

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

PRODUTO V e VI – PROGNÓSTICO E
ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÕES DE
MELHORIAS E ELABORAÇÃO DOS
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES



Município de Engenheiro Coelho – SP



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

www.liderengenharia.eng.br
contato@liderengenharia.eng.br



PREFEITURA MUNICIPAL DE ENGENHEIRO COELHO – SP

ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL

**PRODUTOS V e VI– PROGNÓSTICO E ALTERNATIVAS PARA SOLUÇÕES DE
MELHORIAS E ELABORAÇÃO DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES**

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

PEDRO FRANCO
PREFEITO MUNICIPAL



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/SP 5069666179

Juliano Mauricio da Silva

Engenheiro Civil
CREA/PR 117165

Marcelo Gonçalves

Geógrafo
CREA/PR 95232

Solange Passos Genaro

Serviço Social
CRESS/PR 6676

Paula Evaristo R. Ferraz de Barros

Advogada
OAB/MG 107935



GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO

Jackson A. Germanovickz

Diretor de Meio Ambiente

Ricardo Chinaglia

Engenheiro Civil

CREA: 506.966.626-8

Francisca Pinheiro da Silveira Costa

Coordenadora Ambiental

CREA: 140.887.512-8

Vinicius Nunes Ferreira de Camargo

Engenheiro Ambiental e Sanitário

CREA: 261.255.530-7

Daniela Reimann

Engenheira de Alimentos

CREA: 060.117.256-1

Yuri School Hereman

Técnico Agrícola

Luiz Oda Homma

Engenheiro Agrônomo

CREA: 060.077.374-3



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	13
INTRODUÇÃO	14
1. PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS.....	15
1.1. Sistema de Abastecimento de Água - SAA.....	16
1.2. Projeção de Demanda	17
1.2.1. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada 20	
1.2.2. Experiências de Sucesso em Saneamento Rural: Exemplos e Boas Práticas de Outros Municípios – Sistema de Abastecimento de Água.....	21
1.2.3. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Abastecimento de Água	25
1.2.4. Análise Econômica	32
1.3. Sistema de Esgotamento Sanitário.....	33
1.3.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto	34
1.3.2. Cargas de Concentração	36
1.3.3. Comparação das Alternativas de Tratamento dos Esgotos.....	39
1.3.4. Definições de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada.....	40
1.3.5. Sistemas Individuais	41
1.3.6. Ações de Emergência e Contingência.....	54
1.3.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Esgotamento Sanitário	57
1.3.8. Análise Econômica	63
1.4. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	64
1.4.1. Estimativa da Produção de Resíduos Sólidos com base nos Resultados dos Estudos Demográficos	65



1.4.2. Procedimentos Operacionais e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos de Manejo dos Resíduos Sólidos, Incluindo a Disposição Final Ambientalmente Adequada dos Rejeitos	66
1.4.3. Resíduos da Construção Civil e Volumosos	79
1.4.4. Resíduos Agrossilvopastoris e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória ..	80
1.4.5. Medidas de Redução, Reutilização, Coleta Seletiva e Reciclagem, entre outras, com vistas a Reduzir a Quantidade de Rejeitos Encaminhados para Disposição Final Ambientalmente Adequada	81
1.4.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Manejo dos Resíduos Sólidos na Área Rural	84
1.4.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da Área Rural	85
1.4.8. Análise Econômica	91
1.5. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais	92
1.5.1. Medidas Estruturais	92
1.5.2. Medidas Não Estruturais.....	99
1.5.3. Ações de Emergência e Contingência.....	101
1.5.4. Objetivos, Programas, Projetos e Ações	103
1.5.5. Análise Econômica	109
2. FONTES DE FINANCIAMENTO	110
2.1. Recursos Ordinários	111
2.2. Recursos Extraordinários.....	112
2.3. Programas de Financiamento Reembolsáveis	112
2.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDS	112
2.3.1. Banco do Brasil - BB.....	112
2.3.2. Caixa Econômica Federal - CAIXA.....	113
2.3.3. Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID	113
2.3.4. Banco Mundial – <i>The World Bank</i>	113
2.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis	114
2.4.1. Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA.....	114



