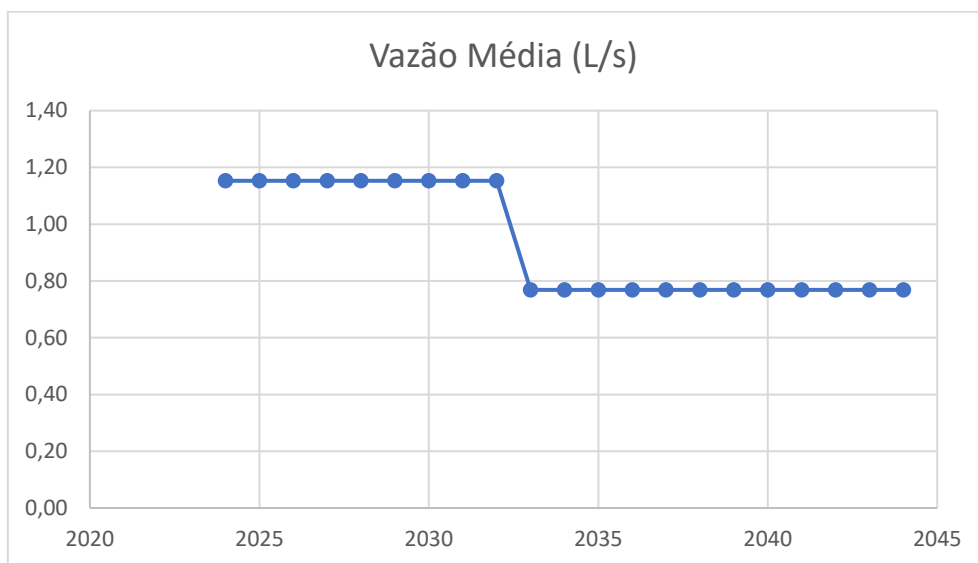
Tabela 19 - Demandas para o SAA do Núcleo Populacional da microbacia do Córrego do Rosário.

Ano	Pop. Rural	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³/dia)
2024	3	1,15	1,38	119,52
2025	3	1,15	1,38	119,52
2026	3	1,15	1,38	119,52
2027	3	1,15	1,38	119,52
2028	3	1,15	1,38	119,52
2029	3	1,15	1,38	119,52
2030	3	1,15	1,38	119,52
2031	3	1,15	1,38	119,52
2032	3	1,15	1,38	119,52
2033	2	0,77	0,92	79,68
2034	2	0,77	0,92	79,68
2035	2	0,77	0,92	79,68
2036	2	0,77	0,92	79,68
2037	2	0,77	0,92	79,68
2038	2	0,77	0,92	79,68
2039	2	0,77	0,92	79,68
2040	2	0,77	0,92	79,68

2041	2	0,77	0,92	79,68
2042	2	0,77	0,92	79,68
2043	2	0,77	0,92	79,68
2044	2	0,77	0,92	79,68

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 17 - Demanda para o SAA do Núcleo Populacional rural da Bacia do Córrego dos Rosários.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.1.2. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Abastecimento de Água

A busca por soluções eficientes no saneamento rural é um desafio para muitos municípios, especialmente devido à dispersão populacional e às particularidades geográficas. Entretanto, algumas cidades brasileiras têm se destacado na implementação de modelos inovadores e eficazes, que podem servir de inspiração para outras regiões (FUNASA, 2020).

Um caso de destaque é o município de Marechal Cândido Rondon, localizado no oeste paranaense, que se tornou referência em abastecimento de água para a população rural. O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município opera sob um modelo de gestão comunitária dirigida por uma autarquia

municipal, atendendo a 100% da população rural, composta por aproximadamente 7,6 mil habitantes, por meio de 41 sistemas de abastecimento de água e 1.799 ligações (FUNASA, 2020).

Em 2018, com a aprovação da Lei Municipal nº 5.099, houve uma importante alteração na legislação de saneamento rural anterior (Lei nº 4.244). Essa mudança instituiu o “Programa de Incentivo aos Sistemas Rurais”, que oferece às associações comunitárias um desconto de até 50% nos serviços de análise de água e na manutenção dos equipamentos de cloração. Esse programa tem o objetivo de garantir a qualidade e o tratamento adequado da água distribuída às comunidades rurais (FUNASA, 2020).

Para acessar esses benefícios, as associações comunitárias devem cumprir alguns requisitos estabelecidos pela autarquia. Entre eles, estão: (i) a obrigatoriedade de realizar a cloração das fontes de abastecimento de acordo com as portarias do Ministério da Saúde; (ii) a atualização contínua do cadastro da diretoria da associação; e (iii) o envio mensal ao SAAE do volume de água medido, tanto por micro como por macromedição (FUNASA, 2020).

De acordo com a Assemæe (2017), a universalização do abastecimento de água na área rural foi alcançada com a implantação de 41 sistemas denominados Solução Alternativa Coletiva (SAC). Esses sistemas são compostos por captação (normalmente por poços subterrâneos), tratamento simplificado, reservatórios, redes de distribuição e hidrômetros. A instalação desses sistemas coletivos permitiu que os moradores abandonassem soluções individuais, como minas e poços (FUNASA, 2020).

Os SACs utilizam fontes de captação de água de excelente qualidade, como poços profundos e minas com água de classe especial, permitindo que o tratamento da água seja simplificado, com foco na desinfecção (FUNASA, 2020).

Figura 1 - Exemplo de SAC e reservatório de distribuição na zona rural de Marechal Cândido Rondon/PR.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.1.3. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da demanda calculada

Para a área rural de Pindamonhangaba propõem-se a adequação dos pontos de captação superficial e subterrânea (captação), através de projetos básicos de proteção, como cercamentos e sinalização e dos sistemas de reservação existentes nas propriedades, sejam elas compartilhadas ou não.

Visando promover a saúde da população rural, recomenda-se que sejam realizadas análises da água consumida pelo menos uma vez ao ano, de forma a prevenir a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

1.1.4. Ações de Emergência e Contingência para o Abastecimento de Água na Zona Rural

A elaboração de ações de emergência e contingência para o sistema de abastecimento de água visa assegurar a continuidade e a qualidade do serviço frente a eventos adversos que possam comprometer seu funcionamento.

As ocorrências, suas respectivas origens e as medidas a serem adotadas foram organizadas em tabelas estruturadas, permitindo uma resposta eficiente e planejada. Essa abordagem busca mitigar impactos associados a situações como escassez hídrica, falhas operacionais e contaminações, dentre outros fatores que possam vir a ocorrer.

Tabela 20 - Ações de Emergência e Contingência – Soluções alternativas de abastecimento de água.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falha nos poços ou cisternas individuais	Problemas mecânicos em bombas, esgotamento da cisterna, contaminação da água no poço ou na cisterna	Contratar serviços de técnicos locais para reparo de bombas ou limpeza de poços/cisternas
		Usar caminhões-pipa para abastecimento emergencial
		Promover orientação sobre a manutenção dos sistemas individuais
Contaminação da água captada	Contaminação por infiltração de poluentes agrícolas, esgoto ou outros agentes nocivos	Isolar a fonte contaminada e interromper o uso da água
		Informar os moradores da necessidade de tratamento emergencial da água (fervura, cloração, etc.)
		Mobilizar equipes de saúde e meio ambiente para identificar e mitigar a fonte da contaminação
Seca prolongada ou esgotamento da fonte individual	Redução do nível de água em poços ou cisternas devido à seca	Implementar medidas de captação de água emergencial (ex: caminhões-pipa)
		Incentivar o uso racional da água nas propriedades rurais afetadas
		Fomentar a instalação de sistemas de captação de água da chuva como medida alternativa

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.1.5. Síntese do Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água

A Síntese do Diagnóstico evidencia deficiências identificadas nas condições de captação, armazenamento e tratamento da água nas propriedades rurais. O levantamento identificou práticas inadequadas que comprometem a qualidade da água fornecida, além de apontar a falta de infraestrutura e orientação técnica como fatores críticos. Com base nesses dados, torna-se essencial a adoção de medidas corretivas para assegurar a segurança hídrica e a saúde das comunidades rurais.

Abastecimento por Poço Raso e Poço Profundo

Os dados indicam que uma parcela significativa das propriedades que utilizam poços como fonte de água apresenta risco elevado de contaminação. Cerca de 15% dessas propriedades afirmam que o poço não está afastado a uma distância segura de 15 metros de possíveis fontes de contaminação, como fossas sépticas ou outros agentes poluidores.

Além disso, cerca de 21% das propriedades reportaram que o poço está localizado em um nível inferior ao da fossa, o que aumenta ainda mais o risco de infiltração de contaminantes. Outro dado preocupante é que 15% dos poços não foram revestidos adequadamente com alvenaria ou anéis de concreto, comprometendo a proteção da água captada.

Problemas relacionados ao alagamento ao redor do poço também foram apontados por 10% das propriedades, o que eleva o risco de contaminação. A falta de proteção física ao redor da abertura do poço foi relatada em 10% das propriedades. Esses fatores comprometem a segurança da água consumida e demandam intervenções estruturais e orientações técnicas adequadas.

Abastecimento por Nascentes

Nas propriedades que utilizam nascentes como fonte de abastecimento, cerca de 29% não possuem caixa de alvenaria construída na nascente, o que compromete a proteção da água e da nascente. Embora a maioria das nascentes estejam preservadas, algumas propriedades relataram ausência de conservação, o que também coloca em risco a qualidade da água distribuída e do público de consumo.

Armazenamento de Água

Outro ponto crítico identificado no Diagnóstico é o armazenamento inadequado da água em algumas propriedades. Em 1% das propriedades, a água é armazenada em tonéis ou galões, sem as devidas condições de higiene e segurança. Além disso, cerca de 1% das propriedades afirmaram que o método de

coleta de água dos poços ainda envolve o uso de baldes, jarras e canecas, práticas que podem levar à contaminação direta da água utilizada no consumo.

Tratamento e Qualidade da Água

O tratamento da água e a garantia de sua qualidade também são áreas problemáticas. Foram identificados problemas com a qualidade da água, como alterações na cor, odor e sabor, o que foi constatado por cerca de 39% das propriedades pesquisadas. A falta de orientação técnica é uma lacuna importante, com cerca de 84% dos entrevistados afirmando não ter recebido orientações adequadas sobre o tratamento da água para consumo.

Cerca de 73% das propriedades afirmaram não realizar nenhum tipo de tratamento doméstico, como fervura ou cloração. Esse é um dado preocupante, pois indica que grande parte da população rural está consumindo água sem qualquer tipo de barreira sanitária contra microrganismos patogênicos, o que aumenta significativamente o risco de veiculação de doenças de origem hídrica. Esse cenário evidencia a necessidade urgente de ações de educação sanitária, apoio técnico e políticas públicas voltadas à segurança hídrica, visando a promoção da saúde e a prevenção de enfermidades nas comunidades atendidas.

Justificativa

Diante desse cenário, o prognóstico do Plano Municipal de Saneamento Rural de Pindamonhangaba deve focar em ações prioritárias que envolvam a adequação das infraestruturas de captação, armazenamento e tratamento de água, além da promoção de educação ambiental e técnica para os moradores.

A regularização de poços e nascentes, a implementação de práticas de armazenamento seguro, e a oferta de assistência técnica para o tratamento e análise da água são fundamentais para assegurar o abastecimento de água de qualidade e o bem-estar das comunidades rurais.

1.1.6. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Abastecimento de Água

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de abastecimento de água em áreas rurais do município de Pindamonhangaba foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Nestas tabelas, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob a ótica macro como micro de análise, fluindo em uma sequência lógica da fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto, os programas, projetos e ações necessárias para realizar tais metas e os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas. Sendo assim, a seguir estão definidos os objetivos propostos para o SAA rural do município de Pindamonhangaba.

Objetivo 1 – Adequação dos Pontos de Captação e Armazenamento de Água

A adequação dos pontos de captação e armazenamento de água é essencial para garantir o abastecimento de água segura e de qualidade nas áreas rurais de Pindamonhangaba.

O diagnóstico identificou diversas situações de risco, como poços localizados próximos a fontes de contaminação, ausência de proteção adequada ao redor das captações, alagamento das áreas próximas aos poços e armazenamento inadequado. Esses fatores comprometem diretamente a qualidade da água consumida, expondo a população rural a riscos de doenças e contaminação.

Portanto, o objetivo de adequar os pontos de captação e armazenamento visa eliminar esses riscos, melhorando as condições de saneamento e garantindo a conformidade com as normas sanitárias. A implementação dessas ações também contribuirá para a preservação das nascentes e para o uso sustentável dos recursos hídricos, assegurando o acesso contínuo a água de qualidade para a geração atual e futuras.

As ações descritas nos objetivos e metas devem priorizar aqueles aglomerados identificados no diagnóstico, utilizando como critério os maiores problemas sanitários e a densidade populacional.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, com as suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
OBJETIVO	1	ADEQUAÇÃO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA			
FUNDAMENTAÇÃO		O diagnóstico realizado nas áreas rurais de Pindamonhangaba revelou deficiências nas condições de captação de água, tanto por poços rasos e profundos quanto por nascentes, além do armazenamento inadequado. Parte das propriedades não atende aos critérios de segurança, estando vulneráveis a contaminações. As adequações propostas visam a eliminação de riscos e a melhoria da qualidade da água para consumo humano, conforme legislação vigente e boas práticas de saneamento.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Implementação de um sistema de monitoramento contínuo da qualidade da água e inspeções regulares das estruturas de captação.			
METAS					
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Adequar 35% dos poços em condições desfavoráveis; 2) Adequar 35% do armazenamento de água; 3) Adequar 40% das nascentes.		4) Adequar 70% dos poços em condições desfavoráveis; 5) Adequar 70% do armazenamento de água; 6) Adequar 80% das nascentes.		7) Adequar 100% dos poços em condições desfavoráveis; 8) Adequar 100% do armazenamento de água; 9) Adequar 100% das nascentes.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
1.1.1	Adequação dos poços de captação com tampas de proteção metálicas, de concreto ou plástico que vedam totalmente a abertura do poço.	X	X	X	RP - FPU
1.1.2	Proteção ao redor da abertura, com pelo menos 50 a 70 cm de elevação, inibindo o escoamento de águas pluviais para dentro do poço.	X	X	X	RP - FPU

1.1.3	Construção de caixas de alvenaria nas nascentes e cercamento das áreas ao redor.	X	X	X	RP - FPU
1.1.4	Promover o plantio de mudas nativas das nascentes em estado de degradação.	X			RP - FPU
1.1.5	Desativação de fossas rudimentares localizadas a menos de 30 metros dos pontos de captação de água.	X			AA
1.1.6	Substituição de reservatórios inadequados a partir de suporte financeiro para as famílias de baixa renda.	X			RP - FPU
1.1.7	Monitoramento e fiscalização constante das adequações em andamento.	X	X	X	AA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Objetivo 2 – Capacitação Técnica e Educação Ambiental

A capacitação técnica e a educação ambiental são necessárias para garantir a correta gestão dos recursos hídricos nas áreas rurais de Pindamonhangaba. O diagnóstico revelou deficiências no manejo e na preservação das fontes de água, como a ausência de orientação técnica para o tratamento de água e o uso inadequado de métodos de captação e armazenamento. Além disso, grande parte das propriedades não realiza análise da qualidade da água e muitas adotam práticas que podem comprometer sua potabilidade.

Diante desse cenário, a capacitação técnica visa habilitar os proprietários rurais a adotarem práticas corretas no manejo da água, enquanto a educação ambiental busca conscientizar a população.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, com as suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas e os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 22 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
OBJETIVO	2	CAPACITAÇÃO TÉCNICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL			
FUNDAMENTAÇÃO		Com base no diagnóstico das propriedades rurais de Pindamonhangaba, constatou-se que uma parte significativa das propriedades não possui orientação técnica sobre o tratamento da água, especialmente quanto à análise de qualidade e manutenção dos sistemas de captação. Além disso, a falta de medidas adequadas para proteção de poços e nascentes, como revestimentos e cercamentos, além da falta de tratamento da água, demonstra a necessidade de ações educativas e capacitações técnicas para garantir a segurança hídrica e prevenir contaminações. A educação ambiental é essencial para a conscientização sobre boas práticas de uso da água e preservação de fontes, integrando moradores e gestores locais.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Avaliação da participação em programas de educação ambiental e capacitação técnica, número de propriedades assistidas e monitoramento da implementação de boas práticas de captação e tratamento de água.			
METAS					
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Criar e implementar programas de Educação Ambiental com foco no saneamento rural; 2) Promover a capacitação técnica das propriedades rurais.		3) Manter os programas de Educação Ambiental com foco no saneamento rural; 4) Manter a capacitação técnica das propriedades rurais.		5) Manter os programas de Educação Ambiental com foco no saneamento rural; 6) Manter a capacitação técnica das propriedades rurais.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
1.2.1	Realização de oficinas práticas sobre captação, análise e tratamento de água nas comunidades rurais.	X	X	X	AA - RP

1.2.2	Distribuição de materiais educativos sobre proteção e manutenção de nascentes e poços.	X	X	X	FPU
1.2.3	Criação de um programa de análise periódica da qualidade da água, com distribuição de kits de teste de qualidade para as comunidades rurais.	X			AA - RP
1.2.4	Implementação de programas de orientação técnica sobre o tratamento adequado da água para consumo, com foco em fervura e cloração.	X	X	X	AA - RP
1.2.5	Estabelecer uma rede de técnicos e especialistas que possam ser acionados para prestar apoio gratuito ou subsidiado nas questões de captação e tratamento de água nas propriedades rurais.	X	X	X	AA - RP
1.2.6	Promover capacitações sobre o uso de tecnologias de baixo custo e técnicas de captação sustentável, como cisternas de captação de água da chuva e sistemas de filtragem caseiros.	X	X	X	AA - RP
1.2.7	Incentivar a criação de comitês comunitários de monitoramento da qualidade da água, com participação dos moradores para verificar a conformidade das práticas de tratamento.		X	X	AA - RP

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Objetivo 3 – Soluções Sustentáveis para o Abastecimento de Água

As ações propostas consideram a utilização de tecnologias sustentáveis, como sistemas de captação de água da chuva, implementação de SACs e melhorias nas redes de distribuição de água, além de práticas de conservação e recuperação de áreas de recarga hídrica. Essas ações são necessárias para assegurar que os recursos hídricos continuem a ser acessíveis de forma resiliente, garantindo a expansão das atividades rurais.

O objetivo é promover uma infraestrutura hídrica que minimize impactos ambientais, otimize o uso da água e fortaleça a resiliência das comunidades. Por meio da educação ambiental, envolvimento da comunidade e parcerias com instituições, busca-se garantir que o abastecimento de água nas áreas rurais de Pindamonhangaba seja sustentável e equitativo.

Tabela 23 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
OBJETIVO	3	SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
FUNDAMENTAÇÃO		A busca por soluções sustentáveis para o abastecimento de água na zona rural de Pindamonhangaba é essencial para garantir o acesso universal e a preservação dos recursos hídricos. Com base nas experiências bem-sucedidas de outros municípios e o potencial local, as ações devem focar na implantação de tecnologias eficientes, no manejo adequado dos sistemas de abastecimento de água e na educação da população rural quanto ao uso consciente.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Monitoramento periódico das taxas de cobertura das comunidades atendidas pelo SAC, relatórios mensais sobre a qualidade da água e a adesão ao sistema, realização de auditorias anuais para verificar o funcionamento e impacto social, relatórios de manutenção com cronograma de visitas técnicas, monitoramento do fluxo de recursos financeiros destinados as ações, controle do número de financiamentos concedidos e monitoramento do uso correto dos recursos.			
METAS					
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Implementar 30% dos sistemas de Solução Alternativa Coletiva (SAC) nas áreas rurais; 2) Realizar manutenções regulares em 40% dos sistemas de abastecimento já existentes; 3) Estabelecer parcerias em 20% das comunidades para gestão compartilhada de abastecimento; 4) Incentivar a instalação de sistemas de cloração e tratamento simplificado em 30% das comunidades rurais.		5) Ampliar a instalação de SACs para 60% das áreas rurais; 6) Realizar manutenções regulares em 70% dos sistemas de abastecimento; 7) Estabelecer parcerias em 50% das comunidades para gestão compartilhada de abastecimento; 8) Expandir o programa de cloração e tratamento para 60% das comunidades rurais.		9) Implementar SACs em 100% das áreas rurais; 10) Realizar manutenções regulares em 100% dos sistemas de abastecimento; 11) Estabelecer parcerias em 100% das comunidades para gestão compartilhada de abastecimento; 12) Garantir que 100% das comunidades rurais tenham acesso a sistemas de cloração e tratamento simplificado.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
1.3.1	Implementar sistemas de Solução Alternativa Coletiva (SAC) para comunidades rurais, priorizando áreas com maior densidade populacional e que atualmente utilizam fontes inadequadas de abastecimento.	X	X	X	FPU - FPR - RP

1.3.2	Criar um programa de incentivo à instalação de sistemas de cloração e tratamento simplificado em comunidades rurais, oferecendo subsídios ou descontos para a compra de equipamentos de tratamento.	X	X		FPU - FPR - RP
1.3.3	Estabelecer um programa de manutenção periódica dos sistemas de abastecimento, com inspeções regulares para prevenir problemas de contaminação e falhas operacionais.		X	X	AA - RP
1.3.4	Fomentar parcerias entre a administração municipal e associações comunitárias para a gestão compartilhada dos sistemas de abastecimento, com apoio técnico e financeiro do município.		X	X	AA
1.3.5	Implementar a perfuração de poços artesianos comunitários em áreas onde a rede de distribuição não pode chegar, garantindo o fornecimento de água potável a comunidades dispersas.	X	X		FPU - FPR - RP
1.3.6	Desenvolver um programa de subsídios ou linhas de crédito para pequenos produtores rurais instalem sistemas individuais de captação e tratamento de água.	X	X	X	FPU - FPR - RP
1.3.7	Implementar tecnologias de reuso de água e incentivar a instalação de sistemas de captação de água da chuva para uso em atividades agrícolas e pecuárias.	X	X	X	FPU - FPR - RP
1.3.8	Estabelecer conselhos comunitários em cada região rural para supervisionar, participar da gestão e tomar decisões sobre o abastecimento de água, em parceria com o poder público.		X		AA
1.3.9	Criar incentivos e programas de capacitação para agricultores rurais adotarem práticas sustentáveis que promovam o uso eficiente da água, como irrigação por gotejamento e técnicas de conservação de solo e água.	X	X	X	RP
1.3.10	Criar programas voltados à proteção de nascentes e áreas de recarga hídrica, incentivando práticas de conservação do solo e reflorestamento nas áreas rurais.	X	X	X	FPU - FPR - RP

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Definição das Áreas Prioritárias

A definição de áreas prioritárias constitui uma etapa fundamental no planejamento das ações voltadas ao saneamento rural no Município de Pindamonhangaba. Essa abordagem visa identificar os locais que demandam maior atenção e intervenções imediatas, considerando os resultados obtidos no diagnóstico. Com base nos questionários aplicados às residências rurais, foram mapeados os pontos críticos do abastecimento de água. Esses dados foram organizados em um mapa ilustrativo (Figura x) e na Tabela y que categoriza a quantidade e os tipos de ocorrências por bairro, proporcionando uma visão ampla das vulnerabilidades da zona rural.

A análise dos dados revelou a concentração de problemas em determinados bairros rurais, que, conseqüentemente, configuram-se como áreas prioritárias para as ações de saneamento. Esses bairros apresentam o maior número de ocorrências negativas, indicando a necessidade de medidas mais intensivas e direcionadas para mitigar os impactos ambientais e sociais gerados pelas práticas inadequadas de manejo de resíduos. A identificação dessas áreas permite o direcionamento eficaz dos recursos e esforços, contribuindo para o cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e para a promoção de melhores condições de saúde e qualidade de vida para a população rural.

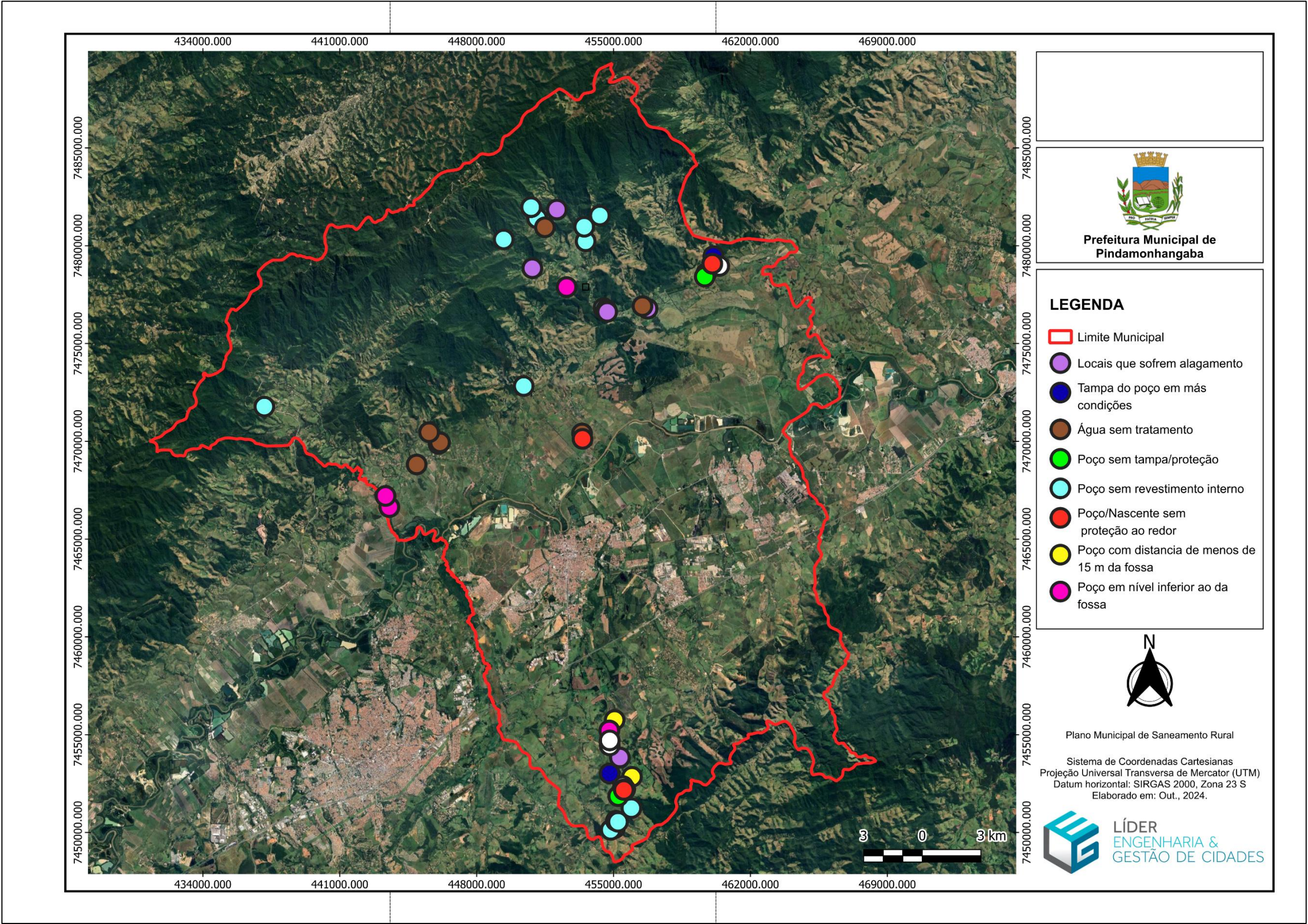
Dessa forma, a tabela apresenta os bairros divididos por níveis de prioridade para execução das ações prospectivas.

Tabela 24 – Níveis de prioridade para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).

BAIRRO	SEM TRATAMENTO/ALAGAMENTO	RISCO DE CONTAMINÇÃO PELA FOSSA	PROBLEMA COM PROTEÇÃO DO POÇO/NASCENTE	PRIORIDADE
Bom Sucesso				ALTA
Goiabal				ALTA
Borba				ALTA
Correa do Borba				BAIXA
Piedade				ALTA
Piracuama				BAIXA
Lefevé				BAIXA
Itapeva				BAIXA
Rodeio				BAIXA
Trabiju				MÉDIA
Cruz Grande				BAIXA
Cruz Pequena				BAIXA
Buraqueira				BAIXA
Tetequera				BAIXA
Pinga				BAIXA
Graminha				BAIXA
Ribeirão Grande				MÉDIA
Borboleta				ALTA
Pinhão do Borba				BAIXA
Pinhão do Una				ALTA
Correa do Borba				MÉDIA
Canta Galo				BAIXA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Mapa 1 - Níveis de prioridade para intervenção no abastecimento (bairros rurais de Pindamonhangaba).



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.1.7. Análise Econômica

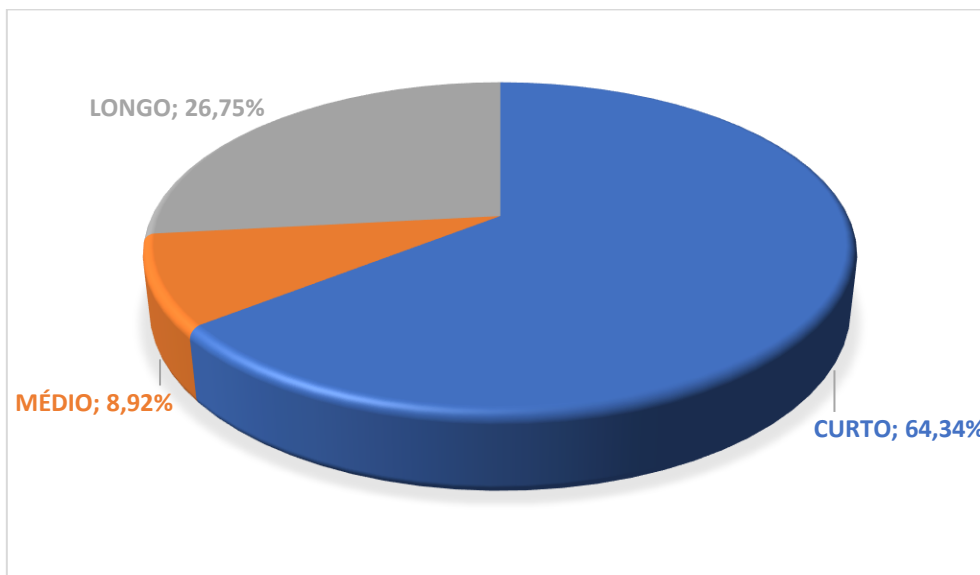
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram uma estimativa dos investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 25 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA – PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SETOR 1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
OBJETIVOS	CURTO	MÉDIO	LONGO	TOTAL
ADEQUAÇÃO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS	R\$ 170.608,65	R\$ 23.641,84	R\$ 44.425,63	R\$ 238.676,12
ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS DE RESERVAÇÃO	R\$ 50.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 120.000,00	R\$ 210.000,00
SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS PARA O ABASTECIMENTO DE ÁGUA	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 150.000,00
TOTAL	R\$ 270.608,65	R\$ 113.641,84	R\$ 214.425,63	R\$ 598.676,12

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 18 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

O município de Pindamonhangaba, de acordo com o Diagnóstico realizado, não utiliza de sistemas centralizados de esgotamento sanitário no perímetro rural e nas macrozonas rurais, sendo utilizado as soluções individuais ou descentralizadas de tratamento do efluente. Em áreas rurais distantes dos centros urbanos e estações de tratamento de esgoto, a adoção de sistemas individuais de esgotamento sanitário é de suma importância, sendo uma solução altamente vantajosa e adaptável às condições locais.

A implementação de soluções descentralizadas torna-se imperativa devido à impossibilidade de conexão a sistemas centralizados. Essas alternativas não apenas proporcionam o tratamento eficiente dos resíduos, minimizando impactos ambientais, mas também promovem a autonomia das comunidades rurais, garantindo a sustentabilidade e preservação dos recursos hídricos locais.

Em relação ao município de Pindamonhangaba, de acordo com os levantamentos realizados em campo e apresentados no Diagnóstico, a grande maioria dos sistemas individuais nas propriedades rurais se dão através das fossas rudimentares, não possuindo o tratamento adequado por este meio, aumentando as chances de contaminação do solo e de corpos hídricos.

Diante desse cenário, este Plano apresentará propostas de substituição dos sistemas individuais inadequados, como as fossas rudimentares, por outros meios de tratamento de rejeitos que ofereçam maior segurança ambiental e sanitária. As propostas serão elaboradas levando-se em conta as características específicas das propriedades rurais, a fim de garantir a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas.

A implementação das medidas propostas visa melhorar a qualidade do meio ambiente e da saúde pública na área rural do município, através da redução do risco de contaminação dos recursos hídricos e do solo, bem como da prevenção de doenças transmitidas pelo contato com água e solo contaminados.

1.2.1. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos

A contribuição de esgoto está diretamente correlacionada ao consumo de água, sendo assim, utiliza-se normalmente o consumo per capita usado para projetos de sistemas de abastecimento de água para se projetar o sistema de esgotos.

No sistema de esgoto sanitário, porém, considera-se o consumo efetivo per capita, não incluindo as perdas de água, sendo o consumo per capita de água variando em função do local. Em locais onde não há dados referentes ao consumo per capita de água, a literatura recomenda a adoção de valores de comunidades com características semelhantes.

Para que possa ser estabelecida a contribuição per capita de esgoto, o consumo de água efetivo per capita é multiplicado pelo coeficiente de retorno.

O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgoto produzido e o volume de água efetivamente consumido pela população, de acordo com a ABNT NBR n° 9649/1986, que diz para se adotar o valor de 80% para o coeficiente de retorno.

Desta maneira, faz-se necessário estabelecer coeficientes que traduzam estas variações de contribuição para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema de esgotamento. Assim sendo, serão determinados os seguintes coeficientes:

- K1 coeficiente de máxima vazão diária - é a relação entre a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual;
- K2 coeficiente de máxima vazão horária - é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;
- K3 coeficiente de mínima vazão horária - é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

Na falta de valores obtidos através de medições, a ABNT NBR n° 9649 recomenda o uso de $K1 = 1,20$, $K2 = 1,50$ e $K3 = 0,50$. Sendo assim, a tabela

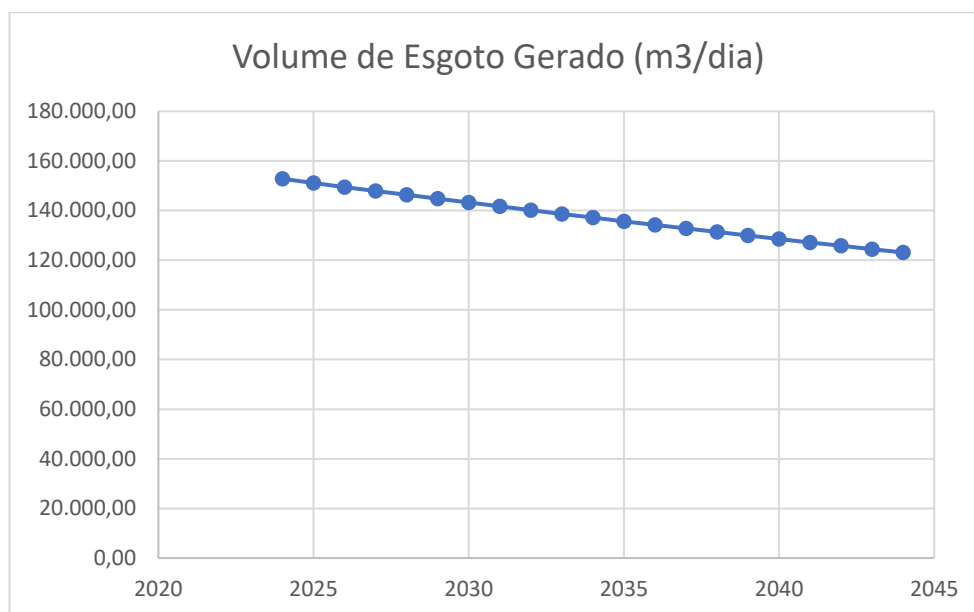
abaixo mostra os valores de vazão anual da população rural do município de Pindamonhangaba com a previsão para os próximos vinte anos.

Tabela 26 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.

Ano	População rural	Volume de água para consumo (m³/dia)	Volume de esgoto gerado (m³/dia)
2024	4.794	190.992,96	152.794,37
2025	4.742	188.921,28	151.137,02
2026	4.691	186.889,44	149.511,55
2027	4.641	184.897,44	147.917,95
2028	4.591	182.905,44	146.324,35
2029	4.542	180.953,28	144.762,62
2030	4.493	179.001,12	143.200,90
2031	4.445	177.088,80	141.671,04
2032	4.397	175.176,48	140.141,18
2033	4.350	173.304,00	138.643,20
2034	4.303	171.431,52	137.145,22
2035	4.257	169.598,88	135.679,10
2036	4.211	167.766,24	134.212,99
2037	4.166	165.973,44	132.778,75
2038	4.121	164.180,64	131.344,51
2039	4.077	162.427,68	129.942,14
2040	4.033	160.674,72	128.539,78
2041	3.990	158.961,60	127.169,28
2042	3.947	157.248,48	125.798,78
2043	3.905	155.575,20	124.460,16
2044	3.863	153.901,92	123.121,54

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 19 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de Pindamonhangaba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Em paralelo ao cenário observado nas projeções de demanda para o sistema de abastecimento de água nas áreas rurais, identificou-se no município de Pindamonhangaba uma diminuição nas estimativas de geração de esgoto ao longo do horizonte de 20 anos, alinhado com a tendência projetada de declínio populacional do Produto 3.

1.2.2. Cargas e Concentração

Para se analisar o impacto da poluição e das eficácias das medidas de controle, é necessária a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo hídrico. A carga é retratada em termos de massa por unidade de tempo, podendo ser calculada por um dos seguintes métodos, dependendo do tipo de problema em análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis.

Nos cálculos é sempre indicado converter as unidades para se trabalhar sempre com unidades de medida consistentes, como por exemplo, kg/d.

- carga= concentração x vazão;
- carga= contribuição per capita x população;

- carga= contribuição por unidade produzida (kg/unid produzida) x produção (unid produzida/dia);
- carga= contribuição por unidade de área (kg/km².dia) x área (km²).

Para o cálculo da carga para esgoto doméstico é utilizado a seguinte equação.

$$carga = população . carga \text{ per capita}$$

$$carga \left(\frac{kg}{d} \right) = \frac{população(hab) . carga \text{ per capita} \left(\frac{g}{hab. dia} \right)}{1000 \left(\frac{g}{kg} \right)}$$

A porcentagem ou eficiência de remoção de determinado poluente no tratamento ou em uma etapa do mesmo é dada pela fórmula.

$$E = \frac{Co - Ce}{Co} . 100$$

Sendo:

E: eficiência de remoção (%);

Co: concentração afluenta do poluente (mg/L);

Ce: concentração efluentes do poluente (mg/L).

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um período de tempo de cinco dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO_{5,20}.

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc. A carga de DBO é produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. No caso de esgotos sanitários, é tradicional no Brasil a adoção de uma contribuição *per capita* de DBO 5,20 de 54 gramas por habitante por dia.

Assim sendo, apresentam-se na tabela abaixo para os próximos vinte anos, as cargas orgânicas – DBO, com e sem tratamento, considerando uma eficiência de 80% de remoção na carga de DBO a partir do processo de tratamento.

Tabela 27 - Valores de Cargas Orgânicas de DBO.

Ano	População Rural	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) Sem Tratamento	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) Com Tratamento
2024	4.794	258,88	51,78
2025	4.742	256,07	51,21
2026	4.691	253,31	50,66
2027	4.641	250,61	50,12
2028	4.591	247,91	49,58
2029	4.542	245,27	49,05
2030	4.493	242,62	48,52
2031	4.445	240,03	48,01
2032	4.397	237,44	47,49
2033	4.350	234,90	46,98
2034	4.303	232,36	46,47
2035	4.257	229,88	45,98
2036	4.211	227,39	45,48
2037	4.166	224,96	44,99
2038	4.121	222,53	44,51
2039	4.077	220,16	44,03
2040	4.033	217,78	43,56
2041	3.990	215,46	43,09
2042	3.947	213,14	42,63
2043	3.905	210,87	42,17
2024	3.863	208,60	41,72

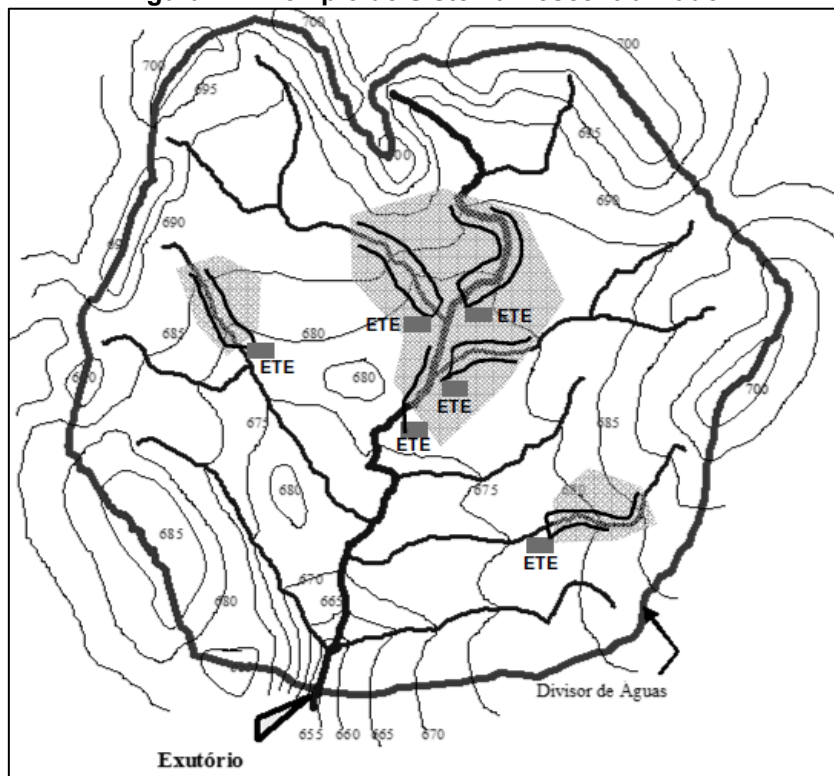
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.2.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos

Há dois métodos de se implementar um sistema de esgotamento sanitário, o primeiro é uma medida de sistema descentralizado, onde se implanta diversas estações de tratamento, normalmente uma para cada sub-bacia de esgotamento.

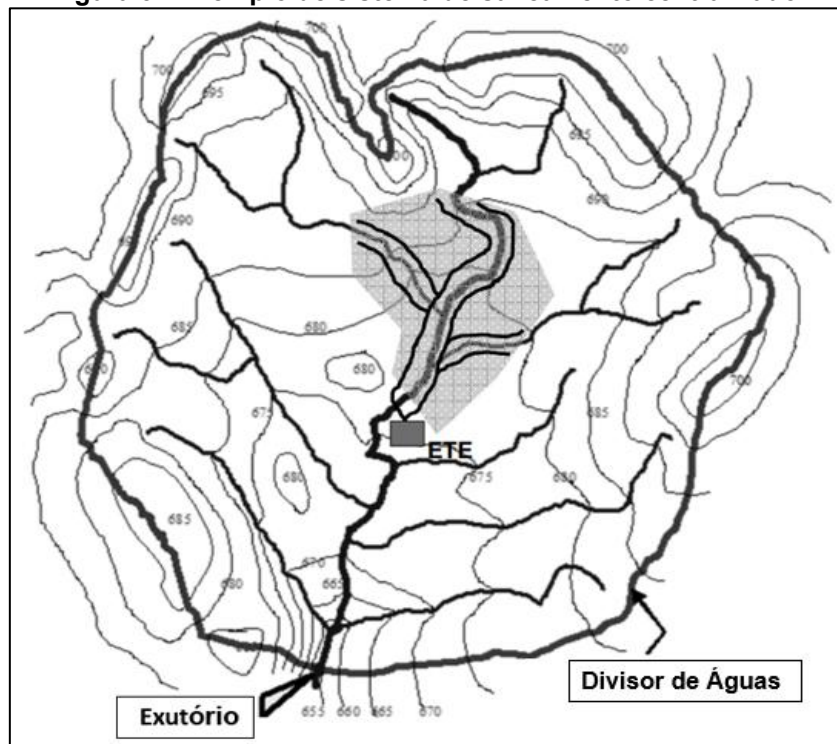
Enquanto, o segundo modelo é o centralizado ou sistema convencional, onde se implanta apenas uma estação de tratamento para receber todo o efluente produzido. Sendo assim, as figuras abaixo mostram estes exemplos.

Figura 2 - Exemplo de Sistema Descentralizado.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Figura 3 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Em áreas rurais onde as propriedades encontram-se agrupadas em proximidade, formando aglomerados rurais ou núcleos populacionais, recomenda-se a realização de estudos para a implantação de sistemas centralizados ou coletivos de tratamento de esgoto. Tal abordagem diverge de soluções adotadas em outros municípios brasileiros, nos quais as propriedades rurais costumam estar mais isoladas e distantes entre si.

Entretanto, no contexto das propriedades rurais de Pindamonhangaba, os sistemas individuais se mostram mais adequados, pois os mesmos permitem que cada propriedade trate seus próprios rejeitos sanitários de forma autônoma, reduzindo os custos de implementação e manutenção da infraestrutura e aumentando a eficiência do tratamento, muito também devido à grande extensão de área rural em relação a área total do município.

Além disso, os sistemas individuais podem ser projetados de acordo com as características específicas de cada propriedade, como o tamanho da área, o tipo de solo e a quantidade de água utilizada, o que garante uma melhor adequação à realidade local.

É importante ressaltar que a escolha do sistema de tratamento deve ser realizada levando-se em conta as normas e legislação ambiental vigentes, a fim de garantir a segurança sanitária e ambiental das soluções adotadas.

1.2.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada

Para a área rural de Pindamonhangaba será proposta a continuação das substituições dos sistemas de fossas rudimentares nas propriedades. Através dos questionários, foi possível verificar que aproximadamente 37% das propriedades rurais amostradas ainda utilizam fossas rudimentares para “tratar” os esgotos gerados.

Enquanto, 45% das propriedades rurais amostradas utilizam fossas sépticas para tratar os seus esgotos e, 17% utilizam biodigestores. Em relação a implantação dos projetos de melhorias nos sistemas individuais, é de suma importância que se dê uma atenção e prioridade para os sistemas inadequados que estão localizados a montante dos corpos hídricos utilizados no abastecimento, tanto da zona rural quanto da urbana.

1.2.5. Sistemas Individuais

A falta de acesso aos serviços de esgotamento sanitário é algo bem frequente nas comunidades rurais, apresentando uma certa disparidade em relação aos centros urbanos. Sabe-se que a cada dez pessoas sem acesso a práticas adequadas de saneamento, sete vivem em áreas rurais.

Nestas regiões, 49% da população do país ainda convive com práticas consideradas inadequadas, como o uso de banheiros compartilhados, a defecação ao ar livre ou ainda, o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água.

Apesar do baixo índice de cobertura das áreas rurais do Brasil por redes coletoras de esgotos, isso por si só não é um agravante para as condições sanitárias.

Os sistemas locais de tratamento de esgoto (também chamados de descentralizados) — se bem projetados, construídos e operados — são boas alternativas para garantir a saúde da população e ao mesmo tempo, manter a integridade ambiental destas localidades especialmente de áreas menos densamente habitadas.

Os sistemas individuais, ou descentralizados, atendem residências unifamiliares ou pequeno número de contribuintes, recomendado para áreas com baixa densidade populacional e com nível de lençol freático adequado, uma vez que normalmente a disposição final do efluente tratado envolve infiltração.

É evidente que o despejo de esgoto sanitário sem tratamento nos mananciais piora a qualidade da água, sendo de extrema importância tratar e dispor adequadamente o esgoto.

Em algumas áreas, esta questão é complicada devido ao afastamento em relação às estações de tratamento de esgoto, à geografia do local, ou mesmo, à falta de infraestrutura. Neste contexto, uma solução é a descentralização do tratamento do esgoto doméstico, com a implantação, por exemplo, de fossas sépticas, filtros e sumidouros.

Desenvolvidos para atender as comunidades mais isoladas, os sistemas individuais, quando bem executados e operados, se tornam uma opção efetiva como solução sanitária para o tratamento dos efluentes domésticos.

É um dos mais simples, porém eficientes, sistemas de tratamento de esgoto doméstico previsto nas Normas NBR 7.229 e 13.969, indicado para residências ou instalações localizadas em áreas não providas de rede de coleta.

Dentro desta abordagem são destacados os seguintes sistemas individuais de tratamento de esgotos, que quando operado em conjunto, atingem os níveis de tratamento exigido:

- Fossas Sépticas;
- Valas de Infiltração/Filtros;
- Sumidouro.

As fossas sépticas, ou tanques sépticos, são unidades de forma cilíndrica ou prismática retangular, de fluxo horizontal, destinadas principalmente ao tratamento primário de esgotos de residências unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por redes coletoras. No tratamento, cumprem basicamente as seguintes funções:

- Separação gravitacional da espuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

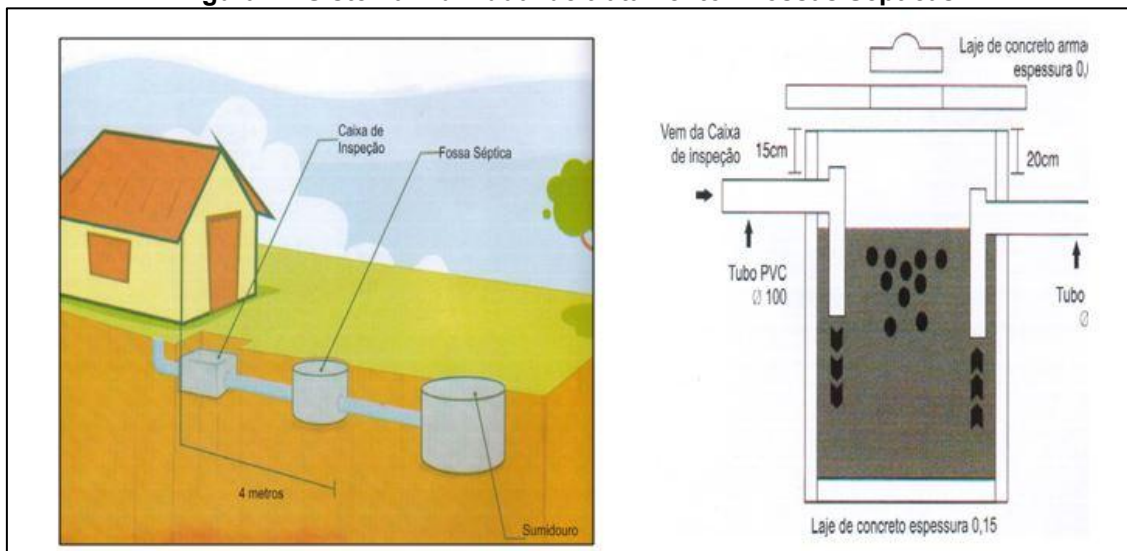
É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo projeto. A falta de retirada do lodo leva a sua acumulação excessiva e à redução do volume reacional do tanque, prejudicando sensivelmente as condições operacionais do reator. As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em quatro metros a fim de evitar mau odor, não muito longe, para evitar tubulações muito longas.

Estruturas construídas próximas ao banheiro também tendem a evitar curvas nas canalizações, o que beneficia o bom funcionamento. Também, sugere-se a instalação num nível mais baixo em relação ao terreno, favorecendo o escoamento.

Uma exigência importante é que este tipo de sistema seja construído longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água, pelo menos

trinta metros de distância, para evitar contaminações, no caso de um eventual vazamento. Abaixo segue as imagens do sistema de fossas sépticas.

Figura 4 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.



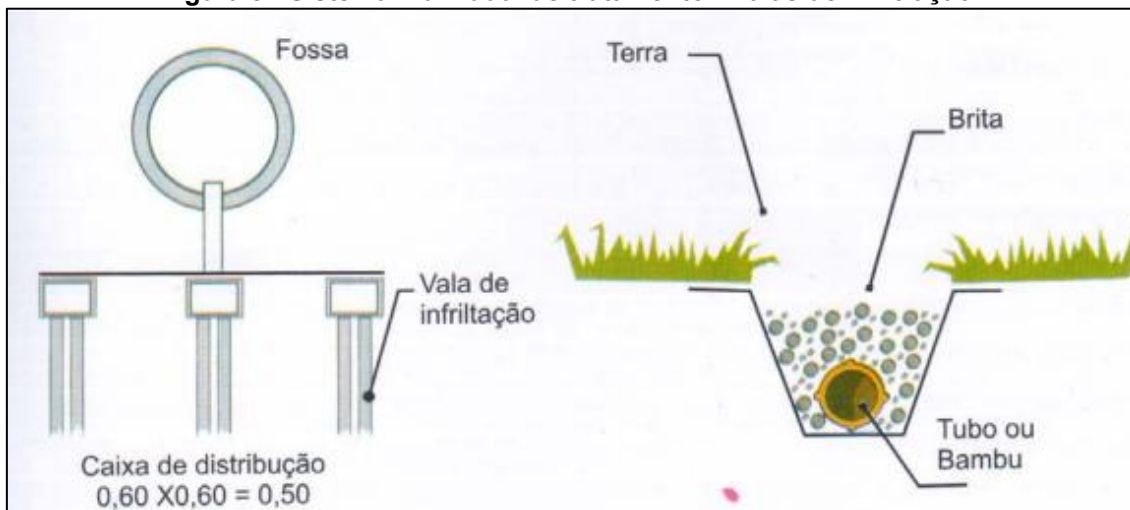
Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

As valas de infiltração e os filtros apresentam o mesmo princípio no tratamento dos esgotos. Caracterizado como tratamento secundário, este sistema permite uma eficiência na redução da carga orgânica acima de 80%. Através da retenção das partículas de lodo formadas e arrastadas da fossa séptica, as bactérias anaeróbias se formam e se fixam na superfície do meio filtrante.

As valas de infiltração consistem na escavação de uma ou mais valas, nas quais são colocados tubos de dreno com brita ou bambu que permite ao longo do seu comprimento o escoamento do efluente proveniente da fossa séptica para dentro do solo.

O comprimento total das valas depende do tipo de solo e quantidade de efluentes a ser tratado. Em terrenos arenosos é proposto 8m de valas por pessoa. Entretanto, para um bom funcionamento do sistema, cada linha de tubos não deve ter mais de 30m de comprimento. Portanto, dependendo do número de pessoas e do tipo de terreno, pode ser necessária mais de uma linha de tubos/valas.

Figura 5 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a penetração do efluente da fossa séptica no solo. O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas não devem ter menos de um metro de diâmetro e mais de três metros de profundidade para simplificar a construção.

Os sumidouros podem ser construídos de tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto. A construção de um sumidouro começa pela escavação de buraco, a cerca de três metros da fossa séptica e um nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade.

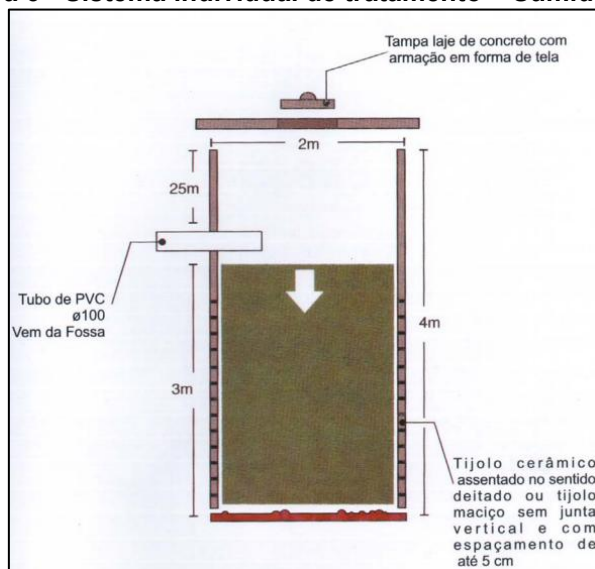
A profundidade do buraco deve ser setenta centímetros maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do dispositivo, para infiltração mais rápida no solo e de uma camada de terra, de vinte centímetros, sobre a tampa do sumidouro.

Os tijolos ou blocos só devem ser assentados com argamassa de cimento e areia nas juntas horizontais. As juntas verticais devem ter espaçamentos (no caso de tijolo maciço) e não devem receber argamassa de assentamento, para facilitar o escoamento dos efluentes. Se as paredes forem de anéis pré-moldados, eles devem ser apenas colocados uns sobre os outros, sem nenhum rejuntamento, para permitir o escoamento dos efluentes.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em parceria com a Vigilância Sanitária deveria cobrar e informar sobre a exigên-

cia de sumidouro apenas para casos em que não há existência de rede de esgotamento. A figura abaixo mostra outro modelo de sistema individual de tratamento, que pode ser utilizado nas propriedades rurais.

Figura 6 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Existem alternativas para complementar o tratamento realizado pela fossa séptica e para disposição final do efluente, dentre elas estão o filtro anaeróbio, o sumidouro, a vala de infiltração e, por fim, o tratamento do efluente por “wetland”.

Outra possibilidade que deve ser listada para implantação nas comunidades mais afastadas ou nas comunidades rurais, é a instalação de Estações Compactas de Tratamento de Esgotos. Nota-se atualmente que as associações não apresentam nenhum sistema de tratamento coletivo isolado. Nesse sentido, estas estações apresentam ótima eficiência do tratamento, além de apresentar as seguintes vantagens:

- Operação simples e de baixo custo;
- Alta flexibilidade operacional e de tratabilidade;
- Permite automatização rápida, simples e com baixo investimento;
- Totalmente pré-montada;
- Volume de lodo gerado inferior aos sistemas convencionais;
- Necessita apenas de uma base de concreto para apoio dos tanques;
- Área de implantação até 50% inferior aos sistemas convencionais.

Figura 7 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Assim, a construção de programas que incentivem as comunidades rurais a implantarem esses sistemas, se mostra importante para as regiões que ainda não são atendidas, visto que muitas destas áreas têm os esgotos domésticos lançados diretamente nos mananciais, ou utilizam de técnicas inadequadas como as fossas rudimentares.

A implantação de sistemas de tratamento descentralizado nas residências traz melhorias significativas para a população em termos de saneamento e saúde, e diminui impactos causados ao meio ambiente. Essa prática deve ser incentivada e monitorada pelos órgãos municipais, prestadora de serviço de saneamento e/ou órgão fiscalizador.

Para as comunidades rurais de Pindamonhangaba, recomenda-se que seja verificada a viabilidade de implementação de alternativas de baixo custo, tais como os filtros anaeróbios do tipo Cynamon (Decanto-Digestor + Filtro anaeróbio + Filtro de Areia).