2.4.2. Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA	114
2.4.3. Ministério da Saúde	114
2.4.4. Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental ...	115
2.4.5. Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD	115
2.4.6. Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA	116
2.4.7. Fundo Vale	116
2.5. Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO	117
3. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS	118
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados da campanha.	15
Tabela 2 - Demandas para o Sistema de Abastecimento de Água.	19
Tabela 3 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	27
Tabela 4 - Tabela SINAPI para a construção de paredes de proteção ao redor dos poços e caixa de alvenaria para proteção das nascentes.	29
Tabela 6 - Tabela Síntese do Objetivo 3.	31
Tabela 7 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.	32
Tabela 8 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.	35
Tabela 9 - Valores de Cargas Orgânicas de DBO.	38
Tabela 10 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.	56
Tabela 11 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	58
Tabela 12 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	61
Tabela 13 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.	63
Tabela 14 - Estimativa da geração total, reciclados e compostáveis.	66
Tabela 15 - Cores de identificação de resíduos sólidos.	74
Tabela 16 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos.	75
Tabela 17 - Vantagens e desvantagens.	77
Tabela 19 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.	84
Tabela 20 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	88
Tabela 21 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	90
Tabela 22 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.	91
Tabela 23 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.	102
Tabela 24 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	105
Tabela 25 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	108



Tabela 26 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.	109
Tabela 27 - Análise Global.	118



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de SAC e reservatório de distribuição na zona rural de Marechal Cândido Rondon/PR.	22
Figura 2 - Exemplo de Sistema Descentralizado.	39
Figura 3 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.	40
Figura 4 - Sistema individual de tratamento - Fossas Sépticas.	43
Figura 5 - Sistema individual de tratamento - Valas de Infiltração.	44
Figura 6 - Sistema individual de tratamento – Sumidouros.	45
Figura 7 - Estação compacta de tratamento de esgoto sanitário.	46
Figura 8 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.	50
Figura 9 - Exemplos de Fossas Sépticas Biodigestora.	51
Figura 10 - Esquema de Círculo de Bananeiras.	51
Figura 11 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.	52
Figura 12 - Esquema de um Tanque de Evapotranspiração - TEvap.	53
Figura 13 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.	54
Figura 14 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.	72
Figura 15 - Recipientes para a coleta seletiva.	74
Figura 17 – Método “Super R” de compostagem (composteira doméstica).	84
Figura 18 - Esquema do processo de assoreamento.	93
Figura 19 - Exemplo de bacia de retenção em área rural.	96
Figura 20 - Demonstração das faixas de App's de acordo com o código florestal.	97
Figura 21 - Exemplo de aplicação de paliçadas.	99



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vazão média L/s para toda a população rural.	20
Gráfico 2 - Investimentos por prazo de execução.	32
Gráfico 3 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de Engenheiro Coelho.	36
Gráfico 4 - Investimentos por prazo de execução.	63
Gráfico 5 - Investimentos por prazo de execução.	91
Gráfico 6 - Investimentos por prazo de execução.	109



APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o Produto 5 e 6 – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e Elaboração dos Programas, Projetos e Ações do saneamento rural do município de Engenheiro Coelho – SP, referente ao contrato nº 072/2024 – Proc. Adm. 071/2024.

O Plano Municipal de Saneamento Rural (PMSR) abrange os serviços, infraestruturas e instalações relacionados ao saneamento básico, incluindo abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais, com foco nas populações rurais. Este documento contém o prognóstico que inclui condicionantes, objetivos e metas, além de programas, projetos e ações planejados para cada eixo do saneamento básico. O planejamento estabelece um horizonte de vinte anos, considerando as especificidades e desafios da área rural.

O objetivo central é promover a excelência no saneamento das comunidades rurais de Engenheiro Coelho, assegurando melhorias significativas na qualidade de vida da população. Este prognóstico detalha as intervenções necessárias para cada eixo do saneamento rural, apresentando um processo de hierarquização das prioridades e o planejamento de execução conforme os prazos estabelecidos nas Metas de Execução.

O PMSR está em conformidade com os princípios da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020) e com as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010). A proposta busca garantir avanços na salubridade ambiental, proteção dos recursos hídricos e promoção da saúde pública.



INTRODUÇÃO

O planejamento de ações voltadas ao saneamento básico em áreas rurais enfrenta diversos desafios que dificultam sua consolidação e integração nos municípios. Os objetivos do PMSR devem estar alinhados à Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento (Lei Federal nº 14.026/2020).

O saneamento básico rural é entendido como um conjunto de ações que visam à universalização do acesso aos serviços essenciais, fundamentadas em estratégias que promovam equidade, integralidade, intersetorialidade e sustentabilidade, assegurando a participação e o controle social.