Este sistema proposto pelo pesquisador Szachna Eliaz Cynamon, reformulou e otimizou o sistema de tratamento constituído de fossa e filtro anaeróbio ascendente, através de uma forma de associação de três filtros, seguidos por um filtro de areia.

Nesta associação, os fluxos dos filtros seguem uma escala ascendente, descendente e novamente ascendente, tendo o filtro de areia a finalidade de dar um polimento no efluente final.

Trata-se de alternativa com elevada eficiência para tratamento de esgotos sanitários e industriais. Cynamon recomenda que o sistema seja implantado em pequenas coletividades e áreas periféricas (1986).

Conforme Silva (2000), o processo foi estudado através de uma unidade piloto, com capacidade para tratar até 2 L/s, de esgotos domésticos ou industriais oriundos da FIOCRUZ.

Silva (2000, p. 1) informa que os ensaios realizados no período de patenteamento, quando foram obtidos os resultados que comprovaram a qualidade do processo patenteado, demonstraram as suas potencialidades.

Kligerman (1995, p.47) demonstra que o filtro anaeróbio tem taxa de aplicação de 10 a 20 m³/m².dia e trata uma carga orgânica de 1 a 2 Kg. DBO/m³ de pedra dia. Segundo Silva (2000), o processo apresenta algumas características que tornam a sua implantação altamente vantajosa, podendo ser implantado em espaços reduzidos e até mesmo em desvãos, apresenta custo de implantação e de operação reduzidos quando comparados aos processos clássicos, uma vez que os seus tempos de detenção hidráulica são semelhantes aos do lodo ativado convencional, o que permite que sejam construídas unidades compactas.

Outra vantagem do processo é a de que o consumo de oxigênio da unidade aeróbia é pequeno, pois a maior parte da estabilização da matéria orgânica é realizada na unidade anaeróbia. As eficiências alcançadas na remoção de carga orgânica variaram de 90% a 98 % (DQO como substrato). Em trabalho apresentado, Cynamon verificou que o processo permite uma redução do índice de coliformes totais de cerca de 95%.

Os órgãos responsáveis pela fiscalização precisam fazer o monitoramento periódico da qualidade dos corpos hídricos, através da realização de análises de amostras de água coletadas a montante e a jusante dos locais em que ocorre o lançamento do esgoto tratado, para inferir se os efluentes lançados estão dentro dos parâmetros exigidos pela legislação.

Nos locais em que as construções são isoladas e distantes umas das outras ou não existe um número significativo de moradores, não há viabilidade eco-

nômico-financeira para implementação de sistemas coletivos de tratamento, necessita-se, então, da instalação de unidades de tratamento em cada residência, tais como fossas sépticas seguidas de filtro anaeróbio e unidades de disposição controlada no solo, ou seja, de soluções individuais de esgotamento sanitário.

É importante ocorrer a coleta pelo Poder Público ou concessionária, dos efluentes e do lodo gerado nas mesmas de forma periódica, para destiná-los à posterior tratamento.

Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico

As Tecnologias Sociais (TS) apresentam-se como um conjunto de técnicas e metodologias que são aplicadas em determinada localidade ou região em que é evidenciada a participação ativa da comunidade com vista à solução de problemas que os afetam direta e indiretamente.

Portanto, as TS aplicadas ao saneamento básico podem ser utilizadas por comunidades rurais situadas em regiões com baixa oferta de infraestrutura sanitária, como por exemplo: fossa biodigestora, zona de raízes, círculo de bananeiras e bacias de evaporação para ajudar no tratamento de águas negras e cinzas.

As águas cinzas são águas residuais geradas a partir de processos domésticos, como, torneiras, chuveiros, lavanderias e lavatórios, que estão separados do esgoto sanitário. As águas cinzas podem representar até 80% do efluente sanitário gerado em um empreendimento.

A captação em redes hidráulicas separadas das águas cinzas e seu tratamento possibilita o reuso em atividades como irrigação de áreas verdes, descargas sanitárias, lavagem de pisos entre outras atividades menos nobres.

Já a água negra é o termo utilizado para descrever a água descartada que possui matéria fecal e urina. É assim chamada pela sua composição e a presença de contaminantes biológicos, e por ser mais difícil de ser tratada.

Para a área rural do município, diante da ausência de rede de esgotamento sanitário, algumas soluções para o tratamento de esgoto doméstico ou complementação do tratamento, podem ser a readequação das fossas rudimentares para as formas de alternativa descritas abaixo, como métodos individuais de tratamento do esgoto residencial.

A adoção de sistemas unifamiliares para as comunidades rurais se justifica devido à baixa densidade populacional nestas áreas, o que resultaria em investimentos muito elevados, tornando um sistema de tratamento coletivo economicamente inviável. Entre as possíveis maneiras de tratamento podemos citar a bacia de evapotranspiração, o banheiro seco, o círculo de bananeiras, a fossa séptica biodigestora e as zonas de raízes que serão descritas abaixo.

Fossas Sépticas Biodigestoras - FSB

A Fossa Séptica Biodigestora (FSB), é uma tecnologia criada em 2001 pela Embrapa Instrumentação para o tratamento da água de vaso sanitário. É composta por três caixas d'água conectadas onde ocorre a degradação da matéria orgânica do esgoto e a transformação deste em um biofertilizante que pode ser aplicado em algumas culturas.

O sistema é capaz de atender a uma casa de até cinco pessoas, mas adaptações podem ser feitas caso o número de habitantes seja maior. O princípio do funcionamento da FSB é a fermentação anaeróbia (ausência de oxigênio), realizada por um conjunto de microrganismos presentes no próprio esgoto.

Sob condições adequadas de temperatura, tempo de permanência no sistema e nutrientes, os microrganismos consomem a matéria orgânica e transformam o esgoto bruto em um efluente (esgoto tratado) adequado para ser utilizado no solo como um fertilizante.

Este procedimento, desde que obedecendo critérios, promove a complementação do tratamento do esgoto (tratamento terciário), que abrange a absorção de nutrientes pelas plantas e eliminação de microrganismos.

Todo esse processo é realizado naturalmente, sem o uso de energia elétrica, aplicando-se no início uma mistura de cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água, uma vez por mês. As fezes dos ruminantes contêm uma seleção de bactérias que aumentam a eficiência, potencializam o tratamento do esgoto, reduzem odores e auxiliam na qualidade do líquido (efluente) da saída do sistema.

As duas primeiras caixas do sistema são denominadas módulos de fermentação, ou seja, são os locais onde ocorre intensamente a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. A última caixa, ou caixa coletora, é destinada ao

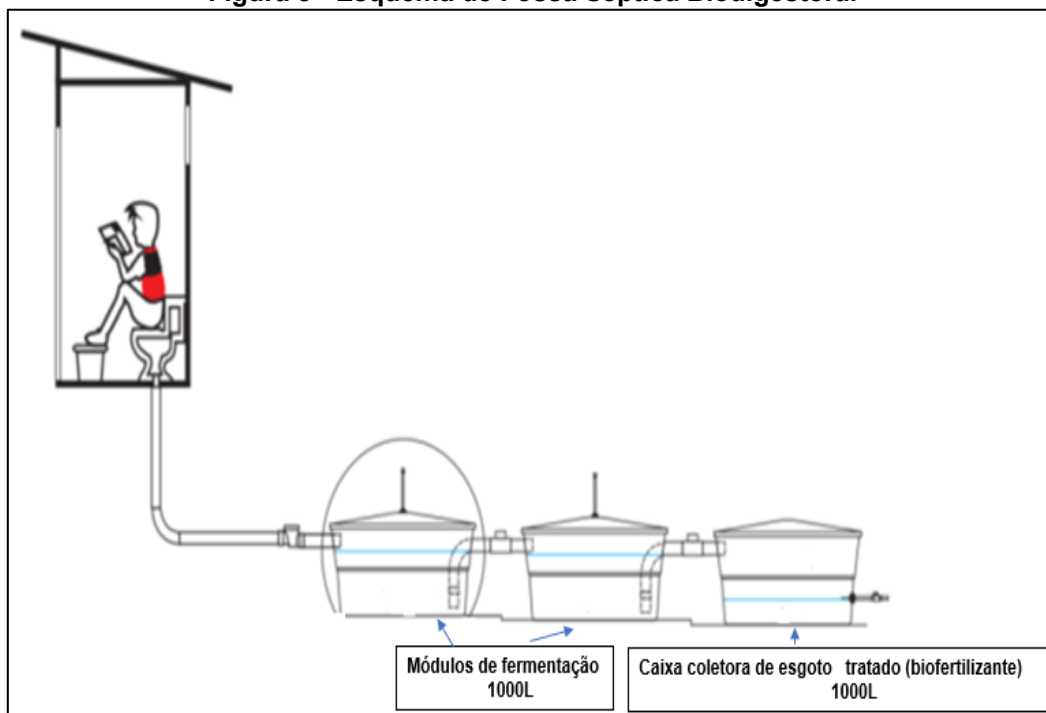
armazenamento do efluente já estabilizado, de onde este pode ser retirado para posterior utilização, como visto na figura a seguir.

Como o sistema é modular, o número de caixas pode ser aumentado de maneira proporcional ao número de moradores da residência, mantendo-se o volume mínimo de 1000 L para cada caixa.

Estudos indicam que é necessário adicionar uma caixa de mil Litros (módulo de fermentação) para cada 2,5 pessoas a mais na residência (duas caixas para cada cinco pessoas a mais e assim proporcionalmente) para manter a eficiência do sistema.

Residências rurais com menos de cinco habitantes também devem utilizar no mínimo três caixas de mil litros cada. Não utilizar volumes inferiores a mil litros ou adaptações no sistema. A figura abaixo mostra um exemplo de fossa séptica biodigestor.

Figura 8 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O método de construção e de funcionamento do sistema são simples, deve-se adquirir três caixas com volume de 1000L, tubulações de 100mm, instrumentos de vedação, conexões, ferramentas de fixação e perfuração.

Ao final do processo, tem-se um efluente livre de microrganismos causadores de doenças e que vão auxiliar na agricultura como fertilizante para capim, milho dentre outras plantas. As figuras abaixo demonstram um exemplo de fossa séptica biodigestora.

Figura 9 - Exemplos de Fossas Sépticas Biodigestoras.



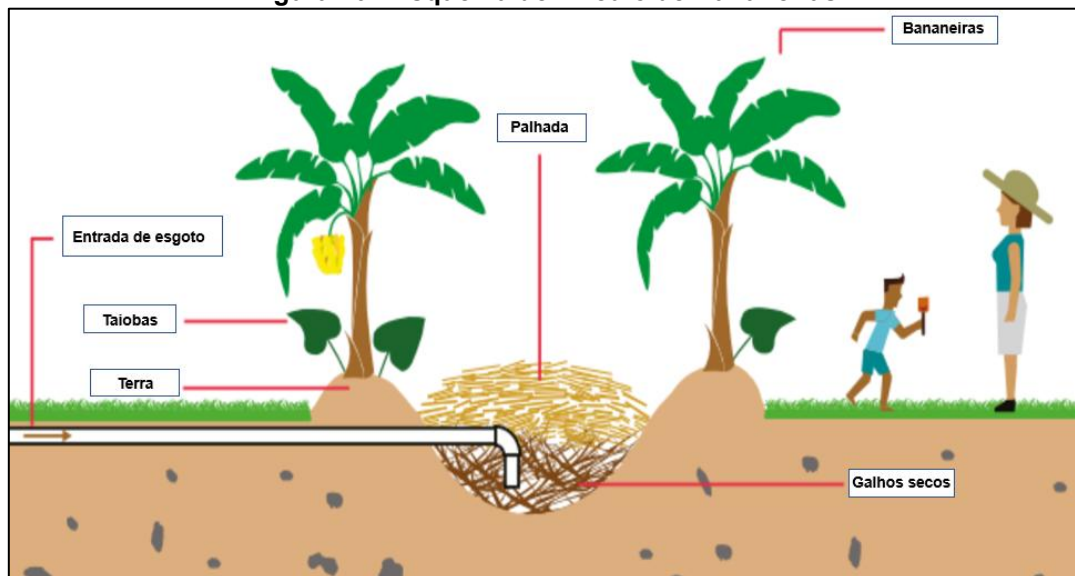
Fonte: EMBRAPA. Imagem de Divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Círculo de Bananeiras

Unidade de tratamento para águas cinzas ou tratamento complementar de esgoto doméstico ou águas de vaso sanitário. Consiste em uma vala circular preenchida com galhos e palhada, onde desemboca a tubulação.

Ao redor são plantadas bananeiras ou outras plantas que apreciem o solo úmido e rico em nutrientes e que tenham grande capacidade de evapotranspiração, transferindo a água do solo para a atmosfera. A figura abaixo mostra um esquema de círculo de bananeira.

Figura 10 - Esquema de Círculo de Bananeiras.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Alguns aspectos construtivos e funcionamentos do sistema são, a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com a ajuda de máquinas. O buraco não deve ser impermeabilizado nem compactado. O buraco deve ter um formato de um prato fundo, com profundidade de aproximadamente 0,5 a 1,0 m e um diâmetro interno de 1,4 a 2,0 m.

O buraco deve ter seu fundo preenchido com pequenos galhos e palhada na parte superior (capim seco, folhas secas de bananeira) criando um ambiente arejado e espaçoso para receber a água cinza que precisa ser tratada.

Para a entrada da água cinza no buraco, pode-se fixar um Joelho na ponta da tubulação, conduzindo o líquido a entrar no meio da camada de palha seca, evitando que a água cinza fique exposta. A água e os nutrientes do esgoto serão consumidos pelas bananeiras, enquanto que os restos orgânicos (restos de alimentos, sabão etc.) serão degradados pelos micro-organismos presentes no solo da vala. As figuras abaixo mostram outros exemplos de círculo de bananeira.

Figura 11 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.

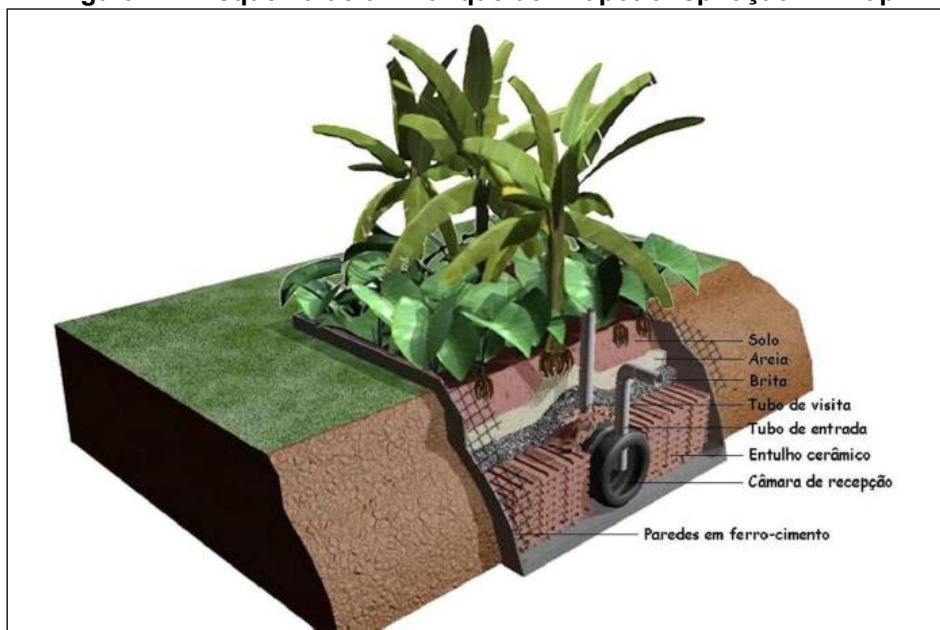


Fonte: Projeto Saneamento Rural – UNICAMP / Imagem de Divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tanques de Evapotranspiração - TEvap

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é uma abordagem tecnológica destinada ao tratamento e reutilização dos nutrientes contidos nas águas residuais provenientes do vaso sanitário, o sistema hermético do TEvap é constituído por um reservatório selado, revestido com material impermeabilizante, contendo várias camadas de substrato e adornado com espécies vegetais que possuem um crescimento acelerado e uma alta exigência hídrica, como, por exemplo, a bananeira, a taioba, inhame ou mamoeiros.

Figura 12 - Esquema de um Tanque de Evapotranspiração - TEvap.



Fonte: GALBIATI, 2009. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Acerca dos processos que envolvem os sistemas TEvap, na parte inferior da estrutura ocorre a degradação da matéria orgânica a partir das atividades microbianas sem a presença de oxigênio (anaeróbias), semelhante aos processos que envolvem digestão anaeróbia.

Enquanto que, nas camadas centrais e superficiais, ocorrem os processos de decomposição aeróbica, com presença de oxigênio, além da mineralização e a absorção dos nutrientes pelas plantas, juntamente com o processo de evapotranspiração da água, envolvendo os mesmos agentes.

As vantagens deste método de tratamento em relação a outras tecnologias tradicionais estão no fato de que, o TEvap não necessita de um pré-tratamento para remoção de sólidos grosseiros e nem de um pós tratamento para eliminação de patógenos ou redução da matéria orgânica. Outro fator está relacionado com a ausência de riscos de contaminação, por não possuir saída de água, como observado em outros sistemas, como as fossas sépticas por exemplo.

Os materiais a serem utilizados na estrutura são de baixo custo como areia, brita e muitas vezes podem ser recicláveis, como pneus inservíveis e entulho. A entrada de esgoto no sistema é realizada através de uma tubulação de 100 mm que desemboca dentro da câmara central, localizada no fundo da caixa.

A câmara é a primeira etapa do tratamento, onde ocorre a sedimentação dos sólidos e também o início da digestão do esgoto.

O esgoto sobe então pelas camadas filtrantes compostas de entulho, brita e areia. Nesses materiais crescem e se desenvolvem microrganismos que degradam o esgoto de forma anaeróbica. Acima da camada filtrante, fica uma camada de terra onde são plantadas bananeiras e outras plantas como taioba e lírio do brejo.

Os nutrientes presentes no esgoto são utilizados pelas plantas na produção de novas folhas e frutos, atuando como adubos naturais. Parte da água que entra no sistema evapora pelo solo. A seguir é apresentado um exemplo deste sistema em operação.

Figura 13 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.2.6. Análise de Viabilidade de Sistemas Coletivos de Esgotamento Sanitário na Zona Rural.

Atendendo à solicitação da Prefeitura Municipal, realizou-se um estudo técnico com o objetivo de avaliar a viabilidade de implantação de infraestruturas que compõem sistemas coletivos de esgotamento sanitário em pontos específicos da zona rural do município de Pindamonhangaba/SP. A metodologia adotada baseou-se na análise geoespacial integrada com dados demográficos, topográficos e hidrográficos, utilizando ferramentas de geoprocessamento.

As condições físicas das microbacias hidrográficas e dos cursos d'água foram analisadas com ênfase na direção de fluxo dos córregos e no alinhamento topográfico das áreas mais densamente ocupadas. Observou-se que, em diversos trechos, o relevo favorece o escoamento por gravidade no sentido do talvegue, permitindo o transporte natural dos efluentes sem a necessidade imediata de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE). Essa condição técnica é vantajosa, pois otimiza o traçado da rede coletora, reduzindo custos operacionais e de manutenção.

Para evitar redundâncias, consolidou-se a ideia de que o escoamento por gravidade, aliado à conformação suave do relevo, constitui um fator determinante para a racionalização do sistema. Recomenda-se, contudo, que avaliações complementares sejam conduzidas futuramente para aprofundar o entendimento da dinâmica hídrica local e subsidiar decisões de engenharia nas fases seguintes do planejamento.

Cabe destacar que, na fase correspondente ao Produto 3 deste Plano de Saneamento Rural, foi realizado um levantamento detalhado do número de propriedades rurais por sub-bacia hidrográfica do município, cujo resultado constitui um insumo técnico essencial para esta etapa de análise. A densidade de ocupação das microbacias, aferida por meio da quantidade de propriedades inseridas em cada unidade hidrográfica, é um indicador preliminar relevante na avaliação da viabilidade de sistemas coletivos de esgotamento sanitário, sobretudo em áreas com maior proximidade entre domicílios. Dessa forma, adotou-se como critério inicial de elegibilidade a identificação das microbacias rurais com maior concentração populacional, uma vez que essas, em princípio, apresentam melhores condições para justificar a análise de alternativas coletivas. Essa densi-

dade favorece o agrupamento de residências em perímetros reduzidos, viabilizando técnica e economicamente o rateio de custos e a operação de sistemas compartilhados.

Com base nesses critérios, foram selecionadas para análise as três microbacias com maior número de propriedades na zona rural: Ribeirão Grande (350 propriedades), Rio Piracuama (345 propriedades) e Ribeirão do Cortume (292 propriedades). A tabela 9 apresenta o número estimado de propriedades rurais por sub-bacia apresentado no Produto 3 – Levantamento de dados e Estimativa Populacional da Zona Rural.

Tabela 28 - Número de propriedades rurais por sub-bacia.

Sub-bacia	Nº de propriedades em 2024
Rio Piracuama	345
Ribeirão Grande	350
Ribeirão dos Buenos	64
Ribeirão da Ponte Alta	107
Ribeirão das Pedras	92
Área de contribuição	122
Rio Una	4
Ribeirão Galega	3
Ribeirão do Cortume	292
Ribeirão Água Preta	14
Ribeirão Ipiranga	37
Ribeirão Capituba	28
Ribeirão do Barranco Alto	1
Ribeirão Pirapitingui	1
Ribeirão dos Surdos	9
Córrego do Rosário (Área de contribuição 2)	1

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Nas microbacias analisadas foram identificadas altas concentrações de propriedades rurais, com indícios de formação de aglomerados habitacionais. A partir da análise espacial, foram mapeados pontos de concentração que indicam proximidade entre imóveis suficiente para justificar a avaliação de soluções coletivas.

A análise das curvas de nível evidencia uma conformação topográfica predominantemente suave, com declividades que favorecem o escoamento gravitacional dos efluentes no sentido do talvegue, coincidindo com a direção natural de fluxo dos córregos locais. Tal característica contribui para a racionalização do sistema de coleta, reduzindo a necessidade de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) e assegurando maior eficiência no transporte dos efluentes.

Os córregos e cursos d'água localizados nas microbacias analisadas foram considerados compatíveis, em avaliação preliminar, com a possível destinação de efluentes tratados, levando-se em conta sua localização em relação aos aglomerados e a dinâmica hídrica observada. A implantação de eventuais sistemas coletivos de esgotamento sanitário será dimensionada de forma a garantir a conformidade com a legislação ambiental vigente, respeitando a capacidade de suporte dos corpos hídricos e assegurando a integridade dos recursos naturais.

A implantação de sistemas coletivos de esgotamento sanitário em áreas rurais enfrenta desafios significativos, especialmente devido à dispersão das moradias, às limitações de infraestrutura pré-existente, aos custos elevados por unidade atendida e à dificuldade de operação e manutenção em regiões afastadas. Além disso, o adensamento populacional muitas vezes é insuficiente para viabilizar economicamente soluções coletivas tradicionais, o que reforça a necessidade de uma análise criteriosa fundamentada em parâmetros técnicos e ambientais.

Nesse contexto, os locais considerados para a eventual instalação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) foram selecionados com base em critérios como a conformação topográfica favorável ao escoamento gravitacional, a direção natural de fluxo dos cursos d'água e a presença de aglomerados habitacionais em relativa proximidade. Fica evidenciado, assim, que as ETEs são apenas uma parte das infraestruturas que compõem o sistema coletivo, devendo ser inseridas de forma estratégica, de modo a permitir a condução eficiente dos efluentes a partir dos pontos mais altos em direção aos pontos mais baixos da microbacia. Essa estratégia visa otimizar o traçado dos coletores, minimizar a necessidade de estações de recalque e assegurar a viabilidade operacional e ambiental do sistema.

As Figuras 14, 15 e 16 ilustram de forma consolidada as informações supracitadas. Detalhamentos técnicos aprofundados, tais como o dimensionamento específico das redes coletoras, especificações das estações de tratamento, análise de custos operacionais, estudos ambientais complementares e propostas construtivas, serão desenvolvidos na fase posteriores dos Projetos Básicos e Executivos das soluções de saneamento básico, sejam elas individuais ou coletivas. Este estudo, tem como foco exclusivo a análise da viabilidade

técnica e ambiental para a implantação do Sistema Coletivo de Esgotamento Sanitário, servindo como base fundamental para o planejamento e tomada de decisão nas etapas subsequentes, sendo este estudo, apenas uma análise da viabilidade da implantação de Sistema Coletivo de Esgotamento Sanitário.

Mapa do Sistema de Saneamento Rural (SISRS) do Município de Pindamonhangaba, RJ.

Legenda:

- Aglomerados
- Limite Municipal
- Curvas de nível
- Córregos
- Microbacia do Ribeirão Grande
- ETE

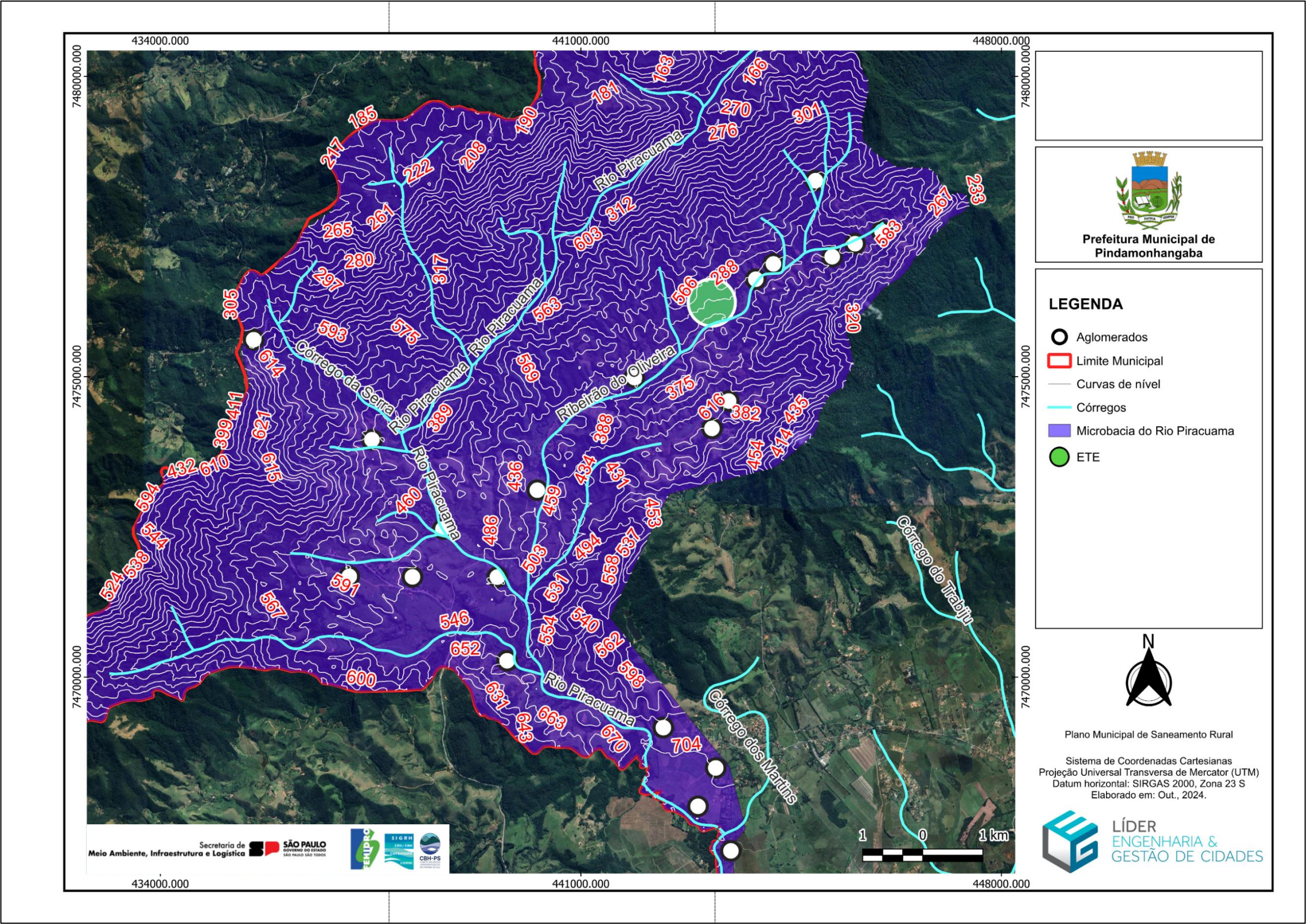
Plano Municipal de Saneamento Rural

Sistema de Coordenadas Cartesianas
 Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 23 S
 Elaborado em: Mai., 2025.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

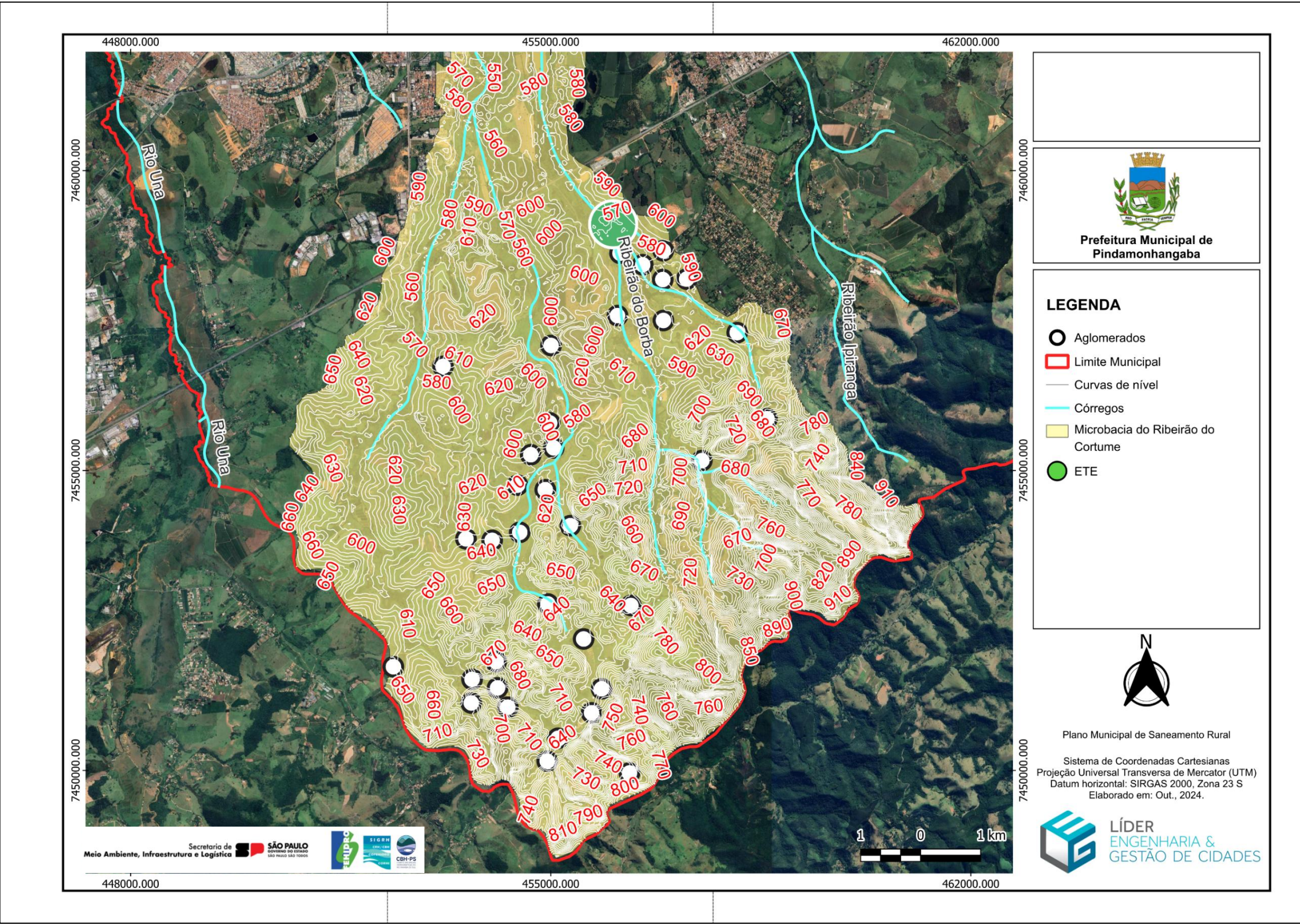
Fonte: Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Mapa 3 - Solução coletiva de tratamento de esgoto sanitário nas áreas rurais da microbacia do Rio Piracuama.



Fonte: Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025

Mapa 4 - Solução coletiva de tratamento de esgotos sanitários nas áreas rurais da microbacia do Ribeirão do Cortume.

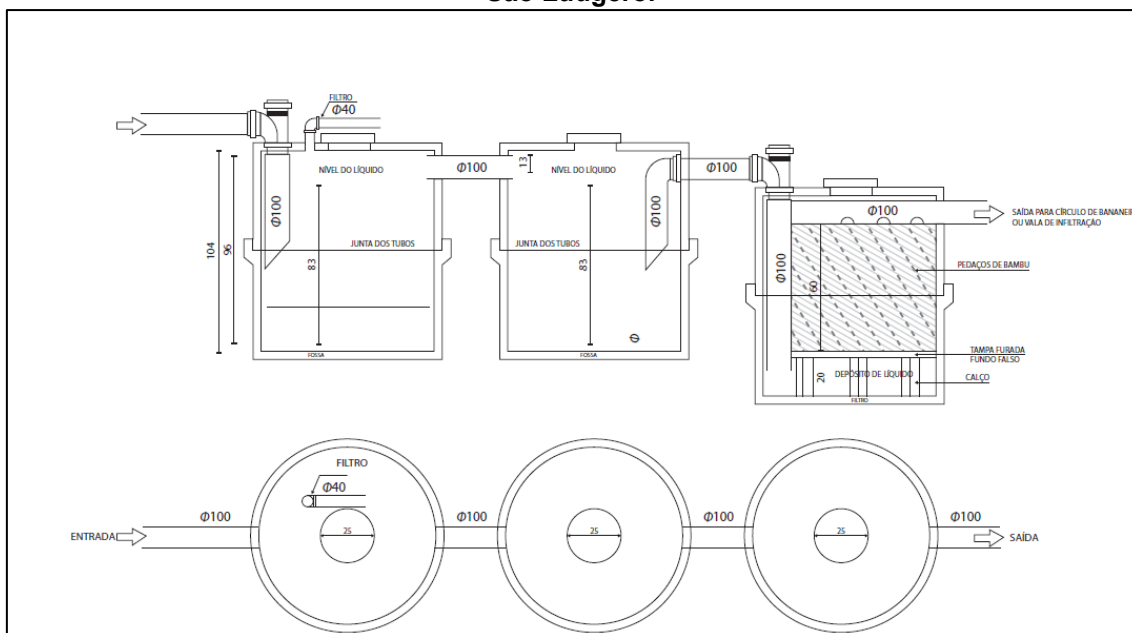


1.2.7. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Esgotamento Sanitário.

O município de São Ludgero, localizado no sul de Santa Catarina, é referência nacional na gestão de esgotamento sanitário, com o projeto pioneiro “São Ludgero 100% de Esgoto Tratado”. Essa iniciativa visou alcançar a universalização do tratamento de esgotos tanto nas áreas urbanas quanto rurais (FUNASA, 2020).

Na área urbana, o projeto priorizou a expansão da rede coletora de esgoto, totalizando mais de 3.200 novas ligações no perímetro urbano. Na zona rural, a ação foi marcada pela implantação de mais de 600 Sistemas Individuais de Tratamento (SIT) entre 2015 e 2018. Esses sistemas, compostos por reatores do tipo tanque séptico (fossas sépticas), filtro ascendente e círculo de bananeiras, foram planejados para assegurar o tratamento adequado dos esgotos e reduzir o impacto ambiental nas comunidades rurais (FUNASA, 2020).

Figura 14 - Solução individual de tratamento de esgotos sanitários nas áreas rurais de São Ludgero.



Fonte: Volpato e Schuroff (2017); FUNASA, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

A trajetória para a implantação desses sistemas teve início em 2006 com o projeto Microbacias 2, da Epagri, que incentivou os primeiros módulos de fossas sépticas nas áreas rurais. Com o apoio e incentivo da Prefeitura Municipal, em parceria com o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae) e financiamento da Vigilância Sanitária, essa iniciativa foi consolidada com o objetivo de proteger as nascentes utilizadas para abastecimento de água do perímetro urbano e atender ao grande número de jovens moradores nas comunidades rurais (FUNASA, 2020).

Com a intensificação da parceria entre a Epagri, o Samae e a Prefeitura de São Ludgero, o sucesso da iniciativa junto à população rural e a proximidade do alcance da meta de universalização do tratamento de esgotos no município permitiram que o projeto fosse oficialmente lançado em 2015. Após alcançar a universalização do tratamento de esgotos, os sistemas de tratamento continuam sendo instalados em todas as novas residências construídas nas áreas rurais de São Ludgero, mantendo o compromisso com a sustentabilidade ambiental e a saúde da população (FUNASA, 2020).

Esse compromisso com o saneamento rural foi ainda mais fortalecido pela Lei Municipal nº 1.749, sancionada em 29 de agosto de 2011, que autorizou a doação de fossas sépticas para a população rural, garantindo investimento anual da Vigilância Sanitária para manter o programa ativo e sustentável (FUNASA, 2020).

1.2.8. Ações de Emergência e Contingência

As ações de emergência e contingência para sistema de esgotamento sanitário rural do município de Pindamonhangaba desempenham um papel crucial na preservação da saúde pública e da qualidade ambiental.

Conforme apresentado anteriormente, a maioria dos sistemas utilizados no tratamento de esgoto das propriedades rurais do município são as fossas rudimentares, que por sua vez podem acarretar contaminações do efluente no solo ou em corpos hídricos, portanto torna-se essencial estabelecer medidas preventivas e de contingência para mitigar possíveis impactos negativos.

Sendo assim, a tabela abaixo consta as principais alternativas para ações de emergência e contingência em relação a contaminação do solo, corpos hídricos ou nascentes causadas pelo mau funcionamento de fossas sépticas ou rudimentares, visando a rápida identificação e correção de problemas relacionados.

Tabela 29 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA REDUZIR RISCOS DE CONTAMINAÇÃO POR FOSSAS NA ZONA RURAL
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas, se houver.	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto bruto por ineficiência de fossas.	Comunicar a Prefeitura Municipal.
		Promover o isolamento da área e contenção do resíduo com objetivo de reduzir a contaminação. Responsabilidade do SAAE Pindamonhangaba
		Conter vazamento e promover a limpeza da área com caminhão limpa fossa, encaminhando o resíduo para a estação de tratamento de esgoto. Responsabilidade do SAAE Pindamonhangaba
		Exigir a substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas e sumidouros ou ligação do esgoto residencial à rede pública nas áreas onde existe esse sistema. Responsabilidade do SAAE Pindamonhangaba.
	Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Implantar programa de orientação da comunidade em parceria com a prestadora quanto à necessidade de adoção de fossas sépticas em substituição às fossas rudimentares e fiscalizar se a substituição e/ou desativação está acontecendo nos padrões e prazos exigidos. Responsabilidade da Prefeitura Municipal
	Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Ampliar o monitoramento e fiscalização destes equipamentos na zona rural, em parceria com a prestadora, principalmente das fossas localizadas próximas aos cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água para consumo humano. Responsabilidade do SAAE Pindamonhangaba

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.2.9. Síntese do Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário

O diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário na zona rural de Pindamonhangaba aponta que grande parte das propriedades ainda utiliza fossas rudimentares para a coleta e tratamento de esgoto, representando cerca de 37% das respostas obtidas nos questionários aplicados. Apenas 45% das propriedades utilizam fossas sépticas, um método mais recomendado por garantir maior eficiência no tratamento e menor impacto ambiental.

No entanto, mesmo entre os usuários de fossas sépticas, observa-se uma significativa falta de conscientização sobre a necessidade de manutenção e limpeza periódica desses sistemas. Aproximadamente 65% dos usuários de fossas sépticas relatam desconhecimento ou negligência em relação à importância dessa prática. A limpeza regular é fundamental para evitar o acúmulo excessivo de resíduos sólidos e líquidos, que pode comprometer a eficácia do sistema e resultar em contaminação do solo e das águas superficiais.

Esse cenário indica a necessidade de programas de conscientização e capacitação voltados para a população rural, a fim de incentivar práticas de manutenção adequadas e promover uma transição gradual para sistemas de esgotamento mais eficientes.

1.2.10. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Esgotamento Sanitário

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir a universalização e segurança dos sistemas individuais de tratamento de esgoto nas áreas rurais do Município de Pindamonhangaba foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Nestas tabelas, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob a ótica macro como micro de análise, fluindo em uma sequência lógica da fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto, os programas, projetos e ações necessárias para realizar tais metas e os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas. Sendo assim, a seguir estão definidos os objetivos propostos para o sistema de esgotamento rural de Pindamonhangaba.

Objetivo 1 – Adequação dos Sistemas Individuais

Conforme destacado anteriormente, nas áreas rurais do município de Pindamonhangaba observa-se uma prevalência significativa de sistemas individuais de tratamento de esgoto inadequados ou inexistentes, representando um sério risco de contaminação hídrica e do solo na região.

Com o intuito de erradicar tais cenários, os objetivos delineados enfocarão a substituição dos sistemas de fossas rudimentares por fossas sépticas biodigestora e em soluções sustentáveis.

Importante ressaltar que as medidas aqui delineadas visam não apenas garantir a segurança dos sistemas de esgotamento em áreas próximas de mananciais que atuam no fornecimento de água, mas sim em abranger toda a área rural do município de Pindamonhangaba.

Tabela 30 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
OBJETIVO	1	ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS			
FUNDAMENTAÇÃO		O objetivo de adequação dos sistemas individuais de esgoto na zona rural de Pindamonhangaba visa substituir fossas rudimentares por fossas sépticas, mais eficientes e sustentáveis, e promover a conscientização sobre a manutenção periódica. Essa adequação é essencial para reduzir a contaminação ambiental e proteger a saúde pública.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Relatórios que documentem o progresso das ações, incluindo o número de sistemas instalados, resultados de monitoramento de qualidade da água e feedback dos usuários; Quantidade de fossas sépticas ou biodigestores instalados; Pesquisas regulares para obter feedback sobre o uso e a eficácia das fossas sépticas e biodigestores; Realizar coletas periódicas de amostras de efluentes e águas superficiais para análises laboratoriais detalhadas; Análises de solo; Relatórios que apontem a diminuição da incidência de doenças relacionadas à esgoto e saneamento.			
METAS					
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Criar programas de subsídios ou incentivos para a população rural adequar seus sistemas individuais inadequados; 2) Promover a adequação de 30% dos sistemas individuais inadequados;		3) Manter os programas de subsídios ou incentivos para a população rural adequar seus sistemas individuais inadequados. 4) Promover a adequação de 60% dos sistemas individuais inadequados.		5) Manter os programas de subsídios ou incentivos para a população rural adequar seus sistemas individuais inadequados. 6) Promover a adequação de 100% dos sistemas individuais inadequados.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
2.1.1	Criar programas de subsídios ou incentivos financeiros para ajudar os moradores na instalação de fossas sépticas ou biodigestores, tornando a solução mais acessível.	X	X		AA - FPR - RP

2.1.2	Oferecer treinamentos para os moradores sobre a instalação e manutenção de fossas sépticas e biodigestores, abordando aspectos técnicos e cuidados necessários para o bom funcionamento dos sistemas.	X	X		AA - RP
2.1.3	Implementar sistemas de tratamento natural, como jardins filtrantes e <i>wetlands</i> construídos, que utilizam plantas para filtrar e purificar efluentes antes de serem devolvidos ao solo.	X	X		FPR - FPU - RP
2.1.4	Incentivar o uso de fossas sépticas ecológicas, que utilizam materiais e processos naturais para o tratamento de esgoto.	X	X		AA
2.1.5	Implementar um programa de certificação verde para reconhecer e incentivar propriedades que adotam práticas de destinação de esgoto sustentável. O selo verde pode incluir benefícios, como incentivos fiscais ou apoio técnico adicional.	X	X		AA - RP
2.1.6	Fomentar a pesquisa e a inovação em tecnologias de saneamento sustentável, buscando parcerias com instituições de pesquisa.	X	X		AA
2.1.7	Criar programas de monitoramento que avaliem o impacto ambiental das soluções de esgoto adotadas, promovendo ajustes e melhorias com base nos resultados.		X		AA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Objetivo 2 – Educação Ambiental

A educação ambiental atua como uma ferramenta essencial para informar e capacitar a comunidade sobre métodos adequados de tratamento e disposição do esgoto nas áreas rurais. Ao entenderem os benefícios associados a diferentes sistemas, como fossas sépticas ecológicas e biodigestores, os moradores são mais propensos a adotar práticas que atendam às necessidades de saneamento de forma eficaz e segura.

Com programas educativos, a comunidade passa a valorizar sistemas de tratamento ecológico e se sente motivada a manter e fiscalizar a aplicação dessas soluções, promovendo uma gestão descentralizada e colaborativa do saneamento. Ao despertar essa consciência ambiental, cria-se uma base sólida para o desenvolvimento sustentável da zona rural de Pindamonhangaba, assegurando que as práticas de saneamento adotadas hoje beneficiarão também as futuras gerações.

Tabela 31 - Tabela síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
OBJETIVO	2	EDUCAÇÃO AMBIENTAL			
FUNDAMENTAÇÃO		A falta de tratamento adequado de esgoto causa sérios danos ao meio ambiente e à saúde das pessoas, contribuindo para a contaminação de recursos hídricos, solos e para a propagação de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, hepatite e cólera. A educação ambiental auxilia na conscientização dos moradores sobre esses riscos, promovendo uma compreensão do impacto negativo do descarte inadequado de esgoto e incentivando a adesão a soluções sustentáveis, como fossas sépticas ecológicas e biodigestores.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Registrar o número de participantes e medir o nível de envolvimento durante as oficinas; Acompanhar e quantificar as instalações de sistemas de tratamento; Documentar o número de participantes e a frequência de eventos realizados; Coletar depoimentos e sugestões dos participantes; Monitorar indicadores locais de saúde pública relacionados ao saneamento; Acompanhar o número de propriedades que adotam práticas de uso de efluentes tratados na agricultura sustentável.			
METAS					
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Implementar as ações de Educação Ambiental; 2) Capacitar 50% dos moradores para construir e manter sistemas de tratamento;		3) Manter as ações de Educação Ambiental; 4) Capacitar 75% dos moradores para construir e manter sistemas de tratamento;		5) Manter as ações de Educação Ambiental; 6) Capacitar 100% dos moradores para construir e manter sistemas de tratamento;	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
2.2.1	Criar materiais didáticos, guias e vídeos explicativos sobre a construção e manutenção de sistemas de esgoto sustentáveis, facilitando o aprendizado e a adoção das práticas.	X	X		AA - RP

2.2.2	Organizar oficinas para ensinar os moradores a construir e manter sistemas de tratamento de esgoto, como fossas sépticas ecológicas e biodigestores, utilizando materiais acessíveis e métodos sustentáveis.	X	X		AA - RP
2.2.3	Realizar encontros e rodas de conversa com a comunidade para discutir a importância do saneamento, abordar as consequências do esgoto inadequado e compartilhar conhecimentos sobre práticas sustentáveis.	X	X		AA
2.2.4	Desenvolver programas educativos em escolas rurais, como atividades práticas e experimentos sobre tratamento de esgoto.	X	X		AA
2.2.5	Convidar especialistas em saneamento e saúde pública para palestras na comunidade, abordando temas como doenças de veiculação hídrica, a relação entre saneamento e saúde e as tecnologias de tratamento de esgoto adequadas para a zona rural.	X	X		AA - RP
2.2.6	Promover a integração de sistemas de saneamento ecológico com práticas de agricultura sustentável, como o uso seguro de efluentes tratados em plantações não comestíveis ou biofertilizantes.		X		AA - RP - FPU

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Definição das Áreas Prioritárias

A definição de áreas prioritárias constitui uma etapa fundamental no planejamento das ações voltadas ao saneamento rural no Município de Pindamonhangaba. Essa abordagem visa identificar os locais que demandam maior atenção e intervenções imediatas, considerando os resultados obtidos no diagnóstico. Com base nos questionários aplicados às residências rurais, foram mapeados os pontos críticos ao esgotamento Sanitário. Esses dados foram organizados no Mapa 5 e na Tabela 32 que categoriza a quantidade e os tipos de ocorrências por bairro, proporcionando uma visão ampla das vulnerabilidades da zona rural.

A análise dos dados revelou a concentração de problemas em determinados bairros rurais, que, conseqüentemente, configuram-se como áreas prioritárias para as ações de saneamento. Esses bairros apresentam o maior número de ocorrências negativas, indicando a necessidade de medidas mais intensivas e direcionadas para mitigar os impactos ambientais e sociais gerados pelas práticas inadequadas de manejo de resíduos. A identificação dessas áreas permite o direcionamento eficaz dos recursos e esforços, contribuindo para o cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e para a promoção de melhores condições de saúde e qualidade de vida para a população rural.

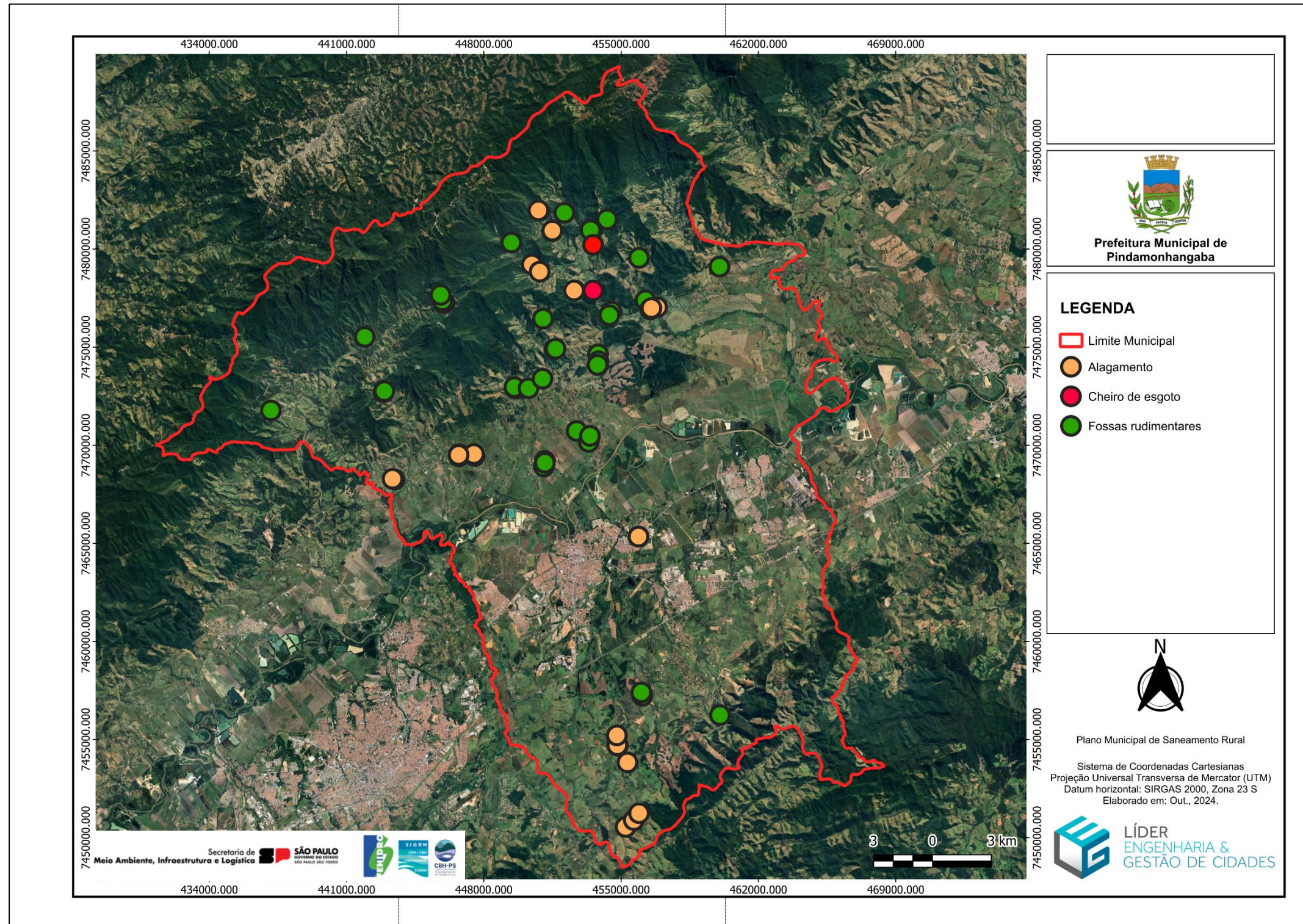
Dessa forma, a tabela apresenta os bairros divididos por níveis de prioridade para execução das ações prospectivas.

Tabela 32 – Níveis de prioridade para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).

BAIRRO	FOSSA RUDIMENTAR	ALAGAMENTO	CHEIRO DE ESGOTO	PRIORIDADE
Bom Sucesso				BAIXA
Goiabal				BAIXA
Borba				MÉDIA
Correa do Borba				BAIXA
Piedade				BAIXA
Piracuama				BAIXA
Lefeve				BAIXA
Itapeva				MÉDIA
Rodeio				BAIXA
Trabiju				MÉDIA
Cruz Grande				MÉDIA
Cruz Pequena				MÉDIA
Buraqueira				BAIXA
Tetequera				BAIXA
Pinga				BAIXA
Graminha				BAIXA
Ribeirão Grande				ALTA
Borboleta				ALTA
Pinhão do Borba				BAIXA
Pinhão do Una				BAIXA
Correa do Borba				BAIXA
Canta Galo				BAIXA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Mapa 5 - Níveis de prioridade do esgotamento sanitário para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.2.11. Análise Econômica do Sistema de Esgotamento Sanitário

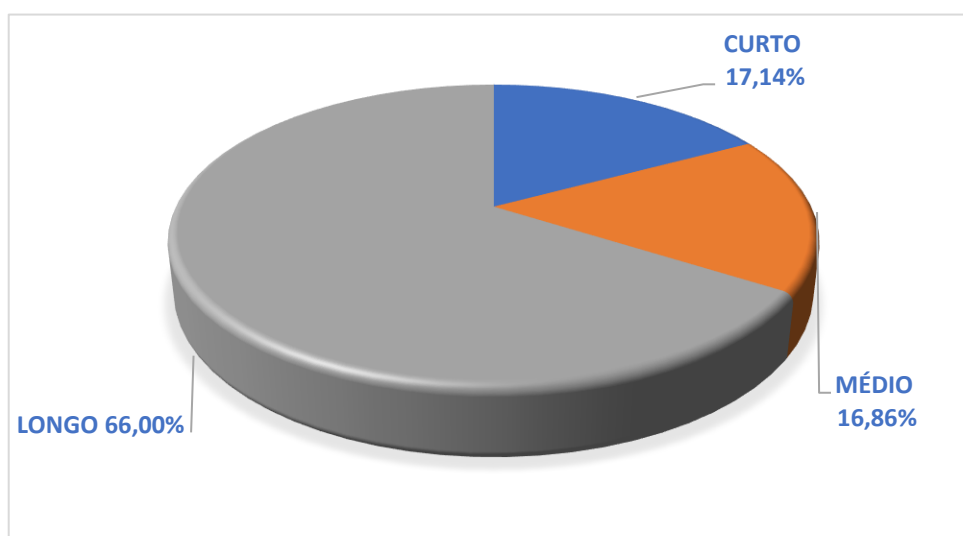
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram a estimativa dos investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 33 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SE-TOR	2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
APRIMORAMENTO DOS SISTEMAS RURAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	R\$ 1.158.465,00	R\$ 1.158.465,00	R\$ 4.633.860,00	R\$ 6.950.790,00
EDUCAÇÃO AMBIENTAL	R\$ 50.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 20.000,00	R\$ 100.000,00
TOTAL GERAL	R\$1.208.465,00	R\$1.188.465,00	R\$4.653.860,00	R\$7.050.790,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 20 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

No Município de Pindamonhangaba, o gerenciamento dos resíduos sólidos apresenta desafios particulares devido às características da zona rural, materiais provenientes de atividades agrícolas, como embalagens de agrotóxicos, e outras tipologias específicas. A necessidade de lidar com essas peculiaridades exige uma abordagem integrada e adaptada às condições locais.

Considerando a dispersão geográfica e a dificuldade de acesso em algumas comunidades rurais mais isoladas, torna-se imprescindível desenvolver estratégias específicas para garantir a eficácia do gerenciamento de resíduos. Para isso, propõe-se a realização de estudos de viabilidade para implantação de áreas de transbordo, ecopontos e caçambas para despejo de resíduos, de forma a abranger essas comunidades e proporcionar alternativas viáveis para o descarte adequado dos materiais.

Essas iniciativas visam assegurar a inclusão das áreas rurais no sistema de coleta e destinação de resíduos sólidos municipais, promovendo a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida das populações rurais de Pindamonhangaba.

1.3.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos

Atualmente, Pindamonhangaba conta com geração per capita de resíduos sólidos domésticos (RDO + RPU), em relação à população total atendida com os serviços de coleta de 0,70 kg/hab/dia de acordo com o SNIS, referente ao ano de 2022.

Por conta da ausência de dados do SNIS em relação a geração de resíduos sólidos da área rural de Pindamonhangaba, a estimativa levou em consideração os dados da geração total de resíduos, ou seja, do município inteiro, levando em consideração tanto a área rural, quanto a área urbana. Para a estimativa da geração de resíduos sólidos, foi considerado também um incremento na geração per capita de resíduos, visto que conforme o desenvolvimento do município, a tendência é que a população consuma mais e consequentemente

aumento a produção de lixo em suas propriedades, passando de 0,70 para 0,74 kg/hab/dia no ano de 2044.

Para a projeção do volume de geração anual foi utilizado o mesmo estudo demográfico apresentado no Produto 3, juntamente com o aumento considerado na produção diária por habitante ao longo dos 20 anos estudados. Segundo SILVA & FERREIRA, 2015, os resíduos recicláveis correspondem a 29,98% e os compostáveis (rejeitos orgânicos domésticos) 60,64% do total ponderado, os resíduos de saúde, contaminantes e de logística reversa obrigatória não foram considerados para o estudo.

A Tabela a seguir traz os resultados obtidos para o município de Pindamonhangaba ao longo dos 20 anos estimados.

Tabela 34 - Estimativa da Geração total, reciclados e compostáveis.