O planejamento estratégico requer uma visão prospectiva da área e dos elementos de planejamento, utilizando instrumentos de análise e antecipação de maneira coletiva. Essas informações são construídas com base no diagnóstico do cenário atual das comunidades rurais do município.

Diante das demandas atuais e das exigências legais do setor, este documento apresenta o Prognóstico para a elaboração do PMSR de Engenheiro Coelho, atendendo aos requisitos do município e orientando as etapas subsequentes do plano.



1. PROGNÓSTICO, OBJETIVOS E METAS

Nos tópicos a seguir, serão apresentadas as possibilidades estratégicas para cada eixo do saneamento, incluindo possíveis soluções para as problemáticas identificadas no diagnóstico e o planejamento necessário para os serviços de saneamento rural. O planejamento considera tanto as características específicas do município quanto sua vocação para o turismo rural e as aspirações sociais identificadas na fase anterior.

Destacam-se, principalmente, questões como a falta de informações sobre o tratamento de água, o descarte inadequado de resíduos sólidos, o elevado número de fossas rudimentares e a ausência de manutenção adequada nas estradas rurais. Outros pontos relevantes, identificados no diagnóstico, serão detalhados ao longo do texto.

As tabelas fornecem a base para os objetivos, fundamentados no diagnóstico, além de métodos para acompanhar as metas propostas, com indicadores claros para avaliar seu cumprimento e estado de implementação. Também incluem a programação para implantação de programas, projetos e ações em curto, médio e longo prazos, com identificação das fontes de recursos financeiros necessários para sua execução.

Ressalta-se que os objetivos, metas, programas, projetos e ações apresentados foram desenvolvidos considerando as proporções e porcentagens obtidas nas análises dos dados coletados por meio dos questionários, proporcionalmente ao total de propriedades rurais identificadas no município de Engenheiro Coelho.

Tabela 1 – Dados da campanha.

Dado	Quantidade
Imóveis previamente selecionados	169
Questionários aplicados	134
Taxa de Adesão	79,3%

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 é essencial para melhorar a qualidade de vida e garantir a sustentabilidade das propriedades rurais. No município de Engenheiro Coelho, a adequação estrutural e o tratamento da água nos pontos de captação, tanto superficiais quanto subterrâneos, são prioridades para atender às necessidades das comunidades rurais. Essas ações visam garantir o acesso constante a uma fonte segura e potável, beneficiando diretamente a saúde e o bem-estar dos moradores.

A projeção demográfica para a população rural de Engenheiro Coelho aponta um cenário de evolução, indicando que há uma expectativa de aumento populacional nessas áreas. Portanto, a prioridade deve ser melhorar os pontos de captação existentes, garantindo que funcionem de maneira eficiente e segura, conforme o aumento da demanda. As ações deverão focar na manutenção regular dos poços, no tratamento adequado da água captada e na perfuração de poços com distância segura de possíveis fontes de contaminação, como por exemplo fossas rudimentares.

Essa conclusão baseia-se na análise da tendência de crescimento populacional nas áreas urbana e rural do município. Conforme o Produto 4 deste PMSR, os pontos de captação são predominantemente de uso exclusivo, atendendo às demandas específicas de cada propriedade.

Na área de transição, a demanda por água depende da classificação do imóvel: se for considerado rural, a demanda será autossuficiente; se for considerado urbano, estará sujeito ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), e não ao PMSR.

Por fim, é fundamental garantir a manutenção da infraestrutura existente, assegurando um fornecimento constante e eficiente de água para as comunidades rurais, mesmo diante das mudanças demográficas previstas. Essa abordagem contribui para a gestão sustentável dos recursos hídricos, promovendo o uso racional e eficaz dos sistemas de abastecimento.



1.2. 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 Engenheiro Coelho.

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 SINISA, foi utilizada para complementar os dados referentes as propriedades rurais do município de Engenheiro Coelho 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 SINISA, vale ressaltar que na projeção populacional proposta, foi utilizado o método aritmético, este que baseia-se em uma estimativa de crescimento constante ao longo do tempo, com uma taxa de crescimento fixa para projetar a população futura.

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:

$$Q_{\max d} = Q_{\text{med}} \cdot k_1$$

sendo:

$Q_{\max d}$ = Vazão máxima diária (L/s);

K_1 = Coeficiente de Consumo máximo Diário;

Q_{med} = 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.

$$Q_{\max h} = Q_{\max d} \cdot k_2$$

sendo:

$Q_{\max h}$ = Vazão máxima horária (L/s);

K_2 = Coeficiente da hora de maior consumo;

$Q_{\max d}$ = 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.