PINDAMONHANGABA					
Ano	População Estimada	RDO e RPU coletada (t/ano)	Geração Per Capta (kg/hab.dia)	Recicláveis (t/ano)	Orgânicos (t/ano)
2024	164.736	42.061,71	0,70	12.605,80	25.514,42
2025	165.171	42.184,17	0,70	12.642,04	25.577,79
2026	165.606	42.502,62	0,71	12.754,59	25.776,60
2027	166.041	42.821,61	0,71	12.867,17	25.975,48
2028	166.476	43.141,14	0,71	12.980,00	26.174,53
2029	166.911	43.461,20	0,71	13.093,08	26.373,73
2030	167.347	43.781,80	0,71	13.206,41	26.573,10
2031	168.029	44.174,63	0,72	13.324,26	26.784,77
2032	168.711	44.567,68	0,72	13.442,26	26.996,63
2033	169.394	44.961,00	0,72	13.560,42	27.208,68
2034	170.076	45.354,57	0,72	13.678,73	27.420,91
2035	170.759	45.748,39	0,72	13.797,20	27.633,32
2036	171.080	45.936,98	0,73	13.853,56	27.768,26
2037	171.402	46.125,84	0,73	13.910,00	27.903,31
2038	171.723	46.314,98	0,73	13.966,52	28.038,47
2039	172.045	46.504,39	0,73	14.023,12	28.173,75
2040	172.367	46.694,08	0,73	14.079,79	28.309,15
2041	172.510	46.777,41	0,73	14.104,83	28.355,06
2042	172.653	46.860,78	0,73	14.129,88	28.401,01
2043	172.796	46.944,19	0,73	14.154,93	28.447,01
2044	172.683	47.025,55	0,74	14.179,98	28.493,05

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.3.2. Procedimentos e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Limpeza urbana e de Manejo dos Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos

Neste capítulo serão discutidas as formas de procedimentos operacionais e especificações mínimas, para serem adotadas no gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos nas zonas rurais do Município de Pindamonhangaba.

Os tópicos seguintes têm o propósito de apenas apresentar as condições mínimas necessárias para prestação dos serviços, não debilitando o que já é realizado, mas servindo de base para novas operações e comparativo para as já executadas.

Contratos e Controle dos Serviços

Caso o município opte pela contratação de empresas terceirizadas para o manejo dos resíduos sólidos, algumas exigências deverão ser consideradas, como:

- Cumprir a Lei Federal nº 14.133/2021 – Lei de Licitações, e suas alterações;
- Contratos com os critérios esmiuçados dos serviços, solicitando informações de pesagem e valores cobrados para cada serviço prestado. Faz-se importante dividir os diferentes serviços da limpeza pública, discriminando os valores de coleta, transporte, transbordo, e disposição final nos custos;
- Na gestão dos resíduos de serviços de saúde - RSS, exigir por meio legal que os geradores dessa tipologia de resíduos apresentem o certificado de destinação final dos resíduos e inventário semestral para o ente fiscalizador e, realizar periodicamente auditorias nas empresas coletoras de RSS;
- Inserir nos contratos a responsabilidade do devido preenchimento do sistema de informações pelo prestador, podendo assim gerar indicadores

de eficiência dos serviços, propiciando uma avaliação constante da qualidade do serviço prestado;

- Na gestão dos resíduos da construção civil – RCC, exigir por meio legal que o gerador desse tipo de resíduo apresente o certificado de destinação final dos resíduos e inventário semestral para o ente fiscalizador. No caso das empresas coletoras de RCC exigir o licenciamento para a execução da atividade;
- Licitações com preço máximo, ou seja, teto máximo estabelecido para o serviço.

Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

A coleta convencional de resíduos sólidos está amparada por leis e normas Federais, Estaduais e, inclusive, municipais, onde as responsabilidades e a sistematização dos serviços são estabelecidas através de estudos técnicos e disponibilizadas através de procedimentos de gestão.

Dentre as Normas brasileiras relativas à coleta de resíduos sólidos, tem-se a ABNT NBR n° 13.463/1995 – Coleta de Resíduos Sólidos e a ABNT NBR n° 12.980/1993 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Esta última, define coleta de resíduos sólidos da seguinte forma:

“Coleta regular dos resíduos domiciliares, formados por resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente”.

É importante seguir algumas orientações para a programação e o dimensionamento da coleta convencional de resíduos, como:

- Caracterização e localização de pontos importantes a serem coletados no município;
- Elaboração de mapas de roteiros de coleta;
- Dimensionamento e estimativa da frota coletora necessária;
- Dimensionamento da mão de obra;
- Critérios para o volume e o tipo de resíduos a serem coletados;
- Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores.

Ressalta-se que o Município de Pindamonhangaba, de acordo com a estimativa apresentada em Diagnóstico, conta com aproximadamente 62% de suas propriedades rurais atendidas pela coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares, realizada pelo agente público.

Portanto, para alcançar a universalização da coleta convencional nas áreas rurais do Município de Pindamonhangaba, requer-se a realização de estudos para a implantação de novos pontos de coleta, como caçambas, ecoPontos e áreas de transbordo, visando abranger as comunidades mais remotas e de difícil acesso por veículos.

A coleta convencional de resíduos sólidos deverá ocorrer nos mesmos dias e horários para que a população não perca o hábito de enviar os seus resíduos para o caminhão da coleta. A regularidade da coleta é, portanto, uma das mais importantes características deste serviço.

Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

A coleta dos resíduos sólidos domiciliares nas propriedades rurais de Pindamonhangaba deve ocorrer sempre nos mesmos dias e horários estipulados, inclusive nos pontos de recolhimento estabelecidos, garantindo a universalização e eficiência do sistema.

Desta forma, não se deve acondicionar os resíduos sólidos por longos períodos, estima-se que todo o processo de coleta e destinação final não deve ultrapassar a marca de cinco dias. Isto ocorre, pois, conforme a temperatura aumenta, o processo de decomposição também aumenta, ocasionando na proliferação de vetores e maus odores.

Sendo assim, o planejamento estratégico da coleta convencional de resíduos sólidos exige uma série de informações sobre todas as características do município, como os tipos de pavimentações existentes, sistema viário, sazonalidade da produção dos resíduos e entre outros.

Outras situações a serem consideradas são as variações demográficas do município, mudanças das características dos bairros, estações do ano e o recolhimento irregular em locais não determinados pela Prefeitura Municipal.

Acondicionamento e Apresentação para a Coleta

O processo de acondicionamento temporário dos resíduos sólidos inicia-se após a geração dos mesmos. Este processo tem como objetivo principal preparar os resíduos de forma adequada para a coleta. Desta forma, o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos gera uma maior eficiência no procedimento de coleta e transporte, visto que, um bom acondicionamento, aumenta a produtividade dos colaboradores do serviço de coleta, diminuindo assim, os riscos de acidentes e a proliferação de vetores.

No Manual de Saneamento da Funasa (Brasil, 2015) são recomendados critérios acerca dos dispositivos de acondicionamento, sendo eles:

- Atender as condições sanitárias;
- Não apresentar aspecto desagradável ou repulsivo;
- Ter capacidade para conter o lixo gerado durante o intervalo entre uma coleta e outra;
- Possibilitar uma manipulação segura por parte da equipe de coleta;
- Possibilitar uma coleta rápida.

Nas propriedades rurais que não estão presentes nas rotas dos coletores, seja por dificuldades de acesso ou pela grande distância ao centro urbano, é adotada a técnica de coleta indireta, onde o veículo percorre os locais específicos em que são dispostos os resíduos por estes moradores, seja em caçambas, ecopontos ou em áreas de transbordo.

Entretanto, em locais onde as caçambas existentes ou ecopontos possuem capacidade inferior a quantidade de resíduos gerados naquela comunidade, ocasionando em materiais dispersos no entorno, faz-se necessário então a adequação destes dispositivos ou no acréscimo do número de pontos. De acordo com o Produto 4, nas propriedades rurais do município de Pindamonhangaba, cerca de 68% dos imóveis entrevistados utilizam de lixeiras suspensas para armazenamento dos resíduos.

Para os sacos plásticos utilizados no acondicionamento, a ABNT NBR nº 9.190/1994 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Classificação e a ABNT NBR nº 9.191/2002 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de

Lixo - Requisitos e Métodos de Ensaio, devem ser observadas quando da escolha dos mesmos.

A ABNT NBR n° 9190/1994, especifica sobre a resistência, o volume e a cor dos sacos plásticos para o acondicionamento de resíduos sólidos. Além disso, traz outras características essenciais para a adequação dos mesmos em relação aos resíduos gerados nas residências.

Em resumo, os recipientes de acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares deverão ser dimensionados para que possuam funcionalidade e higiene, de maneira a evitar que os resíduos se espalhem e que o ambiente ao redor esteja sempre livre de animais que possam danificá-los e, que a segurança do coletor não seja prejudicada no momento da coleta.

Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

Em relação aos serviços de coleta e transporte em áreas rurais, dentre as diretrizes estabelecidas pelo PNSR – Política Nacional de Saneamento Rural, destaca-se o incentivo para que os sistemas de coleta utilizem veículos alternativos, como tratores agrícolas com reboque, triciclos, jericos agrícolas, entre outros, para a coleta interna de resíduos nas comunidades rurais.

Estes veículos menores facilitam o acesso em regiões com limitações de vias e/ou limitações geográficas, contribuindo para o acesso universal das propriedades rurais aos serviços de coleta de resíduos, em que veículos maiores como caminhões basculantes e compactadores não conseguem adentrar.

Ainda em relação a PNSR, é proposto para as áreas rurais a implantação de áreas de transbordo estrategicamente localizadas para o acesso de veículos maiores, onde os resíduos são coletados indiretamente.

Em relação aos veículos menores que podem ser substituídos no sistema de coleta e transporte das áreas rurais de Pindamonhangaba, tem-se a utilização de tratores mecânicos com a instalação de caçambas traseiras, conforme observado na imagem a seguir.

Figura 15 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Coleta Seletiva

A coleta seletiva é essencial para atingir as metas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos. Almejando, desta forma, o envio apenas dos rejeitos para os locais de destinação final, aumentando sua vida útil e diminuindo também os impactos negativos ao ambiente na busca de novos recursos e os custos do sistema de gerenciamento de resíduos como um todo.

Sendo assim, o Artigo 9º do Decreto nº 7.404/10, que regulamenta a Lei nº 12.305/10 – PNRS diz que:

“O sistema de coleta seletiva será implantado pelo titular do serviço público de limpeza e manejo de resíduos sólidos e deverá estabelecer, no mínimo, a separação de resíduos secos e úmidos e, progressivamente, ser estendido à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas, segundo metas estabelecidas nos respectivos planos”.

Desta forma, a coleta seletiva intitulada na Lei Federal nº 12.305/10 – PNRS, possui como definição para a mesma os resíduos previamente separados de acordo com a sua constituição e composição, devendo ser implantada por municípios como forma de encaminhar as ações destinadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos.

No Brasil, de acordo com dados fornecidos pela ABRELPE, 2021, 4.145 municípios possuem sistema de coleta seletiva, ou seja, 74,4%. Contudo, a realização dessas atividades são incipientes e não abrangem todos os bairros nos municípios. Sul (91,2%) e Sudeste (90,6%) são as regiões que apresentam os maiores percentuais de municípios com alguma iniciativa de coleta seletiva.

Para a sociedade a adoção de políticas voltadas a coleta seletiva de materiais recicláveis, os ganhos são ainda maiores, pois a Prefeitura poderá criar programas de valorização econômica destes materiais e haverá uma maior geração de empregos com a inclusão dos catadores informais e, inclusive, com a regularização dos atravessadores informais.

Por iniciativa do Movimento Nacional do Catadores de Materiais Recicláveis – MNCR, foi fundada a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis – ANCAT, que foca sua atuação no apoio a organização social e econômica dos catadores de materiais recicláveis e suas organizações, o que realiza por meio de ações e projetos voltados a qualificação produtiva e fortalecimento econômico da categoria.

Segundo ainda a ABRELPE, os materiais mais coletados pelas cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela ANCAT, estão divididos nas seguintes categorias: papéis, plásticos, alumínio, outros metais (sucata e cobre, por exemplo), vidros e outros materiais (eletroeletrônicos, óleos e gorduras residuais e outros materiais não especificados).

Essas mesmas categorias podem ser subdivididas em outras de acordo com a comercialização do material. Assim, a ANCAT registrou no ano de 2020 o volume total e o faturamento das cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela entidade, faturando aproximadamente R\$ 159 milhões com a coleta e comercialização de 326.700 toneladas de resíduos recicláveis.

A proposta da padronização dos recipientes para os resíduos recicláveis implica também na adoção desta padronização nas atuais e futuras instalações, podendo o município desenvolver programas de sensibilização para o incentivo à implantação.

Desta forma, a Resolução CONAMA nº 275/01, estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos gerados para serem adotados na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. A figura abaixo mostra as cores específicas para

cada tipo de resíduo, conforme determinado pela Resolução CONAMA em questão.

Tabela 35 - Cores de identificação de resíduos sólidos.

CORES	TIPOS DE RESÍDUOS
	Papel e Papelão
	Plásticos
	Vidros
	Metais
	Madeiras
	Resíduos Perigosos
	Resíduos Ambulatoriais e Serviços de Saúde
	Resíduos Radioativos
	Resíduos Orgânicos
	Resíduos Não Recicláveis

Fonte: Resolução CONAMA 275/2001. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Para que essas informações cheguem até as pessoas é importante ressaltar que sejam implantadas políticas de sensibilização da população, mostrando o seu importante papel no processo de segregação dos resíduos e promovendo a ampliação dos índices de coleta seletiva.

A Prefeitura, por outro lado, deve instalar recipientes específicos nas principais vias de acesso às comunidades rurais, em escolas ou outros locais onde se achar necessário. A figura abaixo exemplifica os recipientes abordados acima.

Figura 16 - Recipientes para a coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Estes coletores deverão estar bem identificados e a Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba poderá implantar meios de fiscalização para que a população respeite a proposta deste tipo de coleta. Através de campanhas educacionais e punições, a Prefeitura terá condições de promover a triagem dos resíduos sólidos logo na origem, facilitando as outras etapas de segregação dos materiais recicláveis.

Por outro lado, o município também poderá optar por metodologias mais simples para a separação dos resíduos recicláveis junto à população. A tabela abaixo mostra as possíveis formas de segregação de resíduos sólidos.

Tabela 36 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos.

SEGREGAÇÃO	DEFINIÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Coleta Tríplice	Separação entre os resíduos recicláveis secos, recicláveis úmidos (matéria orgânica) e resíduos não recicláveis.	
Coleta Binária	Separação entre resíduos recicláveis secos e resíduos úmidos (matéria orgânica e não recicláveis).	
Coleta de Diversas Categorias	Separação dos resíduos recicláveis entre papel e papelão, plásticos, metais, vidros e não recicláveis.	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

É relevante ressaltar que o Município de Pindamonhangaba, conforme identificado no diagnóstico, é bastante difundida a prática da coleta seletiva na

zona rural. No entanto, sua aplicação não abrange integralmente a população rural, como evidenciado pela análise dos questionários distribuídos nas propriedades rurais, os quais indicaram uma cobertura de aproximadamente 86%.

Nesse sentido, torna-se imperativo alinhar as diretrizes propostas neste plano com vistas à universalização do sistema de coleta seletiva. Além disso, é essencial implementar ações de educação ambiental, visando destacar a importância da prática da reciclagem de resíduos e esclarecer métodos disponíveis para sua realização de forma eficiente.

Formas de Execução da Coleta Seletiva

Abaixo seguem relacionados os modelos mais comuns de execução da coleta seletiva implantados pelos municípios brasileiros. É fundamental ressaltar que, para a realização da coleta seletiva em áreas rurais, é necessário adotar medidas que se ajustem às peculiaridades geográficas do local.

Por exemplo, a acessibilidade em vias não pavimentadas ou estreitas, que não permitem a circulação de veículos de grande porte, requer adaptações que possibilitem que a população realize a separação e destinação dos resíduos de forma indireta.

A seguir são apresentadas algumas formas de execução e segregação dos materiais recicláveis, voltadas para as propriedades rurais, mais comuns nos municípios brasileiros.

- Pontos de Entrega Voluntária (PEV): os PEVs são locais de responsabilidade pública ou privada, geralmente implantados em locais de grande circulação de pessoas. Nesta modalidade, o gerador separa os seus resíduos na fonte, comumente em suas residências e os deposita em um dos locais citados acima. Em PEVs de característica privado, o gerador pode solicitar aos responsáveis as evidências de destinação correta dos materiais recicláveis. O ponto ou local de entrega voluntária de resíduos recicláveis é considerado como um excelente método de Educação Ambiental, pois, desperta na população a consciência sobre a importância de se destinar corretamente os resíduos sólidos.

- **Ecoponto:** O ecoponto é um local designado onde os residentes podem descartar materiais recicláveis e resíduos orgânicos de suas propriedades, como papelão, plástico agrícola, vidro, restos de poda, entre outros. Esses ecopontos oferecem uma maneira conveniente para os moradores rurais reduzirem o impacto ambiental de suas atividades, promovendo a reciclagem e o manejo adequado dos resíduos, contribuindo para a sustentabilidade local.

A tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens dos principais meios de recolhimento e separação de resíduos recicláveis em áreas rurais.

Tabela 37 - Vantagens e desvantagens.

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
COLETA SELETIVA PORTA A PORTA	1) Dispensa o deslocamento das pessoas até um local de entrega voluntária, aumentando a adesão ao programa; 2) Facilita a mensuração, identificando os imóveis participantes; 3) Otimiza a descarga nos Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS.	1) Custo elevado de operação, com o aumento da frota necessária para a coleta e de recursos humanos; 2) Logística dificultada para propriedades rurais isoladas ou de difícil acesso.
PONTOS OU LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA	1) Menor custo para a coleta; 2) Induz a população a compreender as diferentes cores dos recipientes – Educação Ambiental; 3) Os materiais são encaminhados ao Centro de Triagem já separados; 4) Permite a publicidade ou o patrocínio privado; 5) Boa qualidade dos resíduos recebidos; 6) Aumento da cidadania com a fidelização das pessoas.	1) É necessário que a população se desloque até os pontos, podendo ocasionar desestímulos ao programa; 2) Manutenção periódica dos recipientes, como limpezas e reformas, já que os mesmos se encontram expostos as intempéries e ao vandalismo; 3) Capacidade limitada de armazenamento; 4) Constante visitas de catadores informais; 5) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
ASSOCIAÇÕES OU COOPERATIVAS DE CATADORES	1) Promove a inclusão social através do trabalho e renda; 2) Reduz os custos da Prefeitura com a coleta e a triagem dos materiais; 3) Maior independência sobre as vulnerabilidades ocorridas na gestão municipal, como troca de governo ou corte em orçamentos; 4) Através desta modalidade de execução de coleta seletiva, o município possui prioridades para a obtenção de recursos junto à União.	1) Comumente estas Associações ou Cooperativas de Catadores preferem materiais de maior valor de mercado; 2) Riscos de acidentes de trabalho, com manuseios de prensas e outros tipos de equipamentos mecânicos; 3) Alta rotatividade de colaboradores; 4) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Como identificado no Diagnóstico, a área rural ainda apresenta uma deficiência quanto à disponibilidade dos pontos de entrega voluntária. Dessa forma, propõe-se a instalação de novos PEV's, com foco prioritário na área rural, a fim de melhorar a acessibilidade e a eficiência do serviço de coleta de materiais recicláveis.

Neste sentido, alguns procedimentos e recomendações para a instalação de PEV's são necessários, sendo eles:

- O local não poderá estar susceptível a inundações;
- Os pontos de entrega voluntária deverão estar em locais de grande movimentação de pessoas, como nas vias de acesso às comunidades rurais;
- O local deverá estar coberto para evitar acúmulo de água da chuva em seu interior;
- O local deverá estar sempre bem iluminado;
- O acondicionamento dos resíduos deverá ser composto por big bags de cento e vinte litros cada;
- A retirada dos resíduos recicláveis deverá ocorrer semanalmente;
- Correta identificação para cada tipo de resíduo;
- Instalação de dobradiças na parte frontal, facilitando a retirada dos big bags;

- Identificação dos responsáveis pela manutenção e coleta dos resíduos recicláveis;
- Os resíduos recicláveis não poderão ser compactados dentro dos big bags.

1.3.3. Destinação Final

Neste capítulo, serão discutidas as formas corretas de destinação final para os resíduos sólidos domiciliares e para os resíduos sólidos provenientes da coleta seletiva. O Artigo 3º da Lei nº 12.305/2010, define a destinação final ambientalmente adequada da seguinte forma:

“Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

Sendo assim, torna-se necessário o estudo e a análise para avaliar se o atual sistema de gestão e manejo dos resíduos sólidos da área rural de Pindamonhangaba, desde a sua origem, até a sua destinação ou disposição final está atendendo as determinações contidas na Lei Federal nº 12.305/2010.

Há também maneiras de implantar este tipo de empreendimento de maneira consorciada, de acordo com a Lei Federal nº 11.107/2005, permitindo uma série de vantagens aos municípios e entre elas, o ganho em escala nas operações, uma vez que mais de um município utilize do mesmo local de disposição final. Vale pontuar a necessidade de soluções ambientalmente adequadas para a disposição de outros rejeitos, como os da construção civil e os resíduos perigosos.

A possibilidade de implantar os demais serviços numa mesma área, deverá ser considerada, pois a implantação de centrais de triagem e compostagem no mesmo ambiente do aterro sanitário otimiza as atividades relacionadas à disposição final dos resíduos e consequentemente reduz os custos referentes ao transporte realizado em cada etapa. Desta forma, a tabela abaixo mostra o

tipo de resíduo, a sua origem, a sua composição, o responsável e a destinação final adequada.

Tabela 38 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade.

Tipo de Resíduo	Origem	Composição	Destinação Final Adequada	Responsável
Resíduos domiciliares	Resíduos sólidos gerados pelas atividades diárias das residências rurais e urbanas.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Município
Resíduos da construção civil	Gerados em obras e reformas.	Resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador
Resíduos agrossilvopastoris	São aqueles gerados por todas as atividades do setor agrossilvopastoril incluindo empresas como as serrarias, madeireiras, frigoríficos, abatedouros, além de toda a indústria de alimentos agrícolas e produtores de insumos agropecuários.	Resíduos perigosos.	Logística reversa e aterro de resíduos Classe I	Gerador

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.3.4. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada

Para iniciar um planejamento que estruture a redução, a reutilização, a coleta seletiva e a reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para aterro sanitário, é necessário uma série de procedimentos específicos à gestão, para propiciar uma política sustentável e que possa fornecer a população local uma série de benefícios contemplando os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Resíduos Orgânicos

Referente aos resíduos orgânicos, a principal destinação torna-se a compostagem. Os principais benefícios advindos da compostagem são a redução da quantidade de resíduos aterrados, a redução do potencial de geração de gases e da carga orgânica dos líquidos lixiviados nos aterros, a eliminação dos patógenos e das sementes de ervas daninhas e a produção de um composto orgânico que melhora a estrutura do solo, diminuindo assim, os processos erosivos e aumentando a eficiência de absorção dos fertilizantes minerais.

Toda gestão voltada aos resíduos orgânicos, com metas para diminuir os rejeitos encaminhados para aterro sanitário, não se aplica apenas aos restos de alimentos produzidos pelas residências, mas também dos resíduos oriundos da poda e da capina de produtos agrícolas, pois os mesmos geram grandes quantidades de massa verde, que sobrecarregam também o local de destinação.

Sendo assim, abaixo seguem as metas relacionadas aos resíduos orgânicos.

- Implementação de programas de educação ambiental nas comunidades rurais para conscientização sobre a importância do manejo adequado dos resíduos orgânicos e técnicas de compostagem;
- Incentivo à criação de minhocários para a compostagem de resíduos orgânicos, oferecendo uma alternativa sustentável para o tratamento desses materiais;

- Método “Super R” (composteira caseira): a compostagem ocorre em recipientes fechados, com pequenos orifícios laterais para circulação de oxigênio, permitindo otimizar o tempo de decomposição dos resíduos orgânicos para produção do adubo, sem riscos de atrair roedores e insetos, além de inibir o reviramento da mistura por animais domésticos. Essa alternativa é ideal para ser aplicada em residências e escolas, principalmente para quem está iniciando a aprendizagem sobre compostagem;
- Estímulo à prática da agricultura orgânica, utilizando adubos provenientes da compostagem de resíduos orgânicos para fertilizar as plantações, reduzindo a dependência de fertilizantes químicos;
- Apoio à criação de sistemas de produção integrada, onde os resíduos orgânicos gerado nas residências são reaproveitados na alimentação animal, contribuindo para o fechamento do ciclo de nutrientes e redução do desperdício.

Figura 17 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica).



Fonte: Revista Galileu, 2014. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Resíduos Recicláveis

Abaixo seguem as metas referente aos resíduos recicláveis visando a diminuição de rejeitos encaminhados para disposição final:

- **Diagnóstico da Situação Atual:** nesta fase do projeto são levantadas todas questões referentes a reciclagem de resíduos sólidos no município, como, programas de educação ambiental voltadas a reciclagem, elaboração de pesquisa junto a comunidade local sobre a aceitação ou não do programa de reciclagem, presença de comércio de recicláveis no município ou na região (compradores de sucata ferrosa, madeiras, papel e papelão, plásticos, vidros e entre outros), existência de aterros sanitários, aterros controlados ou lixões, catadores informais, atravessadores informais, fontes de financiamentos e tecnologias disponíveis;
- **Fase de Planejamento:** a fase do planejamento envolve a adesão da população no projeto, os custos envolvidos, o cadastramento de catadores e atravessadores informais, data de início, locais onde a coleta será realizada, dimensionamento de recursos físicos e humanos, possibilidade de parcerias com municípios vizinhos e possíveis compradores de materiais recicláveis;
- **Fase de Implantação:** para a implantação do projeto é necessário uma ampla divulgação no município, determinação dos dias e horários da coleta, implantação de recipientes coletores próprios de materiais recicláveis, treinamento dos colaboradores envolvidos, implantação de centros de triagem com todos os equipamentos e normas necessárias (local coberto, piso impermeável, sinalizações, balanças, prensas e etc.), estruturação humana e física da gestão e acompanhamento de assistência social;
- **Operação e Monitoramento:** a operação e o monitoramento consistem no acompanhamento das entradas e saídas dos materiais, evolução dos preços e custos, acompanhamentos sociais e econômicos dos colaboradores envolvidos e avaliação dos ganhos ambientais.

Através dos procedimentos citados acima é possível garantir através de uma coleta seletiva eficiente o bom funcionamento do projeto em questão. Ressalta-se, que etapas complementares poderão ser adicionadas e outras formas de gestão também poderão ser acrescentadas.

1.3.5. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva

O município de Crateús, localizado no Oeste do Estado do Ceará, é referência nacional na gestão e execução da coleta seletiva, tanto em áreas urbanas quanto rurais, a partir da integralização de catadores de materiais recicláveis com o programa municipal da coleta seletiva. O programa atualmente abrange o serviço de coleta porta a porta para 100% da população urbana e 75% da população rural (FUNASA, 2020).

A coleta seletiva de materiais recicláveis em Crateús é realizada semanalmente pela Associação de Catadores de Materiais Recicláveis – Recicratiú, que recolhe aproximadamente nove toneladas de plástico, papel, papelão, alumínio e vidro. Esses materiais são levados ao galpão da associação para triagem e, em seguida, comercializados em Fortaleza.

Desde a criação da Recicratiú, em 2009, a prefeitura tem investido ativamente na melhoria dos serviços e na expansão dos recursos para coleta seletiva, por meio de parcerias com o governo estadual, o Banco Mundial e organizações sociais (FUNASA, 2020).

Figura 18 – Roteiro da coleta de resíduos na zona urbana e rural de Crateús/CE.



Fonte: FUNASA, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Além do desenvolvimento do processo de educação e capacitação dos trabalhadores envolvidos, outro ponto importante para o bom funcionamento da gestão de resíduos em Crateús foi a criação de ações de mobilização social e educação ambiental, as quais segundo Roland et al. (2016) e Lima, Cardoso e Pereira (2017), permitiram a inovação social, a transformação da realidade existente e o estabelecimento de novas práticas no manejo de resíduos (FUNASA, 2020). Alguns outros pontos importantes para a boa execução dos serviços também foram destacados pelos autores, sendo:

- **Caminhão com Som Regional:** Caminhão de coleta seletiva equipado com som que toca músicas regionais para atrair a atenção dos moradores e aumentar o volume de resíduos recicláveis.
- **Incentivo Telefônico:** Ligações para agradecer e motivar a população, além de colher feedback sobre a coleta seletiva.

- **Pré-Triagem no Caminhão:** Realizada durante o trajeto por um trabalhador, para otimizar a separação de recicláveis e rejeitos no mesmo veículo.
- **Projeto LEVE nas Escolas:** Ecopontos instalados em escolas, com incentivo financeiro trimestral para materiais recicláveis, promovendo a participação de alunos e professores.
- **Ações de Educação Ambiental:** Palestras, reuniões comunitárias e distribuição de materiais informativos em parceria com organizações locais e ambientais.

Figura 19 – Pontos de entrega voluntária e ações de educação ambiental em escolas públicas de Crateús/CE.



Fonte: Projeto LEVE, 2016.

1.3.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural

A estruturação de ações de emergência e contingência para o sistema de manejo de resíduos sólidos na área rural busca garantir a continuidade e eficiência dos serviços, mesmo diante de situações imprevistas que possam comprometer a coleta, transporte ou destinação adequada dos resíduos.

Estas ações, organizadas em tabelas detalhadas, identificam as ocorrências, suas origens e as medidas a serem adotadas pelo órgão responsável, sendo o SAAE Pindamonhangaba, responsável pela coleta e destinação dos resíduos domiciliares – incluindo resíduos úmidos, recicláveis e volumosos e a Prefeitura Municipal, que gerencia os serviços de limpeza pública.