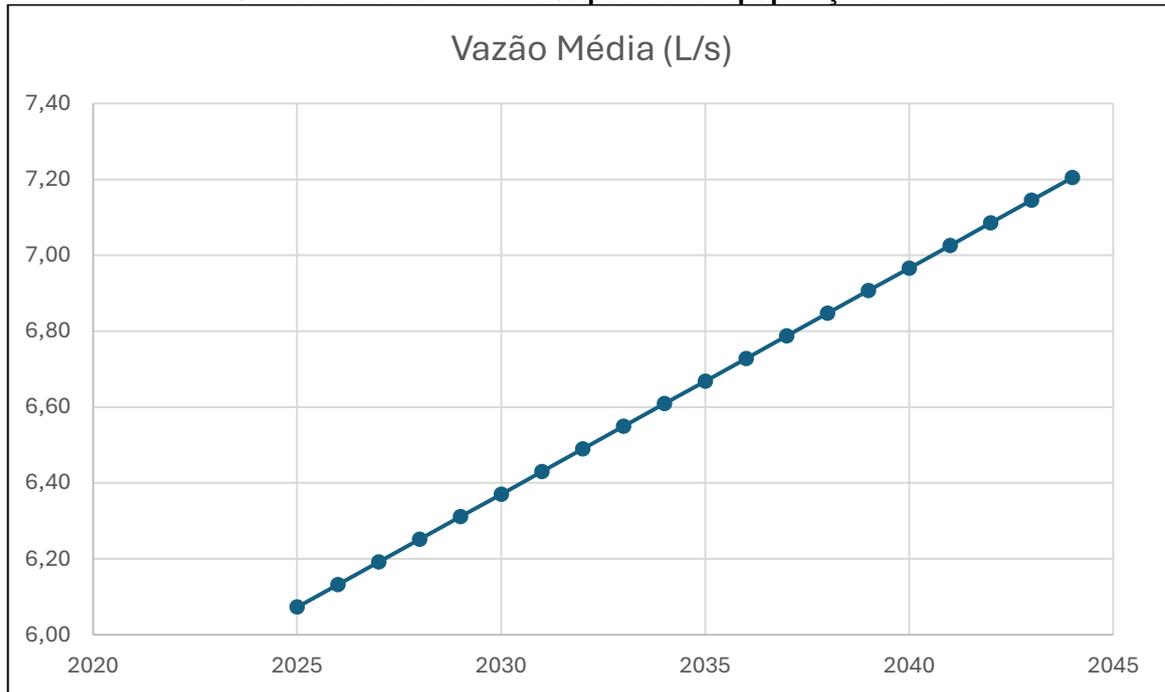
A tabela abaixo traz a projeção das vazões necessárias para atender a demanda atual e futura de toda a população rural de Engenheiro Coelho em um horizonte de vinte anos, utilizando os dados disponibilizados pelo DAEE e a média de consumo de água por habitante no país, disponibilizado pelo SINISA, juntamente 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)
2025	5.148	6,07	7,29	629,62
2026	5.198	6,13	7,36	635,74
2027	5.249	6,19	7,43	641,97
2028	5.299	6,25	7,50	648,13
2029	5.350	6,31	7,57	654,31
2030	5.400	6,37	7,64	660,48
2031	5.451	6,43	7,72	666,66
2032	5.501	6,49	7,79	672,84
2033	5.552	6,55	7,86	679,01
2034	5.602	6,61	7,93	685,19
2035	5.653	6,67	8,00	691,36
2036	5.703	6,73	8,07	697,54
2037	5.754	6,79	8,14	703,72
2038	5.804	6,85	8,22	709,89
2039	5.855	6,91	8,29	716,07
2040	5.905	6,97	8,36	722,25
2041	5.956	7,03	8,43	728,42
2042	6.006	7,09	8,50	734,60
2043	6.057	7,14	8,57	740,77
2044	6.107	7,20	8,65	746,95

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 Engenheiro Coelho, observa-se uma tendência de aumento na demanda hídrica ao longo dos anos.

1.2.1. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada

Para a área rural de Engenheiro Coelho, propõem-se uma adequação dos pontos de captação superficial e subterrânea, através de projetos básicos de proteção, como cercamentos e sinalização dos sistemas de reservação existentes nas propriedades, sejam elas compartilhadas ou não, além de medidas que garantam uma análise da qualidade das águas que chegam para o consumo dos moradores da área rural do município e métodos seguros de tratamento e preservação.

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



1.2.2. 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).

Marechal Cândido Rondon - PR

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 Assemae (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, 2023.

Extrema - MG

Outro caso de bastante destaque no Brasil é no município de Extrema/MG, onde há o Projeto Conservador das Águas, concebido no ano de 2005 através da Lei municipal nº 2.100, com o objetivo de manter a qualidade dos mananciais de Extrema e promover a adequação ambiental das propriedades rurais.

O projeto representa uma das primeiras iniciativas municipais brasileiras estruturadas sob o conceito de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), com o objetivo de promover a conservação dos recursos hídricos por meio da restauração e preservação de ecossistemas naturais.

A estratégia adotada pela Prefeitura de Extrema, por meio da Secretaria de Meio Ambiente, consistiu em incentivar proprietários rurais a adotarem práticas de



manejo conservacionista em suas propriedades, como a restauração de Áreas de Preservação Permanente (APPs), proteção de nascentes, implantação de cercas para isolamento de áreas sensíveis, terraceamento e construção de bacias de contenção. Em contrapartida, os produtores rurais recebem incentivos financeiros proporcionais à extensão e à qualidade das ações realizadas, dentro de metas pactuadas contratualmente.

O programa tem como área de atuação a bacia do rio Jaguari, um dos formadores do Sistema Cantareira, responsável por parte significativa do abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. No entanto, além dos benefícios regionais e estratégicos em larga escala, o projeto contribuiu de forma direta para a melhoria da oferta de água em comunidades rurais do próprio município, ao recuperar nascentes, regularizar a vazão de córregos intermitentes e ampliar a disponibilidade de água em pequenas propriedades agrícolas.

Em relação ao saneamento rural, destaca-se que o acesso regular à água de boa qualidade em propriedades dispersas e muitas vezes isoladas é um dos maiores desafios enfrentados por municípios de pequeno porte. Nesse contexto, o Conservador das Águas se mostra um modelo eficaz de política pública que atua na base do problema: a manutenção e recuperação dos ecossistemas responsáveis pela produção de água. Essa abordagem preventiva evita a necessidade de soluções tecnológicas de maior custo e complexidade, que muitas vezes não se mostram viáveis em comunidades rurais dispersas.

Além da conservação ambiental, o projeto também contribuiu, de forma indireta, para a estruturação de sistemas simplificados de abastecimento de água nas áreas rurais de Extrema. Com a regularização da vazão dos cursos d'água e a preservação de nascentes, foi possível garantir maior estabilidade hídrica para captações diretas e pequenos sistemas de distribuição, muitas vezes operados por associações de moradores ou sob regime comunitário. Assim, o projeto fortalece os princípios da gestão descentralizada, participativa e sustentável do saneamento rural, promovendo a segurança hídrica das populações do campo.

Entre os resultados alcançados, destacam-se a recuperação de centenas de nascentes, o plantio de milhões de mudas nativas e o envolvimento de mais de 300 produtores rurais, além da replicação do modelo em diversos outros municípios brasileiros. O sucesso do Conservador das Águas demonstra a viabilidade de integrar políticas ambientais e de saneamento básico rural em uma estratégia única, eficaz e



de baixo custo relativo, com impactos positivos duradouros para o abastecimento de água, a saúde pública e a conservação dos recursos naturais.



1.2.3. 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 captação e abastecimento de água em áreas rurais do município de Engenheiro Coelho foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo.

Objetivo 1 – Implementar Medidas de Proteção para Nascentes e Garantir a Segurança Hídrica.

A captação de água das nascentes sem a devida proteção pode se tornar uma preocupação crescente em diversas propriedades rurais de Engenheiro Coelho, levando em consideração os resultados obtidos na aplicação dos questionários in loco. Sem caixas de alvenaria ou outros sistemas de proteção, essas fontes hídricas ficam expostas à contaminação, representando um grave risco à saúde das comunidades rurais, incluindo o aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica.