Tabela 39 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	3	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Paralisação dos serviços de coleta de resíduos domiciliares	Greve dos funcionários dos serviços de coleta de resíduos domiciliares e da Prefeitura Municipal ou outro fator administrativo	Acionar funcionários e veículos da Prefeitura e da Secretaria responsável, para efetuarem a coleta de resíduos em locais críticos.
		Realizar campanha de comunicação visando mobilização da sociedade rural para o manejo de seus resíduos domiciliares.
		Contratar empresas especializadas em caráter de emergência para coleta de resíduos.
		Negociação da Prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.
Paralisação dos serviços de segregação de resíduos recicláveis e/ou coleta seletiva	Greve ou problemas operacionais da Cooperativa responsável pela coleta e triagem dos resíduos recicláveis	Acionar funcionários da Prefeitura e da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável para efetuarem estes serviços temporariamente.
		Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade rural para entrega voluntária dos resíduos recicláveis ao ecoponto mais próximo.
		Celebrar contratação emergencial de empresa especializada para a coleta e comercialização dos resíduos recicláveis.
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores.
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.3.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos na Área Rural

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da área rural do município de Pindamonhangaba foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Nestas tabelas, a visualização das propostas pode ser observada tanto sob ótica macro como micro de análise, fluindo numa sequência lógica da fundamentação do objetivo, as metas para atingi-lo nos diferentes prazos de projeto, os programas, projetos e ações necessárias para realizar tais metas e os métodos de acompanhamento que indicarão o êxito das tarefas. Sendo assim, abaixo estão definidos os objetivos propostos para o PMSR do município de Pindamonhangaba.

Objetivo 1 – Aprimoramento da Coleta Convencional

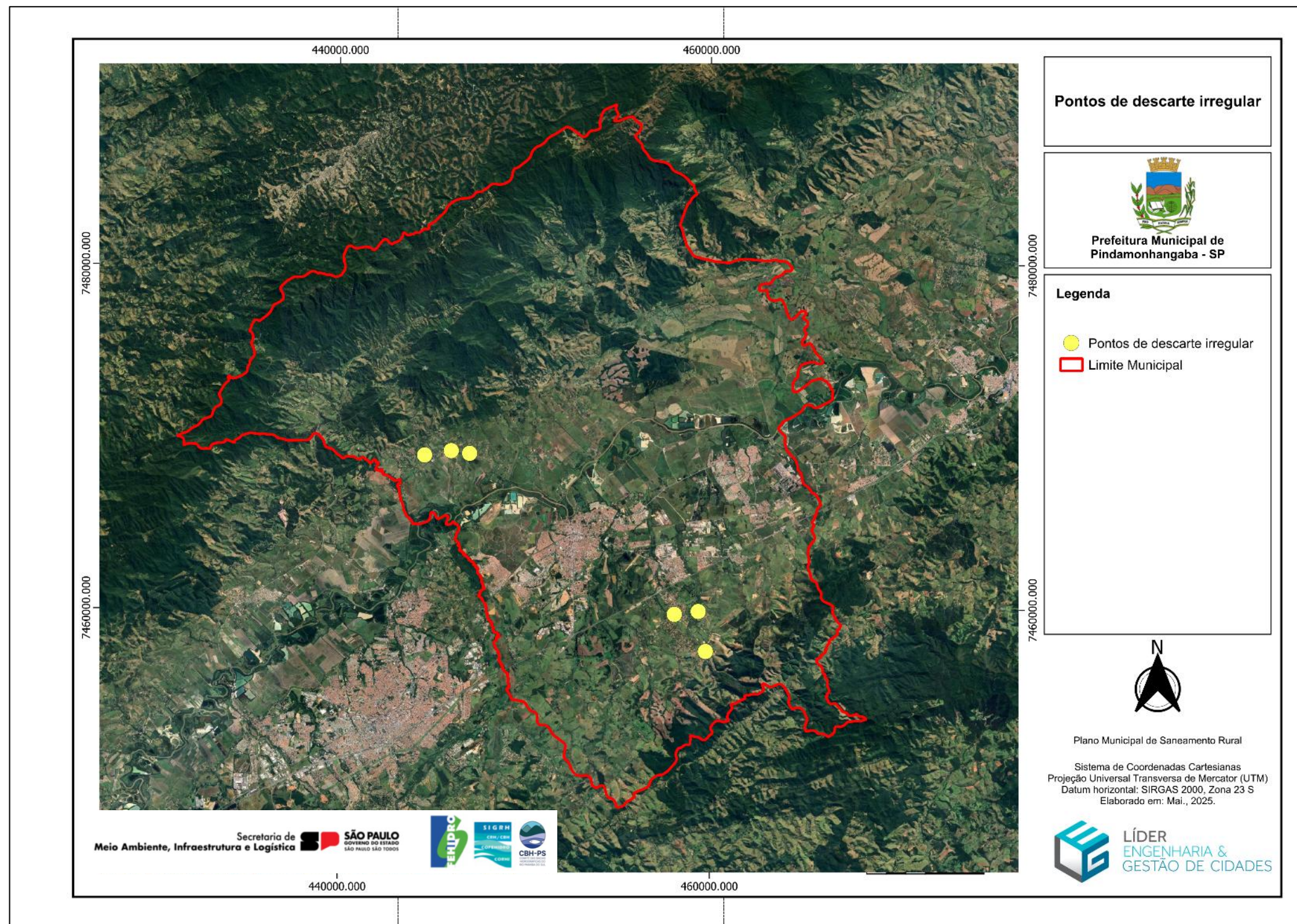
Conforme relatado na etapa de Diagnóstico e no presente Produto, algumas propriedades rurais de Pindamonhangaba estão estabelecidas em áreas isoladas e de difícil acesso, tornando a ida dos caminhões e veículos de coleta para estes locais inviável.

Como solução, a Prefeitura Municipal dispõe nas áreas rurais diversos pontos de caçamba para a disposição temporária desses resíduos. Entretanto, conforme relatado nas análises amostrais apresentadas no Produto 4, muitos moradores enfrentam dificuldades para acessar estes dispositivos, seja pela distância ou pela quantidade de materiais dispostos em um só ponto, ocasionando em lixo espalhados no entorno ou em pontos de descarte irregular, conforme identificados na etapa de diagnóstico.

Em relação aos pontos críticos e de prioridades de atendimento, foram levados em consideração os questionários aplicados, onde alguns moradores relataram realizar a queima dos resíduos, além dos locais com a presença de descarte irregular, registrados pelos técnicos durante a visita aos aglomerados.

O Mapa a seguir evidencia estes locais com maior necessidade de inserção ao sistema de coleta de resíduos.

Mapa 6 - Pontos onde não há coleta segundo o questionário aplicado.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Tabela 40 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
OBJETIVO	1	MANUTENÇÃO E APRIMOAMENTO DA COLETA CONVENCIONAL DE RESÍDUOS DOMICILIARES NA ÁREA RURAL DE PINDAMONHANGABA				
FUNDAMENTAÇÃO		O município de Pindamonhangaba atualmente realiza o serviço de coleta convencional nas propriedades rurais. Entretanto, o serviço não abrange as comunidades mais isoladas, sendo necessário a locomoção do morador até o dispositivo de caçamba mais próximo disponibilizado pela Prefeitura Municipal, onde muitas vezes o ponto não suporta a quantidade de resíduos da região, sendo necessário o acréscimo do número de caçambas e/ou o aumento no volume suportado das mesmas, também foram registrados durante as visitas técnicas e na aplicação dos questionários diversos pontos de descarte irregular de resíduos nas vias rurais, o que sugere uma insuficiência na periodicidade da coleta, para atender toda a demanda do município.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Extensão do número de propriedades rurais atendidas a partir da instalação de novos dispositivos de armazenamento temporário dos resíduos e posterior coleta pela Prefeitura Municipal.				
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS		
1) Implantar Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) em locais estratégicos da área rural. 2) Ampliar em 30% o número de caçambas para o descarte de resíduos. 3) Aumentar a frequência da coleta para atender áreas com maior demanda. 4) Realizar campanhas semestrais de conscientização ambiental em comunidades rurais.		5) Expandir os PEVs para cobrir 70% da área rural do município. 6) Adquirir novos veículos para a coleta de resíduos em regiões mais afastadas. 7) Consolidar um programa de monitoramento e fiscalização dos pontos críticos de descarte irregular.		8) Universalizar a cobertura dos PEVs e caçambas em 100% das áreas rurais. 9) Estabelecer coleta seletiva em 80% das comunidades rurais. 10) Reduzir em 90% os pontos de descarte irregular por meio de políticas de educação continuada e fiscalização integrada.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO			CURTO	MÉDIO	LONGO POSSÍVEIS FONTES

3.2.1	Estabelecimento de locais estratégicos para descarte voluntário de resíduos sólidos, reduzindo pontos de descarte irregular.	X	X	X	RP – FPU
3.2.2	Instalação de mais caçambas em áreas rurais, proporcionando um acondicionamento adequado e reduzindo o acúmulo de resíduos.	X			RP – FPU
3.2.3	Ajuste e aumento da periodicidade da coleta de resíduos sólidos domiciliares (RDO) para atender melhor a demanda das áreas rurais.	X	X		RP – FPU
3.2.4	Realização de campanhas nas comunidades rurais para incentivar o descarte adequado e informar sobre os novos pontos de coleta e práticas sustentáveis.	X	X	X	RP – FPU
3.2.5	Implementação de um sistema de monitoramento dos pontos de descarte e fiscalização para identificar locais críticos e aplicar medidas corretivas.	X	X	X	RP – FPU

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Objetivo 2 – Aprimoramento da Coleta Seletiva

O aprimoramento da coleta seletiva na área rural de Pindamonhangaba visa aumentar a adesão ao sistema de reciclagem e expandir a conscientização ambiental. Embora a maioria dos entrevistados durante a aplicação dos questionários (93%) demonstre compreensão sobre a coleta seletiva e sua importância, apenas 86% afirmaram praticá-la regularmente, sugerindo possíveis lacunas na cobertura do serviço ou na oferta de programas educativos.

Nesse sentido, ações para ampliar o alcance da coleta seletiva incluem o fortalecimento dos programas de educação ambiental e a expansão da coleta para áreas não atendidas, visando consolidar uma cultura de sustentabilidade e reciclagem na zona rural do município, assim como é observado para a área urbana.

Tabela 41 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

Tabela 11 - Tabela Síntese do Objetivo 2:					
SETOR	3	MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL			
		RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA			
OBJETIVO	2	APRIMORAMENTO DA COLETA SELETIVA			
FUNDAMENTAÇÃO	A coleta seletiva é essencial para atingir as metas de redução, reutilização e reciclagem. No município de Pindamonhangaba há coleta seletiva, se tornando necessário a busca pela melhoria e ampliação para esta vertente, principalmente em relação as propriedades rurais, que segundo os resultados dos questionários aplicados, apenas 86% dos entrevistados afirmaram ser atendidos pela coleta seletiva de recicláveis.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Massa de recicláveis coletada. Massa de recicláveis enviadas para a destinação final. Massa de rejeitos após a triagem dos recicláveis.				
METAS					
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 12 ANOS	
1) Estruturar a logística e a frequência da coleta seletiva nas regiões rurais de menor cobertura. 2) Implementar uma rede de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) nos bairros rurais com baixa adesão à coleta seletiva. 3) Realizar campanhas educativas semestrais para informar e incentivar a população a separar e destinar adequadamente os resíduos recicláveis.		4) Ampliar a rede de PEVs conforme o aumento da demanda e expandir a infraestrutura para atender todos os bairros da área rural. 5) Consolidar o programa de educação ambiental, realizando campanhas de conscientização em eventos locais e escolas, com foco na adesão contínua à coleta seletiva.		6) Manter e aprimorar a coleta seletiva e a distribuição dos PEVs conforme o crescimento da população rural, ampliando o alcance e eficiência do sistema. 7) Manter o Programa de Educação ambiental.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
3.2.1	Expandir a frequência e o alcance da coleta seletiva nos pontos onde a prática ainda não é constante. Isso pode ser feito ajustando as rotas e pontos de coleta de acordo com as áreas de maior demanda.	X	X	X	RP - FPU - FPR
3.2.2	Ampliar e promover os PEVs em locais estratégicos, como associações de bairro, e facilitar a logística de transporte desses materiais para a associação de recicláveis.	X			RP - FPU - FPR

3.2.3	Fortalecer as campanhas de conscientização com informações atualizadas e campanhas presenciais periódicas, promovidas por agentes comunitários capacitados.	X	X	X	RP - FPU - FPR
-------	---	---	---	---	----------------

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Objetivo 3 – Aprimoramento da Gestão dos Resíduos da Construção Civil e Volumosos

O objetivo de aprimoramento da gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) na área rural de Pindamonhangaba busca mitigar os problemas relacionados ao descarte irregular. Embora não tenham sido identificados pontos de descarte inadequado de RCC, não podemos ignorar essa possibilidade, portanto se faz necessária uma maior gestão desses resíduos na área rural do município.

Em relação aos materiais de construção civil, a proposta inclui também o incremento da fiscalização para evitar descartes irregulares e a implantação de mais ecopontos, além daqueles já existentes no município, destinados à coleta e destinação adequada dos RCC, de forma a garantir a sustentabilidade e a limpeza das áreas rurais de Pindamonhangaba.

Tabela 42 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL			
OBJETIVO	3	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC E VOLUMOSOS			
FUNDAMENTAÇÃO		Pindamonhangaba possui programas e incentivos para o descarte correto de resíduos da construção civil e volumosos nas áreas urbanas, com empresas de caçamba para o armazenamento e recolhimento dos materiais. Entretanto, o mesmo não é praticado para as áreas rurais, onde são observados diversos pontos de descarte clandestino de móveis e entulhos. É necessário para o Município um incentivo para o correto manejo de RCC por parte dos pequenos geradores de propriedades rurais, dispondo de armazenamento e coleta mediante o pagamento de taxas, além da fiscalização e aplicação de multas para o despejo irregular.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de RCC destinada ao local inadequado. Massa de RCC coletada em pontos de descarte incorreto. Autuações administrativas.			
METAS					
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
1) Fortalecer a fiscalização no combate ao descarte inadequado de RCC; 2) Abrangência do itinerário do Cata Treco;		3) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 4) Manter abrangência para a área rural do Cata Treco;		5) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 6) Manter abrangência para a área rural do Cata Treco.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
3.3.1	Abrangência de pelo menos uma vez ao mês da campanha de Cata Treco, voltada para as comunidades rurais.	X	X	X	RP - FPU
3.3.2	Aumentar a fiscalização de descarte inadequado em áreas rurais e aplicação de multas.	X	X	X	RP - FPU

3.3.3	Estudo para implantação de Ecopontos em locais estratégicos, voltados para o armazenamento de RCC nas comunidades rurais.	X			RP - FPU
-------	---	---	--	--	----------

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Definição das Áreas Prioritárias

A definição de áreas prioritárias constitui uma etapa fundamental no planejamento das ações voltadas ao saneamento rural no Município de Pindamonhangaba. Essa abordagem visa identificar os locais que demandam maior atenção e intervenções imediatas, considerando os resultados obtidos no diagnóstico. Com base nos questionários aplicados às residências rurais, foram mapeados os pontos críticos relacionados à ausência de coleta de resíduos sólidos, à prática de queima de resíduos e ao descarte irregular. Esses dados foram organizados em um mapa ilustrativo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e em uma tabela (Tabela 43) que categoriza a quantidade e os tipos de ocorrências por bairro, proporcionando uma visão ampla das vulnerabilidades da zona rural.

A análise dos dados revelou a concentração de problemas em determinados bairros rurais, que, conseqüentemente, configuram-se como áreas prioritárias para as ações de saneamento. Esses bairros apresentam o maior número de ocorrências negativas, indicando a necessidade de medidas mais intensivas e direcionadas para mitigar os impactos ambientais e sociais gerados pelas práticas inadequadas de manejo de resíduos. A identificação dessas áreas permite o direcionamento eficaz dos recursos e esforços, contribuindo para o cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e para a promoção de melhores condições de saúde e qualidade de vida para a população rural.

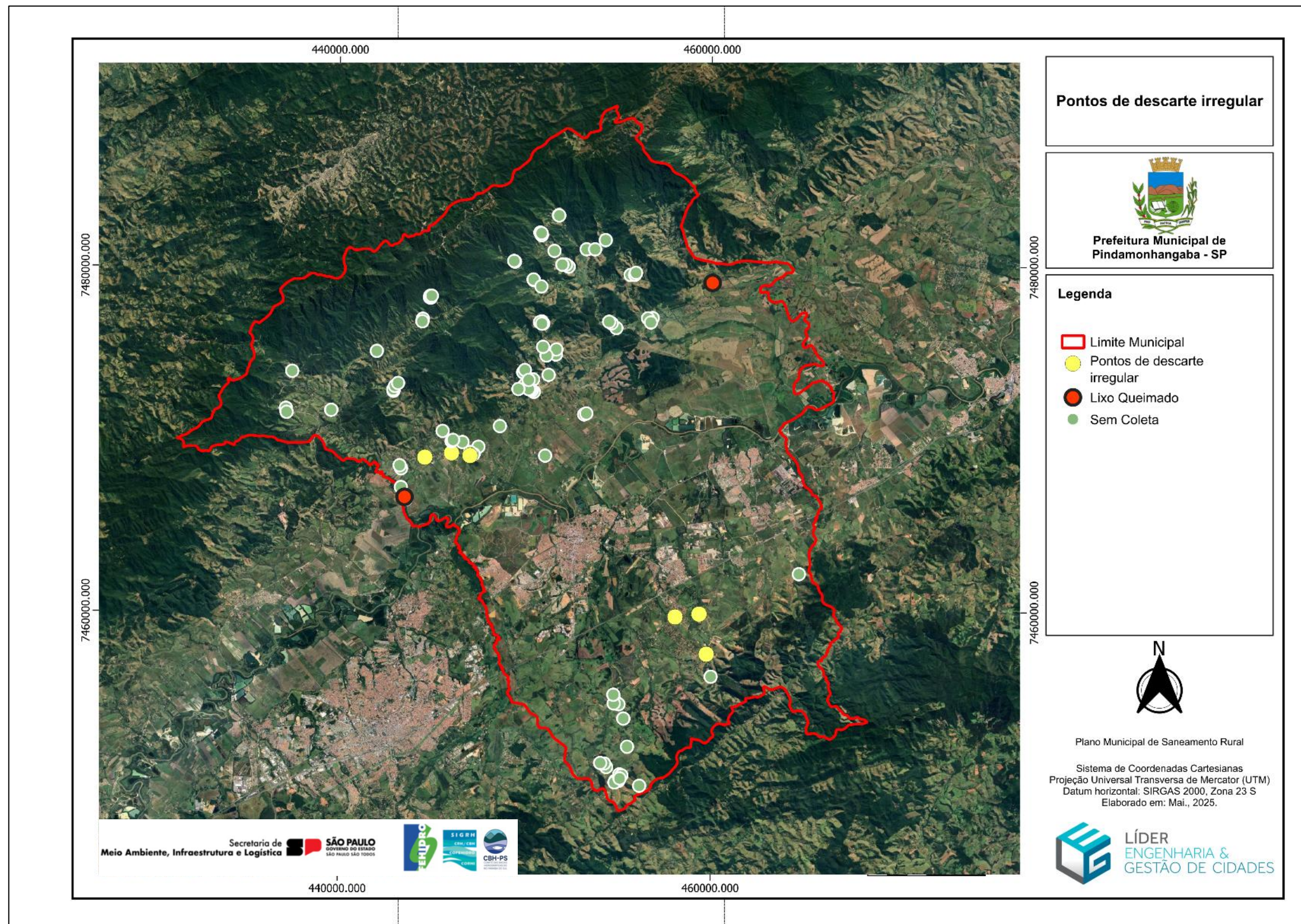
Dessa forma, a tabela apresenta os bairros divididos por níveis de prioridade para execução das ações prospectivas.

Tabela 43 – Níveis de prioridade para intervenção (bairros rurais de Pindamonhangaba).

BAIRRO	NÃO COLETA	QUEIMA RESÍDUOS	DESCARTE IRREGULAR	PRIORIDADE
Bom Sucesso				ALTA
Goiabal				BAIXA
Borba				MÉDIA
Correa do Borba				MÉDIA
Piedade				MÉDIA
Piracuama				MÉDIA
Lefevé				BAIXA
Itapeva				BAIXA
Rodeio				BAIXA
Trabiju				BAIXA
Cruz Grande				BAIXA
Cruz Pequena				BAIXA
Buraqueira				BAIXA
Tetequera				BAIXA
Pinga				BAIXA
Graminha				BAIXA
Ribeirão Grande				BAIXA
Borboleta				BAIXA
Pinhão do Borba				BAIXA
Pinhão do Una				BAIXA
Correa do Borba				BAIXA
Canta Galo				BAIXA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Mapa 7 - Compilação e distribuição espacial dos pontos negativos em relação aos resíduos sólidos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.3.8. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram a estimativa dos investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 44 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

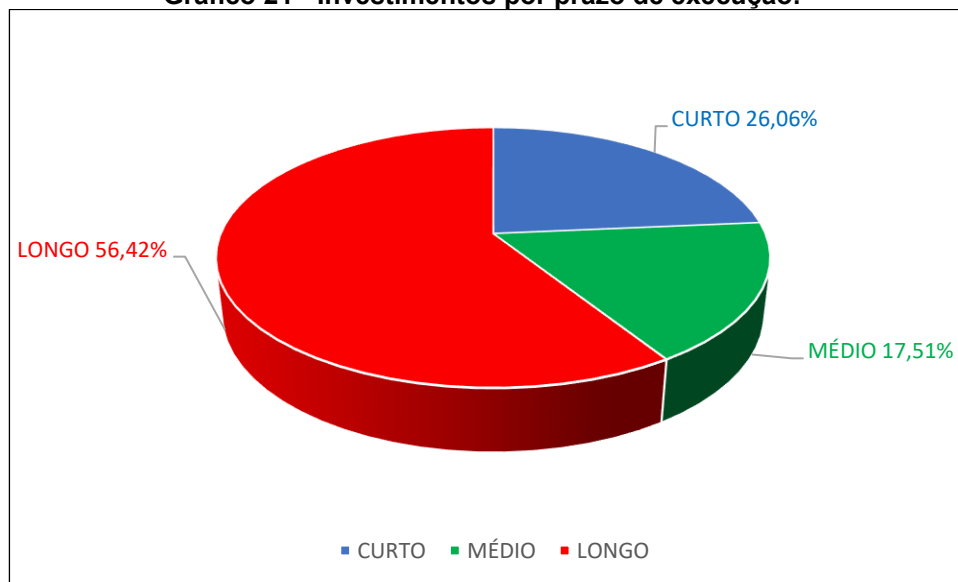
MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

OBJETIVOS				TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
APRIMORAMENTO DA COLETA CONVENCIONAL DE RDO	R\$ 45.500,00	R\$ 30.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 135.000,00
APRIMORAMENTO DA COLETA SELETIVA	R\$ 40.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 120.000,00
GESTÃO DOS RCC	R\$181.036,68	R\$199.140,34	R\$642.201,07	R\$1.022.378,09
TOTAL GERAL	R\$ 266.536,68	R\$ 259.140,34	R\$ 752.201,07	R\$ 1.277.878,09

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 21 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

As medidas de correção e/ou prevenção na rede de drenagem são classificadas de acordo com sua natureza como medidas estruturais e medidas não estruturais.

As medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando a correção ou prevenção dos problemas. Já as medidas não estruturais são aquelas em que se procura reduzir, danos ou consequências, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos.

1.4.1. Medidas Estruturais

Medidas de Controle para Redução do Assoreamento

Os impactos causados por ações humanas em um ambiente natural podem ser constatados a partir da análise do ciclo hidrológico. Qualquer meio natural tem sua forma determinada principalmente pela ação das águas, entre outros condicionantes físicos.

No meio rural, diversas são as atividades que podem ocasionar em alterações nos padrões de escoamento da água e, consequentemente, em distúrbios nesses meios, como por exemplo erosões e assoreamento de corpos hídricos. A abertura de estradas de terra, a remoção de vegetação nativa, a criação de gado e utilização de maquinários agrícolas que acabam por compactar o solo são alguns dos exemplos dessas atividades.

O assoreamento é o processo de degradação dos rios e cursos d'água em virtude do acúmulo de sedimentos em seu leito. O principal impacto ambiental desse problema é o acúmulo de bancos de areia nas áreas de drenagem das águas pluviais, gerando alterações no curso dos rios ou, em casos extremos, provocando a sua extinção ou redução substancial de sua vazão (PENA, 2021).

A principal causa do assoreamento de rios é a intensificação do processo de erosão do solo, ou seja, a remoção dos sedimentos na camada superficial com o seu posterior destino aos cursos d'água graças ao transporte realizado pelo escoamento da água das chuvas.

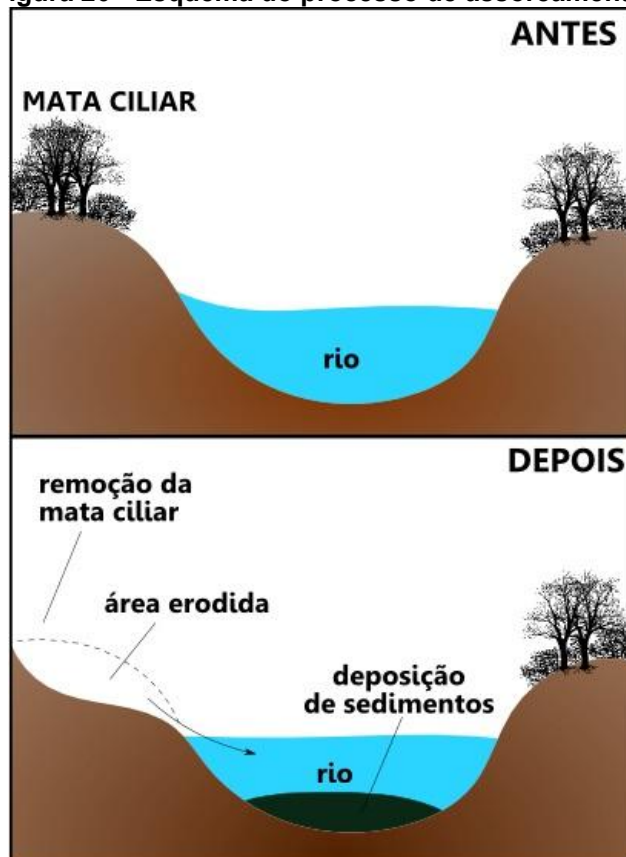
Essa situação é originada ou agravada pelas práticas humanas, principalmente pela remoção da vegetação, que teria como função conter a produção de sedimentos por meio da proteção do solo e também dificultar a locomoção desses em direção aos rios.

O combate ao assoreamento é uma das principais medidas extensivas para evitar problemas com drenagem. O poder público, em colaboração com o governo estadual, deve reconhecer a importância de desenvolver e planejar obras de controle da erosão do solo, as quais constituem um meio eficaz para resolver o problema do assoreamento ao longo do rio em toda a área da bacia.

Uma medida que pode ser utilizada é o reflorestamento ao longo da bacia que, além de combater a erosão, pode reduzir o impacto da chuva diretamente sobre o solo, o que aumentará o tempo de concentração da bacia e reduzirá os picos de cheias (BARBOSA, 2006).

O combate ao assoreamento só é totalmente efetivo mediante trabalhos preventivos que visem conter o desmatamento tanto na margem dos cursos d'água, onde ocorre a erosão fluvial de acordo com a Figura abaixo, como na bacia hidrográfica como um todo, de modo a atenuar a quantidade de sedimentos produzidos em períodos chuvosos (PENA, 2021).

Figura 20 - Esquema do processo de assoreamento.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

No caso do município de Pindamonhangaba, foram identificados alguns problemas relacionados com a erosão do solo ao longo da área rural. Conforme a análise amostral apresentada na etapa de Diagnóstico, cerca de 9% das propriedades entrevistadas alegaram a presença de erosões no solo próximas de suas residências.

Ao longo dos anos, há a possibilidade da ocorrência de mais eventos isolados na área rural do município, pois estes locais possuem declividade acentuada e muitos deles não possuem vegetação para sustentação.

Há de se destacar, que devido à ausência de dispositivos de drenagem na maioria das vias rurais do município, em dias chuvosos pode acontecer a danificação das mesmas, impedindo o fluxo seguro de pessoas e veículos.

Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção

Nessas circunstâncias, as bacias de retenção ou detenção funcionam como depósitos para armazenar tanto a água excedente quanto os sedimentos provenientes, especialmente, das vias secundárias, além de infiltrar a água no solo e diminuir a velocidade do escoamento superficial. Trata-se de um dos métodos mais eficazes para controlar o escoamento superficial em áreas rurais.

Assemelhando-se a um reservatório, essencialmente, as bacias são constituídas de áreas escavadas que têm como principal finalidade conter os fluxos de água pluvial excedente em propriedades ou vias rurais, ao mesmo tempo em que facilitam a captação da água que escorre. Ademais, contribuem para a recarga dos aquíferos subterrâneos.

De acordo com alguns autores citados em Canholi (1995), tais como, Walesh (1989), Urbonas (1991), Lazaro (1990) e Asce (1989), procuram diferenciar as obras de reservação entre bacias de detenção e retenção.

As bacias de detenção são obras destinadas a armazenar os escoamentos de drenagem, normalmente secas durante as estiagens, mas projetadas para reter as águas superficiais apenas durante e após as chuvas.

As bacias de retenção são reservatórios de superfície que sempre contém um volume substancial de água permanente para servir as finalidades recreacionais, paisagísticas ou abastecimento. As bacias de sedimentação são reservatórios que possuem a função principal da retenção de sólidos em suspensão, detritos e absorver poluentes que são carregados pelos escoamentos superficiais (Canholi, 1995).

A seguir é apresentado um exemplo de bacia aplicada para contenção do escoamento pluvial em áreas rurais, com escavação de diversos “piscinões” ao longo da estrada de terra.

Figura 21 - Exemplo de bacia de retenção em área rural.



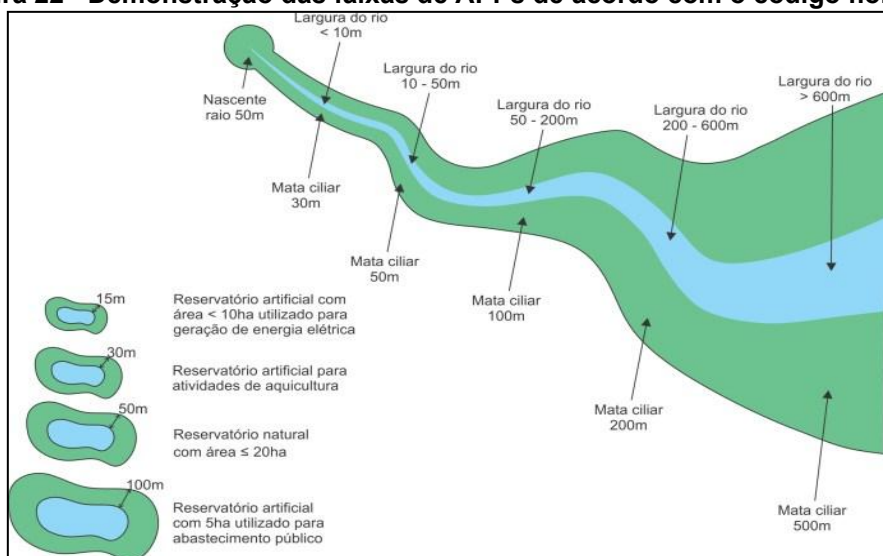
Fonte: Narciso, José, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Recuperação de Matas Ciliares a APPs

Uma das maneiras de mitigar os problemas de corpos hídricos, como assoreamento, erosão de margens, poluição das águas e dentre outras problemáticas, é a recuperação das matas ciliares de acordo com a legislação pertinente para APP, sendo a Lei nº 12.651/2012, que Dispõe Sobre a Proteção da Vegetação Nativa.

A recuperação deve se atentar para o estabelecido na referida lei quanto ao tamanho das faixas de proteção, a figura abaixo explicita a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP.

Figura 22 - Demonstração das faixas de APPs de acordo com o código florestal.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

No que tange a área rural do município de Pindamonhangaba, os processos de remoção da mata nativa podem estar relacionados com as atividades agrícolas executadas, seja para o aumento da área de plantio ou para a abertura do pasto para a criação dos animais.

A remoção da vegetação nativa, por mais que tenham sido plantados outros tipos de espécies, causa uma diminuição na quantidade de água que era infiltrada no solo e consequentemente acarreta um maior fluxo de escoamento.

Paliçadas para o Controle Erosivo

As paliçadas são dispositivos que se assemelham com a função dos dissipadores de energia, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e também como uma bacia de retenção, de forma a conter o volume de água escoado.

Consistem em estacas (bambu ou madeira) que são fincadas no solo, formando uma barreira que irá reter os sedimentos arrastados com o escoamento pluvial e conter o processo erosivo formado. Essa retenção dos sedimentos acaba por formar terrações e plataformas que contribuem ainda mais para o controle erosivo e diminuição da velocidade de escoamento da água.

Em alguns casos são inseridas espécies vegetais entre as estacas estrategicamente posicionadas, de forma a trazer benefícios adicionais ao controle de erosão, sendo eles:

- **Estabilização do solo:** As raízes das plantas ajudam a ancorar o solo, aumentando sua coesão e resistência à erosão. Isso é especialmente importante em encostas ou margens de rios onde o solo pode estar sujeito a movimentos de massa;
- **Melhoria da biodiversidade:** A introdução de vegetação em áreas de controle de erosão promove a diversidade biológica, fornecendo habitat e alimento para diversas espécies de fauna, incluindo insetos, pássaros e pequenos mamíferos;
- **Controle de água:** As plantas ajudam a absorver a água do solo e reduzir a velocidade do escoamento superficial, o que contribui para minimizar a

erosão. Além disso, as raízes das plantas ajudam a infiltrar a água no solo, reduzindo o escoamento superficial;

- **Estética:** A vegetação pode melhorar a estética da área, tornando as estruturas de controle de erosão mais visualmente agradáveis e integradas ao ambiente natural circundante.

A seguir são apresentados exemplos da aplicação de paliçadas para o controle de processos erosivos.

Figura 23 - Exemplo de aplicação de paliçadas.



Fonte: EMBRAPA, 2009. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4.2. Medidas Não Estruturais

As medidas não estruturais não utilizam instrumentos que alteram o regime de escoamento das águas do escoamento superficial direto. São formadas basicamente por soluções indiretas, como por exemplo, aquelas destinadas ao controle do uso e ocupação do solo (nas várzeas e nas bacias), à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco das consequências das inundações e educação ambiental.

Envolvem aspectos de natureza cultural e participação do público, indispensável para a implantação, com o investimento de recursos leve, baseado principalmente na conscientização e educação das pessoas. As medidas não-estruturais visam a melhor convivência da população com as enchentes e são de caráter preventivo.

Medidas de Controle para Reduzir o Lançamento de Resíduos nos Corpos D'água

Com a falta de investimento em saneamento básico, problemas no tratamento das águas, perda da vegetação nas margens de rios, além do descarte de resíduos inadequados e o consumo exagerado de produtos plásticos, a recuperação das águas ao redor do mundo é um desafio muito maior do que imaginamos.

Uma pesquisa feita pela Organização das Nações Unidas, em 2010, apontou que para cada mil litros de água utilizada pelo homem, há 10 mil litros de água que não estão em condições de uso por conta da poluição (Bandeira, 2018).

De acordo com Bandeira (2018), como boa parte da poluição hídrica acontece por falta de saneamento básico, um passo importante consiste em os governos municipais e federais criarem programas para fiscalizar serviços e também a água. Mas há pequenas ações que podem ajudar a diminuir a quantidade de resíduos em ambientes naturais como:

- Fiscalização de descarte incorreto de resíduos nos rios e córregos;
- Ter lixeiras e placas de conscientização de descarte correto de lixo; em locais como mananciais, lagos e cachoeiras, etc;
- Programa de descarte correto de óleos de cozinha;
- Programa de detecção de ligações clandestinas de esgotos;
- Fiscalização de produtos tóxicos em processos químicos e agropecuários sem os filtros adequados.

Educação Ambiental

Em geral a educação ambiental engloba todos os tópicos de infraestruturas de águas pluviais (drenagens) e deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente.

No que se refere especificamente à drenagem pluvial em áreas rurais, são necessárias ações tanto contínuas como pontuais de educação ambiental de forma a conscientizar e sensibilizar a população sobre o impacto de suas ações e escolhas no cenário municipal.

A abordagem deve adequar-se ao público e as ações devem extrapolar os ambientes formais de ensino, chegando a toda comunidade. Os principais temas de educação ambiental a serem abordados para os assuntos relacionados a drenagem são:

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- Escoamento superficial;
- Impactos das atividades agropecuárias no escoamento superficial;
- Importância dos canais naturais de drenagem;
- Função e importância das matas ciliares para a proteção dos cursos d'água;
- O papel do correto gerenciamento de resíduos sólidos;
- A necessidade de se manter áreas permeáveis nas propriedades;
- Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;
- Captação e utilização de águas pluviais.

1.4.3. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

Campina Grande, na Paraíba, tornou-se um exemplo notável em iniciativas de drenagem e manejo de águas pluviais voltadas para a zona rural, especialmente através do Projeto BAPUCOSA (Barramento com Pneus Usados para Contenção de Solo e Água). Desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), o projeto tem como objetivo aumentar a retenção de água no solo e otimizar a utilização dos recursos hídricos em áreas rurais, beneficiando diretamente comunidades locais em regiões semiáridas.

O uso de barragens subterrâneas é uma técnica central nesse projeto. Essas barragens, que aproveitam os períodos de menor precipitação para serem construídas nos trechos mais estreitos de riachos intermitentes, aumentam a retenção de água no solo sedimentar (baixios) ou montantes, o que favorece a infiltração subsuperficial e reduz a evaporação.

Essa técnica, tradicionalmente aplicada no sertão, foi modernizada para uso em solo argiloso, permitindo que a água retida suporte o cultivo de culturas anuais, como feijão e milho, e forragem, como capim-elefante e sorgo, ampliando a produtividade mesmo em condições climáticas adversas.

Figura 24 - Instalação de poço amazonas a montante da barragem e Fixação da lona de PVC 200 micras na vala para barramento do escoamento subsuperficial.



Fonte: Brito, Baracuhy e Farias (2017); FUNASA, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Além do projeto BAPUCOSA, a UFCG também implementou o Terraceamento com Tiras de Pneus (TETIP), uma adaptação da técnica de barramento de pedras, utilizando pneus descartados como estrutura de contenção. No Assentamento Paus, área rural de Campina Grande, foram instalados 10 barramentos na microbacia do Riacho Angico. Esse método não apenas contribui para a sustentabilidade ao reutilizar pneus, mas também se mostrou eficiente na retenção de água e prevenção da erosão.

Os resultados do projeto foram significativos: aproximadamente 100 barragens foram construídas, atendendo diretamente cerca de 400 pessoas e capacitando mais 400 para replicarem essa tecnologia em outras áreas. Essa ini-

ciativa inovadora demonstra como é possível aliar técnicas antigas e sustentáveis de manejo de águas pluviais a métodos modernos, oferecendo uma solução prática e de baixo custo.

1.4.4. Ações de Emergência e Contingência

Áreas com sistema de drenagem ineficiente, emissários e dissipadores de energia insuficientes, causam problemas como erosões, assoreamentos e alargamentos, comprometendo a qualidade deste serviço. Cabe a adoção de medidas de emergência e contingência para ocorrências atípicas.

A responsabilidade pelas ações de conservação das estradas rurais e contenção de erosões recai sobre a Prefeitura Municipal, que é encarregada tanto da manutenção quanto da execução de obras específicas para controle e mitigação desses processos erosivos.

Tabela 45 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
METAS	Criar e implantar sistema de controle e recuperação de processos erosivos.	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Processos erosivos.	Inexistência ou ineficiência de dispositivo de drenagem em vias rurais.	Elaborar e implantar dispositivos, iniciando pelas áreas, comunidades e propriedades mais afetadas por processos erosivos.
	Inexistência ou ineficiência de dissipadores de energia.	Recuperar e readequar os dissipadores de energia existentes.
		Recompor APP dos principais cursos hídricos, principalmente aqueles com maior remoção de vegetação nativa.
	Inexistência de APP/áreas desprotegidas.	Ampliar a fiscalização e o monitoramento das áreas de recomposição de APP.

		Executar obras de contenção de taludes.
--	--	---

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4.5. Síntese do Diagnóstico do Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

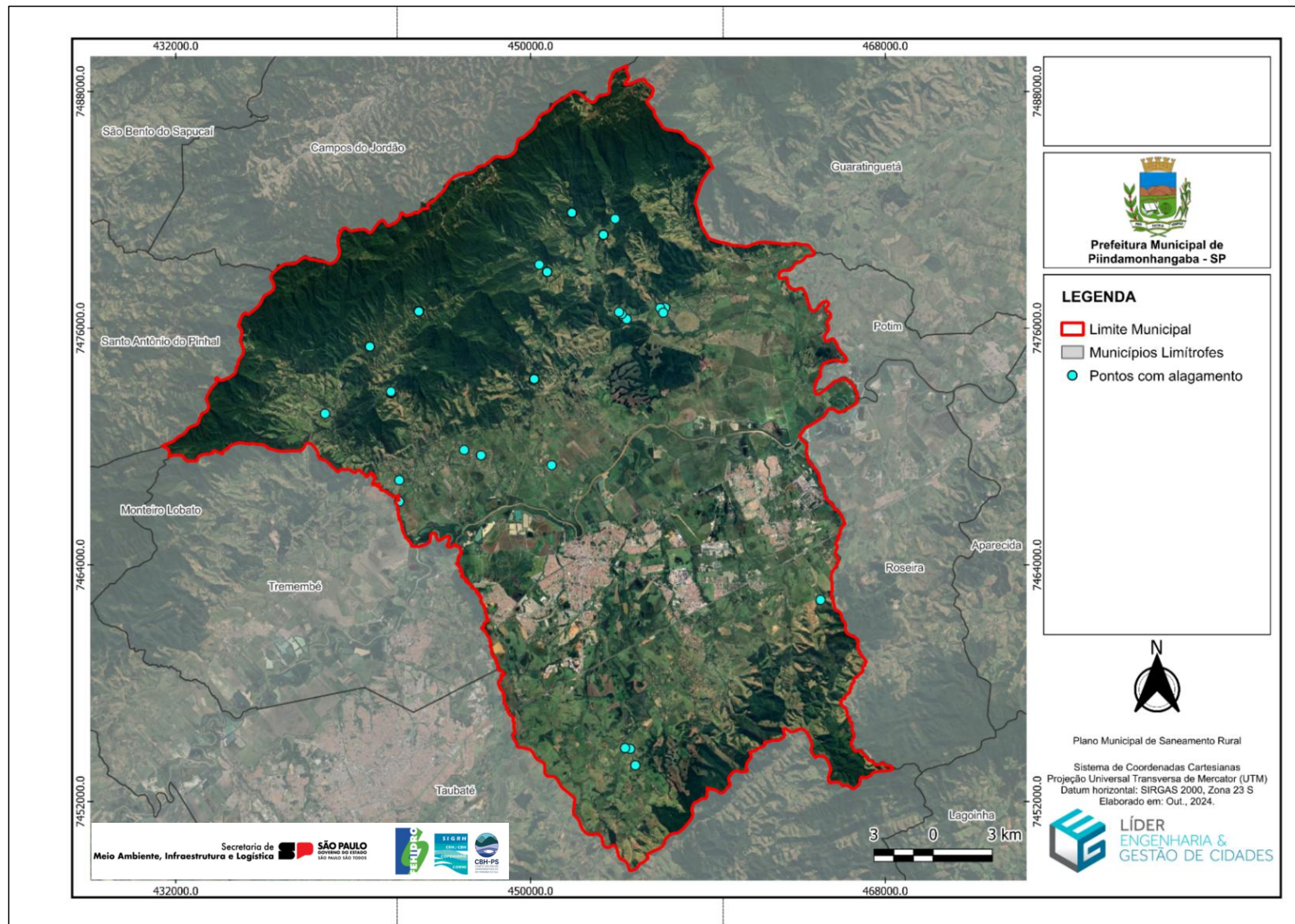
O diagnóstico realizado sobre drenagem e manejo de águas pluviais nas áreas rurais de Pindamonhangaba revela importantes desafios e necessidades. Cerca de 5% das propriedades indicam a existência de algum dispositivo de drenagem próximo às suas residências. No entanto, 9% das propriedades relatam que enfrentam episódios de alagamentos durante chuvas intensas nas proximidades de suas propriedades.

As estradas rurais representam outro ponto crítico, com 46% das propriedades apontando que essas vias estão em mal estado de conservação. Isso impacta não apenas o escoamento adequado das águas, mas também a segurança e mobilidade das comunidades rurais. Além disso, a maioria das propriedades, cerca de 94%, não dispõe de sistemas para o aproveitamento da água pluvial, o que limita a capacidade de retenção e reutilização da água das chuvas.

Outro ponto importante é a erosão, com 3% das propriedades indicando a presença de pontos de erosão nas proximidades, o que compromete a qualidade do solo. Esses dados demonstram a necessidade de implementação de ações estruturais e não estruturais para o manejo sustentável das águas pluviais, com vistas a melhorar as condições de drenagem, preservar o solo e aumentar a resiliência das comunidades rurais aos impactos climáticos.

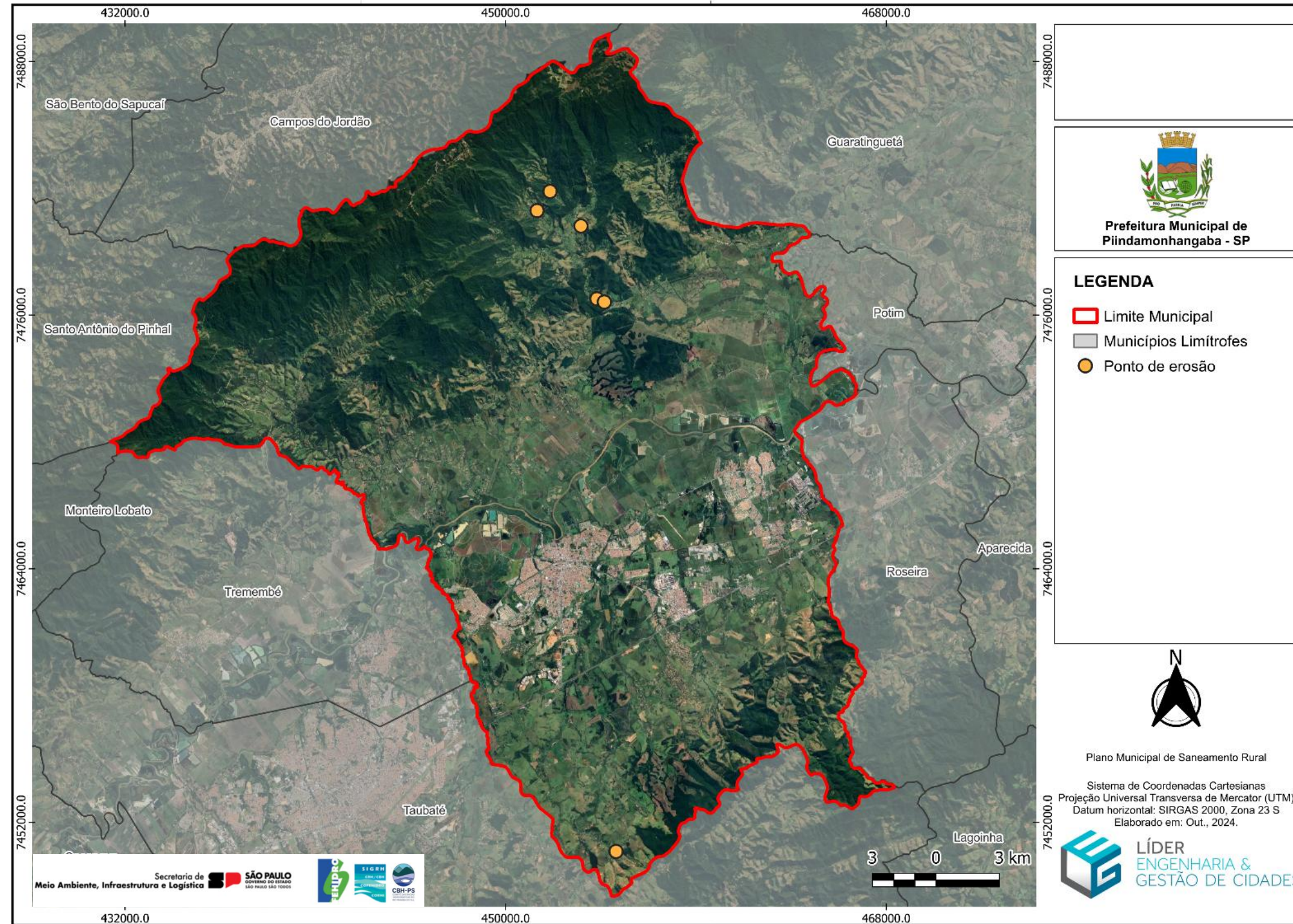
Os mapas a seguir demonstram de forma espacial quais as localidades com maior frequência de alagamentos e com a presença de processos erosivos nas proximidades, indicando de forma concisa as áreas prioritárias para a adoção de medidas estruturais.

Mapa 8 - Pontos com alagamentos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Mapa 9 - Pontos com processos erosivos nas proximidades.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4.6. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações

Para enfrentar os desafios identificados no diagnóstico de drenagem e manejo das águas pluviais, foram estabelecidos objetivos estratégicos que buscam reduzir a vulnerabilidade das áreas rurais a eventos climáticos extremos, promover a conservação do solo e melhorar a infraestrutura de drenagem. Essas metas orientam a criação de programas e projetos específicos, que visam não apenas prevenir alagamentos e erosão, mas também incentivar o aproveitamento sustentável das águas pluviais.

Cada objetivo, projeto ou ação foi desenvolvido com foco na praticidade e adaptabilidade às condições locais, de modo a garantir que as intervenções sejam eficazes e possam ser replicadas em diferentes contextos. As ações priorizam a integração da comunidade na execução e manutenção das soluções, promovendo a capacitação para a gestão hídrica sustentável e a adoção de tecnologias apropriadas para as áreas rurais.

Objetivo 1 – Medidas Estruturais

O Objetivo 1 - Medidas Estruturais busca implementar soluções físicas que promovam um sistema eficiente de drenagem e manejo das águas pluviais, adaptado às necessidades das áreas rurais de Pindamonhangaba. Essas intervenções estruturais são fundamentais para mitigar problemas de escoamento superficial, alagamentos e erosão, comuns em regiões com solo compactado e estradas sem sistemas adequados de drenagem.

As medidas incluem a criação de bacias de retenção para armazenar o excesso de água durante períodos de chuva intensa, a instalação de microdrenagens em estradas rurais, e a construção de barreiras vegetativas e barragens de contenção que aumentem a infiltração da água no solo.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 46 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL					
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS			
OBJETIVO	1	MEDIDAS ESTRUTURAIS			
FUNDAMENTAÇÃO		Diante da constatação de que 40% das propriedades rurais sofrem alagamentos durante chuvas intensas e que 58% relatam a deterioração das estradas, a implementação de medidas estruturais torna-se imprescindível para garantir a segurança e a resiliência das áreas rurais. Tais intervenções estruturais não apenas aprimoram a gestão das águas pluviais, mas também contribuem para a promoção da saúde pública, preservação do solo e a sustentabilidade da produção agrícola nas áreas rurais de Pindamonhangaba.			
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Percentual de áreas afetadas pela erosão que foram tratadas com projetos de revegetação; Percentual de estradas rurais que possuem marquises vegetativas instaladas; Medir a taxa de erosão em áreas que receberam o Projeto de Controle de Erosão em comparação com áreas que não foram tratadas; Contar a frequência com que as estruturas de drenagem e controle de erosão são mantidas e monitoradas; Realizar pesquisas para medir a satisfação da comunidade rural em relação à eficácia das ações implementadas.			
METAS					
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS	
1) Diminuir a ocorrência de alagamentos na zona rural em 40%; 2) Atingir um estado de conservação aceitável em 30% das estradas rurais; 3) Estabelecer um sistema de monitoramento contínuo.		4) Diminuir a ocorrência de alagamentos na zona rural em 60%; 5) Atingir um estado de conservação aceitável em 50% das estradas rurais; 6) Manter sistema de monitoramento contínuo.		4) Diminuir a ocorrência de alagamentos na zona rural em 100%; 5) Atingir um estado de conservação aceitável em 100% das estradas rurais; 6) Manter sistema de monitoramento contínuo.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES					
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
		CURTO	MÉDIO	LONGO	
4.1.1	Criar bacias de retenção para armazenar temporariamente águas pluviais durante chuvas intensas, reduzindo o escoamento imediato e permitindo a infiltração gradual.	X	X		FPR - FPU - RP

4.1.2	Implementar projetos de revegetação em áreas afetadas pela erosão, utilizando espécies nativas que ajudam a estabilizar o solo e aumentar a infiltração de água.	X			FPR - FPU - RP
4.1.3	Implantar estruturas de microdrenagem em estradas rurais para direcionar águas pluviais localmente e evitar alagamentos.	X	X	X	FPR - FPU - RP
4.1.4	Implementar barragens que retenham a água no solo, aumentando a infiltração e reduzindo o escoamento superficial, especialmente em regiões propensas à erosão.	X	X		FPR - FPU - RP
4.1.5	Criar marquises vegetativas ao longo das estradas para proteger a estrutura da via e permitir a infiltração da água.	X	X		FPR - FPU - RP
4.1.6	Planejar a drenagem de forma adequada em novas aberturas de estradas, garantindo que a água pluvial seja devidamente gerida desde o início.	X	X	X	AA
4.1.7	Executar o Projeto de Controle de Erosão.	X	X	X	AA
4.1.8	Estabelecer um sistema de monitoramento contínuo para avaliar a eficácia das medidas estruturais, garantindo manutenção e ajustes necessários.	X	X	X	AA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

Objetivo 2 – Ações Não Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Pluvial

As ações não estruturais referem-se a medidas que não envolvem a construção de infraestrutura física, como canais de drenagem, bacias de retenção ou sistemas de escoamento de águas pluviais. Em vez disso, essas ações são voltadas para atividades de conscientização, educação, planejamento e gestão que visam mitigar os problemas relacionados à drenagem pluvial de forma mais abstrata ou indireta.

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 2, suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 47 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PINDAMONHANGABA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS				
OBJE-TIVO	2	MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS				
FUNDAMENTAÇÃO		As medidas não estruturais são fundamentais para complementar as intervenções físicas no manejo das águas pluviais na área rural de Pindamonhangaba. A implementação de práticas de manejo sustentável e a capacitação de produtores rurais são ações essenciais para garantir o envolvimento da comunidade. Essas iniciativas fortalecem a resiliência das áreas rurais e promovem um desenvolvimento sustentável integrado.				
MÉTODO DE ACOM-PANHAMENTO (INDI-CADOR)		Realizar inspeções regulares das estradas rurais para avaliar a condição da compactação e da vegetação lateral; Acompanhar a adesão e frequência dos participantes em cada evento de treinamento; Realizar visitas de acompanhamento para verificar a implementação das técnicas ensinadas; Monitorar o número de propriedades que instalaram sistemas de captação, como cisternas, em resposta aos incentivos; Monitorar a distribuição e o alcance dos materiais informativos; Acompanhar a área restaurada e o tipo de vegetação reintroduzida.				
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 4 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 8 A 20 ANOS		
1) Implementação do programa de incentivos financeiros; 2) Capacitar 30% dos produtores rurais em técnicas de conservação do solo e água; 3) Estabelecer um sistema de monitoramento para avaliar a eficácia das medidas.		4) Manter o programa de incentivos financeiros; 5) Capacitar 60% dos produtores rurais em técnicas de conservação do solo e água; 6) Manter o sistema de monitoramento para avaliar a eficácia das medidas.		7) Manter o programa de incentivos financeiros; 8) Capacitar 100% dos produtores rurais em técnicas de conservação do solo e água; 9) Manter o sistema de monitoramento para avaliar a eficácia das medidas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO		DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES
			CURTO	MÉDIO	LONGO	
4.2.1		Estimular boas práticas de manutenção em estradas, como técnicas para compactação e controle de vegetação lateral, que podem ajudar a controlar o escoamento de água e prevenir o desgaste excessivo das vias.	X	X		RP - AA

4.2.2	Promover <i>workshops</i> e treinamentos para os moradores rurais sobre práticas de conservação do solo, técnicas de retenção de água no solo, reaproveitamento de água da chuva e benefícios da revegetação para o controle de erosão.	X	X	X	RP - AA
4.2.3	Oferecer incentivos, como descontos em impostos ou subsídios, para que produtores adotem cisternas ou outros sistemas de captação e reaproveitamento das águas pluviais.	X	X	X	RP - AA
4.2.4	Criar e distribuir orientações de resposta rápida para moradores, com protocolos para agir em períodos de chuva intensa.	X	X	X	RP - AA
4.2.5	Fornecer orientações e apoio para restauração e preservação de áreas de proteção em encostas e margens de rios.	X	X		RP - AA
4.2.6	Desenvolver um planejamento integrado que considere a permeabilidade do solo nas áreas rurais, incentivando a adoção de práticas e tecnologias que diminuam a compactação e a impermeabilização.	X			RP - AA
4.2.7	Estabelecer acordos com universidades e instituições de pesquisa para estudar e testar práticas de manejo de águas pluviais específicas para o contexto rural de Pindamonhangaba.	X			AA
4.2.8	Incentivar o uso de água pluvial captada para irrigação de culturas e outras atividades rurais, aliviando a demanda sobre recursos hídricos e minimizando o escoamento excessivo.	X	X	X	RP - AA

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

1.4.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações

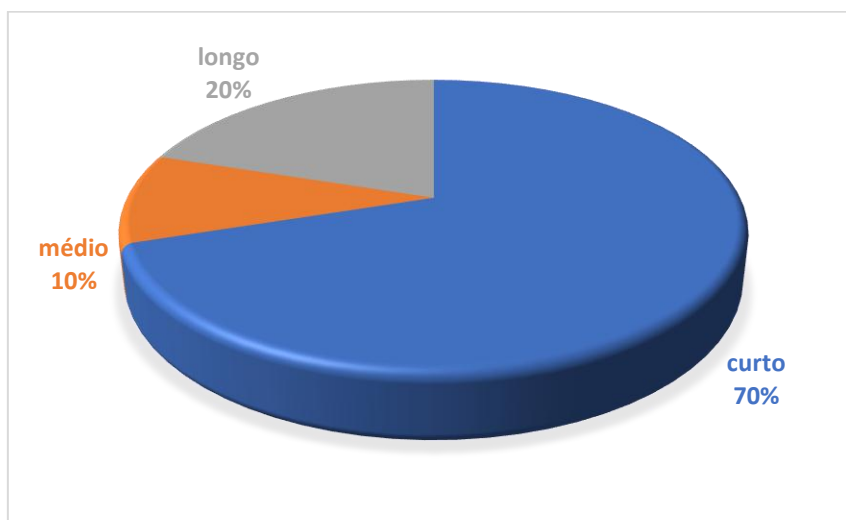
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 48 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.

MUNICÍPIO DE SOCORRO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SE- TOR	4	SISTEMA DE DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)				
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	R\$ 853.000,00	R\$400.000,00	R\$400.000,00	R\$1.653.000,00
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	R\$40.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$200.000,00
TOTAL GERAL	R\$ 893.000,00	R\$440.000,00	R\$520.000,00	R\$1.853.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 22 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

2. FONTES DE FINANCIAMENTO

Para fixação dos valores estimados para cada ação foram realizadas diversas consultas junto a fornecedores, prefeituras que estão implementando projetos e executando obras semelhantes, e, no caso dos produtos, máquinas, veículos, equipamentos, softwares, etc., em publicações especializadas.

Entretanto, estes valores serão utilizados considerando realidade econômica e de mercado atual, o que exigirá da administração municipal atualização e adaptação dos custos conforme detalhamentos em projetos específicos elaborados e implantados no devido tempo.

A identificação de algumas das possíveis fontes de financiamento por si só não garante a obtenção dos recursos, devendo vir acompanhada de projetos específicos, gestão administrativa e política para a concretização de financiamentos.

Algumas das metas e ações, muitas vezes, independem de recursos adicionais, sendo desenvolvidas com a estrutura física, humana e financeira do Município ou seus órgãos. Sendo assim, foram traçadas também, algumas ações de caráter institucional que buscam a mobilização do Poder Público e sociedade em torno de causas importantes para os serviços de saneamento básico com qualidade e eficiência.

Existem recursos públicos e privados. Os públicos são oriundos de órgãos governamentais, são os fundos municipais, estaduais, federais e de governos internacionais. O acesso a esse tipo de recurso ocorre por meio de concorrências ou editais públicos, apresentando projetos em épocas específicas para serem avaliados e potencialmente selecionados, e também por meio do contato direto com os órgãos e as instâncias responsáveis por cada tipo de recurso.

Em todos esses níveis os financiamentos podem ser classificados como voluntários, quando fazem parte do orçamento público, ou compulsórios, quando são recursos captados e destinados obrigatoriamente a determinados fins.

Podemos citar alguns exemplos de negociações possíveis para se realizar como linhas de crédito: empréstimos oferecidos por agentes financeiros, com juros menores que os de mercado; Incentivos fiscais: oferecidos à iniciativa privada pelo governo sob a forma de dedução de impostos, apresentam-se como

benefício fiscal; Recursos a fundo perdido, cuja oferta possui critérios preestabelecidos e são despendidos sem necessidade de reembolso à instituição financiadora, alocados nos fundos nacionais, estaduais e municipais.

Os recursos privados são originários de diversas instituições, como associações, empresas, fundações e bancos.

Normalmente, estas instituições possuem modelos específicos para apresentação de projetos e linhas de financiamento bem definidas como diversas empresas que dispõem de linhas de financiamento para projetos, diversas associações que fazem doações ou financiamentos para o desenvolvimento de projetos em sua área de atuação, sendo fortes fontes de parcerias, as fundações que são instituições, nacionais ou estrangeiras, que têm como propósito executar ou financiar projetos sociais, ambientais e culturais, alguns bancos, nacionais e internacionais, oferecem financiamento a fundo perdido para o desenvolvimento de projetos socioambientais e socioculturais.

Diante das limitações dos recursos por parte dos municípios e considerando que são altos os investimentos necessários para a implantação do Plano, neste item são apresentadas algumas fontes de recursos financeiros às quais o município pode recorrer.

2.1. Recursos Ordinários

Os municípios dispõem de recursos ordinários decorrentes de impostos descritos a seguir:

- IPTU - Imposto Predial Territorial Urbano;
- ISSQN – Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza;
- ITBI – Imposto sobre a Transmissão Onerosa de Bens Imóveis;
- ICMS – Repasse do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação;
- FPM – Fundo de Participação do Municípios;
- ITR – Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural.

Esses recursos são empregados para financiar projetos de infraestrutura, que poderiam incluir obras de melhoria na área de saneamento e gestão de resíduos. No entanto, esses recursos são de caráter obrigatório, e os municípios terão acesso a eles mesmo se não corresponder as condições estabelecidas pela PNRS.

2.2. Recursos Extraordinários

A construção e aprovação deste Plano pelo município, nos termos previstos pela PNRS, autoriza o acesso a recursos extraordinários da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados aos resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Sendo assim, é importante saber os meios que se tem disponíveis para financiamento da gestão dos resíduos sólidos. Em seguida os subitens apresentaram algumas alternativas de recursos extraordinários existentes.

2.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis

2.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDS

Uma das principais finalidades do BNDES é apoiar o desenvolvimento local por meio de parcerias estabelecidas com governos estaduais e prefeituras, viabilizando e implementando os investimentos necessários.

As instâncias de governo podem solicitar financiamentos a projetos de investimentos, aquisição de equipamentos e exportação de bens e serviços. Esse tipo de financiamento é reembolsável. Quando requerido pelo município, é necessário que na lei orçamentária esteja contida a previsão do pagamento do valor do empréstimo, bem como haja a permissão para a assunção da dívida em nome do município.

2.3.1. Banco do Brasil - BB

Seguindo a mesma estratégia do BNDES, o Banco do Brasil proporciona financiamentos para a aquisição de máquinas, equipamentos novos e insumos. Tais financiamentos só podem ser requeridos por sociedades empresariais (micro, pequenas e médias empresas) ou por associações e cooperativas.

2.3.2. Caixa Econômica Federal - CAIXA

A Caixa Econômica Federal, firmou juntamente com o governo federal, um acordo referente a linhas de crédito para financiar a elaboração de planos estaduais e municipais de resíduos sólidos. Logo irá colaborar com a profissionalização de cooperativas de catadores.

Portanto, o financiamento pode ser requerido tanto por Estados, Municípios e os demais atores da PNRS, como é o caso dos catadores e das cooperativas que atuem com reciclagem.

2.3.3. Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID

O BID propicia o desenvolvimento econômico, social e sustentável na América Latina e no Caribe mediante suas operações de crédito, liderança em iniciativas regionais, pesquisa e atividades, institutos e programas que promovam a divulgação de conhecimento.

O BID auxilia na elaboração de projetos e oferece financiamento, assistência técnica e conhecimentos para apoiar intervenções de desenvolvimento. Empréstos a governos nacionais, estaduais e municipais, bem como a instituições públicas autônomas. Organizações da sociedade civil e empresas do setor privado também são elegíveis para financiamentos do BID.

2.3.4. Banco Mundial – *The World Bank*

O *The World Bank* é considerado o banco superior, pois é a fonte mundial de assistência para o desenvolvimento, proporcionando cerca de US\$30 bilhões anuais em empréstimos para seus países clientes. Usa os recursos financeiros, o pessoal altamente treinado e a ampla base de conhecimentos para ajudar cada país em desenvolvimento numa trilha de crescimento estável, sustentável e equilibrado.

O objetivo principal é ajudar as pessoas mais pobres e os países mais pobres. O Banco também ajuda os países a atrair e reter investimento privado. Com o apoio, tanto em empréstimos quanto em assessoria, os governos estão reformando as suas economias, fortalecendo sistemas bancários e investindo em recursos humanos, infraestrutura e proteção do meio ambiente, o que realça a atração e produtividade dos investimentos privados.

2.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis

2.4.1. Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA

A Lei Federal nº 7.797/1989, criou o Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA, que pertence ao Ministério do Meio Ambiente e tem como objetivo disponibilizar recursos para a capacitação de gestores nas áreas que desenvolvam ações de temática ambiental como, a água, as florestas, a fauna, e projetos sustentáveis e de planejamento e gestão territorial, ou qualquer outra área que tenha como objetivo a proteção da biodiversidade e da natureza.

As propostas podem ser apresentadas de acordo com temas definidos anualmente pelo Conselho Deliberativo do FNMA. A apresentação dos programas deverá seguir as orientações publicadas na página eletrônica do FNMA.

2.4.2. Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA

FunBEA é fruto de um processo de diálogo e articulação que reflete a experiência cotidiana de gestores, educadores, pesquisadores, cientistas e profissionais, diante dos desafios jurídicos, operacionais, pedagógicos e de inovação social para o fomento da EA no Brasil.

Surgiu em 2010, com o objetivo de viabilizar e potencializar ações, projetos e programas de EA que historicamente enfrentam dificuldades em obter e acessar as formas tradicionais de financiamento. A iniciativa partiu de educadores e gestores ambientais, oriundos da academia, sociedade civil organizada, setor empresarial e governo, contando com a presença e apoio do Ministério do Meio Ambiente.

2.4.3. Ministério da Saúde

A FUNASA, órgão executivo do Ministério da Saúde, autoriza que os municípios que pretendem receber recursos para fomentar a gestão de resíduos sólidos exponham seus projetos de pesquisa nas áreas de engenharia de saúde pública e saneamento ambiental.

A finalidade é aprimorar as ações para a saúde pública com a criação de sistemas que ampliem a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final de resíduos sólidos para o controle de doenças decorrentes da ineficiência do sistema de gerenciamento dos resíduos.

Os projetos podem ser apresentados por municípios que tenham população total de até 50 mil habitantes e/ou que estejam incluídos no Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, devendo a temática atender ao manual de orientações técnicas para a Elaboração de Projetos de Resíduos Sólidos, que está disponível no sítio eletrônico da FUNASA.

2.4.4. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

O Ministério das Cidades é um dos atores da PNRS cujo seu objetivo é assegurar à população o direito de acesso ao sistema de saneamento básico em sua integralidade.

O mesmo procura por projetos e ações que visem à implantação ou adequação para o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada de resíduos. Podem fazer uso desses recursos os Estados, o Distrito Federal e os Municípios com população superior a 50 mil habitantes.

2.4.5. Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD

A finalidade do Fundo administrado pelo Ministério da Justiça é consertar os danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico, paisagístico, por infração à ordem econômica e a outros interesses difusos e coletivos.

As soluções para obter estes recursos, são provenientes de multas aplicadas pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica - CADE, das multas aplicadas por descumprimento a Termos de Ajustamento de Conduta e das condenações judiciais em ações civis públicas.

Assim esses meios são destinados apenas às entidades que atuam diretamente na defesa dos direitos difusos, como preservação e recuperação do meio ambiente, proteção e defesa do consumidor, promoção e defesa da concorrência, entre outros.

Podem ser apoiados projetos que incentivem a gestão dos resíduos sólidos, a coleta seletiva ou outras formas de programas que incluam os objetivos da própria PNRS, que são a redução, a reutilização, o reaproveitamento e a reciclagem do lixo.

Com intuito de receber as verbas do FDD é necessário candidatar-se e apresentar uma carta-consulta, cujo modelo é divulgado no site do Ministério da Justiça. Conseguem solicitar os recursos do FDD as instituições governamentais da administração direta e indireta dos governos federal, estadual e municipal e

as organizações não governamentais, desde que brasileiras e que estejam relacionadas à atuação em projetos de meio ambiente, defesa do consumidor, de valor artístico ou histórico.

2.4.6. Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA

Em 2005, para garantir a aplicação adequada dos recursos da compensação ambiental dos processos de licenciamento federal, o MMA e o Ibama criaram o Fundo Nacional de Compensação Ambiental – FNCA, em cooperação com a CAIXA. Os recursos eram depositados em um fundo de investimento gerido pelo banco, a partir da adesão do empreendedor, e executado pelo Ibama.

O FNCA evitava a entrada dos recursos no caixa único do Tesouro federal e os tornava mais disponíveis para a aplicação direta nas unidades de conservação federais. O FNCA foi criado para investir quantias originárias de compensações ambientais, pagas por empreendimentos de infraestrutura ou outros igualmente impactantes.

2.4.7. Fundo Vale

Criado em 2009 pela Cia. Vale do Rio Doce, como contribuição da empresa para a busca de soluções globais de sustentabilidade, o fundo iniciou suas ações pelo Bioma Amazônia, apoiando iniciativas que unem a conservação dos recursos naturais à melhoria da qualidade de vida e ao fortalecimento dos territórios amazônicos e suas comunidades.

Os recursos são oriundos da Vale, mas alguns projetos são desenvolvidos a partir de parcerias com o poder público e outras organizações. Parceiros institucionais: Fundação Avina, Forest Trends, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), Articulação Regional Amazônica (ARA) e Iniciativa Amapá.

As ações desenvolvidas pelo Fundo Vale estão agrupadas em três programas de trabalho, sendo que os projetos podem abranger mais de um programa em suas atividades:

- Programa Municípios Verdes, que apoia uma agenda de desenvolvimento sustentável nos municípios, com engajamento dos atores locais, conciliando gestão ambiental e economia local de base sustentável;
- Programa Áreas Protegidas e Biodiversidade: visa promover a gestão integrada das áreas protegidas, em conexão com as estratégias de desenvolvimento local, regional e nacional, de forma a demonstrar a sua contribuição para os territórios e garantir a sustentabilidade destas áreas e de seus povos; e
- Programa Monitoramento Estratégico: busca potencializar iniciativas de monitoramento e políticas de intervenção, com base na geração e uso de informação estratégica para a conservação dos recursos naturais, a redução da sua degradação e o desenvolvimento sustentável das populações locais.

2.5. Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO

O Fundo Estadual de Recursos Hídricos, FEHIDRO, é um instrumento financeiro criado para promover a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos em nível estadual. Ele é uma ferramenta importante para viabilizar a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e dos Planos de Recursos Hídricos, auxiliando no financiamento de projetos e ações voltados para a preservação, conservação, recuperação e uso racional dos recursos hídricos.

O FEHIDRO é geralmente composto por recursos provenientes de diversas fontes, tais como taxas de uso da água, compensações financeiras por uso de recursos hídricos, multas e outras receitas provenientes de infrações ambientais, bem como recursos alocados pelo poder público estadual.

Os recursos do FEHIDRO são destinados a projetos e programas que visam a melhoria da qualidade e disponibilidade da água, a prevenção e mitigação de eventos hidrológicos extremos, o controle da poluição hídrica, a proteção de áreas de mananciais, o fomento a tecnologias de tratamento de água e esgoto, entre outros.

Por meio do FEHIDRO, os estados podem promover o financiamento de iniciativas de diferentes atores da sociedade civil, como organizações não go-

vernamentais, associações de usuários de água, prefeituras municipais, empresas e instituições de pesquisa, contribuindo assim para a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos.

2.6. Acesso aos Recursos

O município pode acessar recursos da União (governo federal) para implementar ações relacionadas ao saneamento rural, especialmente quando o plano está alinhado com a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020). Nesse sentido, considera-se alguns passos essenciais, sendo:

- **Elaboração do PMSR**
 - O Plano deve ser aprovado pelo Conselho Municipal de Saneamento ou órgão equivalente;
- **Cadastro no SICONV/Plataforma +Brasil**
 - O município deve cadastrar projetos e propostas relacionados ao saneamento rural na Plataforma +Brasil, que centraliza as transferências de recursos da União;
- **Monitoramento de Editais Federais**
 - O município, por meio dos gestores municipais da (s) Secretaria (s) responsável (eis), devem ficar atentos a editais lançados por ministérios, como o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), que frequentemente financia projetos voltados para saneamento básico;
 - Programas como o Avançar Cidades – Saneamento e o Programa de Desenvolvimento Urbano podem contemplar ações de saneamento rural;
- **Apresentação do Projeto, contendo:**
 - Diagnóstico da situação atual;
 - Justificativa técnica e econômica;
 - Detalhamento das metas e indicadores esperados;

- Participação em Programas de Capacitação
 - Há a possibilidade do município participar de capacitações promovidas por instituições federais para aprimorar a elaboração de projetos e gestão dos recursos, garantindo maiores chances de aceitação dos projetos e efetividade da gestão dos mesmos.

Além disso, infere-se que para que seja possível o acesso a Fundos e Financiamentos, existem os seguintes passos:

- Diagnóstico e Planejamento
 - O PMSR deve apresentar um diagnóstico claro das condições de saneamento rural do município;
 - Identificar áreas prioritárias, como comunidades sem acesso à água potável ou que utilizam soluções inadequadas de esgotamento;
- Elaboração de Estudos Técnicos
 - Desenvolver estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para os projetos;
 - Propostas para o saneamento rural devem considerar soluções de baixo custo e tecnologias adequadas à realidade local;
- Cadastro e Submissão de Propostas
 - Registrar os projetos nas plataformas de gestão de recursos, como a Plataforma +Brasil ou sistemas específicos do BNDES e da Caixa Econômica;
- Parcerias Estratégicas
 - O município também tem a opção de firmar parcerias com consórcios intermunicipais ou ONGs que já atuam na área para aumentar a chance de aprovação e dividir custos de implementação

REFERÊNCIAS

BARBOSA, G.; LANGER, M. Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental. **Unoesc & Ciência–ACSA**, Joaçaba, v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011.

BELLINGIERI, J. C. Água de beber: a filtração doméstica e a difusão do _ltro de água em São Paulo, **Anais do Museu Paulista**. São Paulo, v. 12, p. 161-191, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2ª ed, 355p. 1990.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Atlas Esgotos: Despoluição das Bacias Hidrográficas**.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a **Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília DF, 1981.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília – DF, 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445/2007 – **Política Nacional de Saneamento Básico**. Brasília – DF, 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985/2000 – **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília – DF, 2007

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010 – **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília - DF, 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 14.026/2020 – **Novo Marco Legal do Saneamento**. Brasília - DF, 2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 05, de 03 de outubro de 2017**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde, Brasília, série E, 2017.

BRITO, J. L. S. et al. Uso do Geoprocessamento na estimativa da perda de solos por erosão laminar em Irai de Minas - MG. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto (SBSR)**, v. 9, p. 501-512, 1998.

CALHEIROS, R. O. et al. **Recuperação e conservação de nascentes. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivarí e Jundiáí, Piracicaba - São Paulo**, 53p. 2004.

CARVALHO, W. A.; FREIRE, O.; RENNÓ, C. D. **Levantamento semidetalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio**. Boletim Científico, v. 2, n. 2, p. 490-498, 2005.

CÂNDIDO, B. M. et al. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1565-1575, 2014.

CARVALHO, A. C. B. de; RIBEIRO, C. B. de M.; ROCHA, W. S. D. da; MARTINS, C. E.; SOUZA SOBRINHO, F. de. **Erosão potencial laminar hídrica em um latossolo vermelho amarelo sob três formas de cultivo**. 2014. EMBRAPA.

CAROLO, F. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: instrumento para o desenvolvimento sustentável: estudo das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** 2007.

CARVALHO, A. M. **Qualidade da água distribuída pelos caminhões-pipa para consumo humano.** 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução N°. 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução N°. 430, de 13 de maio de 2011.** Complementa e altera a Resolução nº. 357/2005. Brasília: 2011.

CORDEIRO, B. S. **A gestão de lodos de fossas sépticas: uma abordagem por meio da análise multiobjetivo e multicritério.** 2011.

CORDEIRO, W. S. Alternativas de tratamento de água para comunidades rurais. **Campos dos Goytacazes, RJ. 97p**, 2008.

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

DEGANUTTI, R. et al. Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

ENRIQUEZ, A. G. et al. Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento no canal de drenagem de estrada rural não pavimentada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 160-165, 2015.

FARIAS, C. A. **Resíduos orgânicos alternativos nos processos de compostagem e vermicompostagem.** 2001.

FERNANDES, A. J. Aquíferos fraturados: uma revisão dos condicionantes geológicos e dos métodos de investigação. **Revista do Instituto Geológico** (Descontinuada), v. 29, n. 1-2, p. 49-72, 2008.

FERNANDES, A. J. et al. Potencial dos aquíferos fraturados do estado de São Paulo: condicionantes geológicos. **Águas Subterrâneas**, v. 21, n. 1, 2007.

FERREIRA, S. S.; FERREIRA, S. S. Contexto da Captação de Águas Superficiais Utilizadas para Abastecimento nas Pequenas Propriedades Rurais. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** - Vol. 4: Congestas, 2016.

FERREIRA, M. J.; FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A. Avaliação da regeneração natural do entorno de uma nascente como estratégia para sua recuperação. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. S1, p. 573-575, 2007.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água**: concepção, projeto e operação de estações de tratamento. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017, 463p.

FONSECA, V. L. A.; MENEZES FILHO, F. C. M. **Estudo comparativo entre métodos de dimensionamento para reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas pluviais**. Holos Environment, v. 19, n. 2, p. 287-303, 2019.

FRANCO, M. R. S. **Formação de ravinas: significância para a perda de solo por erosão hídrica**. 2015. Tese de Doutorado.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de fluoretação da água para consumo humano**. Brasília: Funasa, 2012.

FUNDAÇÃO SEADE. **Informações Demográficas dos Municípios de São Paulo**. Disponível em:< <https://populacao.seade.gov.br/>>

FUNDAÇÃO SEADE. **Informações sobre Agropecuária dos Municípios de São Paulo**. Disponível em:< <https://painel.seade.gov.br/agropecuaria/>>

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO E FUNDAÇÃO FLORESTAL. (2018). **Plano de Manejo Parque Estadual de Itapetinga**. PE Itapetinga. São Paulo, Brasil. 181 páginas.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO E FUNDAÇÃO FLORESTAL. (2018). **Plano de Manejo Monumento Natural Estadual Pedra Grande**. MONA Pedra Grande. São Paulo, Brasil. 186 páginas.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO E FUNDAÇÃO FLORESTAL. (2020). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Sistema Cantareira**. Área de Proteção Ambiental Sistema Cantareira. São Paulo, Brasil. 90 páginas.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO E FUNDAÇÃO FLORESTAL. (2020). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Represa do Bairro da Usina**. Área de Proteção Ambiental Represa do Bairro da Usina. São Paulo, Brasil. 57 páginas.

GUIMARÃES, J.R.; NOUR, E. A. A. Tratando nossos esgotos: Processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola – Química Ambiental**. p. 19-30, 2001.

GAZAL, V. L. R. A. **Estudo do caso: análise das condições de saneamento básico da comunidade isolada de marsilac**. 2022.

GUSMÃO, P. T. R.; OLIVEIRA, J. W. S.; SANTOS, D. L. S. Filtros domésticos: avaliação de eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos. p. 89-120. **3º Caderno de pesquisa de engenharia de saúde pública**. Brasília: Funasa, 2010. 256 p.

HAIR, J. F. *et al.* Análise multivariada de dados. **Bookman editora**, 2009.

IBGE. **Banco de Informações Ambientais** (Geologia, Geomorfologia e Pedologia). Disponível em: < <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home> >

INDE - **Catálogo de Metadados Geográficos**. Disponível em: <https://metadados.inde.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search> >.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBIO. **Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN Ecoworld**. Disponível em: <https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/394/>. Acesso em: 05/2024.

LEITE, Antônio Felipe Guimarães et al. **Estradas Rurais: orientações para construção, adequação e manutenção**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. Brasília, 2021.

LORANDI, R. et al. Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 53, p. 111-117, 2001.

MARINHO, J. P. M. **Conceitos, métodos e propostas alternativas na gestão de resíduos sólidos**. Revista Mato-Grossense de Geografia, v. 14, n. 01, p. 75-96, 2009.

MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O. Captação de Água da Chuva em Propriedades Rurais. **Nucleus (16786602)**, v. 12, n. 1, 2015.

MELO, C. X.; DUARTE, S. T. **Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 5, n. 10, p. 691-710, 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília: 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria da Consolidação nº 5 de setembro de 2017**. Brasília: 2017.

MORGAN, R.P.C. *Soil Erosion and Conservation*. **Blackwell Publishing**. Inglaterra, 3. Ed. 304p. 2005.

NETO, R. P. **Pequenos Sistemas de Abastecimento de Água no Meio Rural: Estudo de Caso de Três Comunidades Rurais**. 2011.

NASCIMENTO SILVA, L. C.; LUCHIARI, A. Estimativa de perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do Córrego Baguaçu-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 15-28, 2016.

OLIVEIRA, C. R. C. **Resíduo sólido domiciliar: do descarte à efetividade dos pontos de entrega voluntária**. 2019.

OLIVEIRA, E. L. et al. **Compostagem de resíduos da produção e abate de pequenos ruminantes**. 2015.

OLIVEIRA, F. S. **Ganhos ambientais e energéticos com a utilização da biomassa residual de gado leiteiro em Lagoa da Prata-MG**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2010.

OLIVEIRA, M. H. C. **Aproveitamento da água de chuva**. 2014.

OLIVEIRA, J. R. de et al. **Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 140-147, 2010.

OLIVEIRA, P. G. S.; SOUSA PEREIRA, M. **Estudo sobre a economia de água por meio de reaproveitamento da água da chuva.** Research, Society and Development, v. 12, n. 2, p. e18412240169-e18412240169, 2023.

O ATIBAENSE. Em menos de 3 meses, “Cata Treco” coleta 150 toneladas de resíduos. 2021. Disponível em: <https://site.oatibaiense.com.br/2021/08/em-menos-de-3-meses-cata-treco-coleta-150-toneladas-de-residuos/#:~:text=Em%20xxx%2C%20res%C3%ADduos%20dom%C3%A9sticos%20volumosos,toneladas%20desse%20tipo%20de%20material.> Acesso em: 2024.

PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL. **Análise situacional dos programas e ações federais.** Volume III - Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011.

PEREIRA, A. L.; MAIA, K. M. P. **A contribuição da gestão de resíduos sólidos e educação ambiental na durabilidade de aterros sanitários.** Sinapse Múltipla, v. 1, n. 2, 2012.

PEIXOTO, K.; CAMPOS, V. B. G.; D'AGOSTO, M. de A. A coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos. Rio de Janeiro: **Instituto Militar de Engenharia**, 2005.

RODRIGUES, A. S. L., et al. (2004). Global Gap Analysis: **Priority regions for expanding the global protected-area network.** BioScience, 54(12), 1092-1100.

SCHALCH, V. et al. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. **São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo**, 2002.

SANTOS VALIAS, A. P. G. et al. Qualidade Microbiológica de Águas de Poços Rasos e de Nascentes de Propriedades Rurais do Município de São João da Boa Vista - São Paulo. **Águas Subterrâneas**, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SMA Nº 44, DE 05 DE JUNHO DE 2013**. São Paulo, 2013.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SMA Nº 54, DE 29 DE JUNHO DE 2012**. São Paulo, 2012.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO SMA Nº 09, DE 30 DE JANEIRO DE 2018**. São Paulo, 2018.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA, Guia de Áreas Protegidas, 2024. **Parque Estadual Itapetinga**. Disponível em: <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/parque-estadual-itapetinga/>. Acesso em 04/2024.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA, Guia de Áreas Protegidas, 2024. **MONA Pedra Grande**. Disponível em: <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/monumento-natural-estadual-da-pedra-grande/#:~:text=O%20Monumento%20Natural%20Estadual%20da,Perd%C3%B5es%2C%20Nazar%C3%A9%20Paulista%20e%20Mairipor%C3%A3>. Acesso em 04/2024.

SILVA, Allyson Sullyvan Rodrigues. **Manual Funasa de Boas Práticas na gestão de Saneamento em áreas rurais**. 2017. 77 p.

SIGAM, 2024. **Área de proteção ambiental Represa do Bairro da Usina**. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16435>. Acesso em 04/2024.

SIGAM, 2024. **Área de proteção ambiental Sistema Cantareira**. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16434>. Acesso em 04/2024.

SILVA, A. M. da et al. **Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, p. 1223-1230, 2005.

SILVA MARQUES, M. L. et al. Erosão em voçoroca e impacto nas propriedades químicas do solo e da água. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e773998154-e773998154, 2020.

SILVA, A. G. **Proposição de técnicas e modelos de gestão para o esgotamento sanitário em áreas rurais brasileiras**. 2017.

SILVA, O. H. et al. Etapas do gerenciamento de resíduos da construção civil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 39-48, 2015.

SILVEIRA, K. A. et al. Contaminação no lençol freático por fossas rudimentares. **Caderno Progressus**, v. 3, n. 5, p. 40-47, 2023.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. Série Histórica – xxx/SP. **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: 2023.

SUGUIO, K. Geologia Sedimentar. **1st Edition, Edgard Blucher**, Sao Paulo, 400 p. 2003.

TAKENAKA, E. M. M.; ARANA, A. R. A.; ALBANO, M. P. **Construção civil e resíduos sólidos: coleta e disposição final no município de Presidente Prudente-SP**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n. 12, 2012.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V.; DIAS, W. A. Estimativa de proveniência de sedimento em cabeceira de drenagem com alta densidade de estradas rurais não pavimentadas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 2, p. 25-37, 2011.

THOMAZ, E. L.; PEREIRA, A. A. Estrada rural não pavimentada como fonte de escoamento superficial e sedimento. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 1, 2013.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHÃES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

TORRES, V. S. Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do saneamento rural. **6º EXPOTEC**, 2019.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

VASCONCELOS, M. B. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Vol. 1, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014, 240p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. **Department of Agriculture, Science and Education Administration**. Washington D.C.: 1978.

ZARONI, Maria José. **Latossolos: uso e manejo**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos>. Acesso em: 2024.