De acordo com os questionários aplicados, cujos resultados foram apresentados na etapa de diagnóstico, cerca de 10% das propriedades entrevistadas e que são abastecidas por nascentes afirmaram estar com as mesmas em condições ruins, com necessidade de reparos e revegetação, ademais, apenas 7,7% utilizam de caixas de alvenaria para a proteção. Ademais, em relação as propriedades que utilizam de poços subterrâneos, cerca de 13,5% afirmaram não possuir proteção por tampa na abertura do poço, além de uma baixa adesão de processos de tratamento, desinfecção e análise da qualidade da água.

Este plano tem como objetivo implementar medidas eficazes para garantir que todas as propriedades que captam água superficialmente adotem práticas de proteções adequadas, prevenindo a contaminação das nascentes. A ação inicial será através de campanhas educativas, visando informar os proprietários rurais sobre os riscos à saúde associados à captação inadequada de água e a importância de proteger vegetações lindeiras as nascentes.

Com base na conscientização e no entendimento da necessidade de proteção, será estabelecido um cronograma para a construção de caixas de alvenaria ou outras



formas de proteção ao redor das nascentes, conforme a legislação vigente. Além disso, será implantado um programa de monitoramento contínuo para avaliar a qualidade da água nas propriedades, garantindo que as proteções instaladas estejam funcionando de forma eficaz e corrigindo eventuais falhas.

É responsabilidade da autarquia atuante no município implementar as ações necessárias para as atividades educativas, construção e adequação das formas de captação de água nas nascentes, garantindo a proteção e a conformidade com a legislação vigente, bem como a fiscalização dos serviços prestados pelo Poder Público Municipal.

Além disso, a participação da população é fundamental para o sucesso do plano. Os cidadãos têm o direito de acompanhar o andamento das ações, colaborar com a implementação das medidas e, quando necessário, cobrar a efetividade dos serviços, garantindo que as necessidades da comunidade sejam atendidas de forma adequada.

Para viabilizar a implementação dessas medidas, o município buscará parcerias com órgãos estaduais e federais, como o FEHIDRO, com o intuito de apoiar as propriedades, especialmente as de menor porte, na adequação das suas captações. Este esforço coletivo tem como objetivo assegurar a qualidade hídrica das comunidades rurais de Engenheiro Coelho, promovendo a saúde pública.



Tabela 3 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAR MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA POÇOS E NASCENTES E GARANTIR A SEGURANÇA HÍDRICA				
FUNDAMENTAÇÃO	Na área rural de Engenheiro Coelho, é essencial promover a adequação dos pontos de captação de águas superficiais e subterrâneas, com o intuito de minimizar os riscos de contaminação. A exposição desses locais a agentes como animais, matéria orgânica e solos comprometidos os torna particularmente vulneráveis. A situação é agravada pela escassez de cobertura vegetal no entorno das nascentes, o que compromete ainda mais a proteção natural das fontes. As intervenções propostas visam não apenas atender às exigências das legislações ambientais vigentes, mas também assegurar a qualidade da água ofertada, contribuindo para a segurança hídrica e a saúde das comunidades rurais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Implementação de um sistema de monitoramento contínuo e avaliação periódica da qualidade da água.					
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS			LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
1) Desativação de fossas rudimentares localizadas a menos de 15 metros dos mananciais de captação de água; 2) Disponibilizar orientação técnica especializada para os proprietários rurais sobre como implementar as proteções nas suas captações e como manter essas estruturas em bom estado; 3) Adequar e construir as proteções e tomar as medidas necessárias para a implementação da segurança hídrica;		4) Implantar um programa de monitoramento para avaliar a qualidade da água nas propriedades; 5) Criar programas de incentivo para que os proprietários rurais adotem, de forma voluntária, as práticas de proteção e manutenção das nascentes;			6) Trabalhar para a criação de políticas públicas que reforcem a proteção das nascentes e criem mecanismos mais eficazes para a fiscalização das captações de água nas propriedades rurais; 7) Manter a adequação dos pontos de captação superficiais e a conscientização da população.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R\$)						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.1.1	Introduzir programa de desativação de fossas localizadas a menos de 15 metros de distância de qualquer ponto de captação de água.	-	-	-	RP	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



1.1.2	Adequação e manutenção dos poços de captação que estão com tampas de proteção metálicas, de concreto ou plástico que não vedam totalmente a abertura do poço e construção de alvenaria ao redor de acordo com as normas técnicas.	R\$ 20.250,00	-	-	RP - FPU	Preço médio de tampa de concreto (R\$289,85 + material de construção + mão de obra) * 18 propriedades + 50% de variações (preço médio por caixa construída de R\$750,00) – SINAPI
1.1.3	Adequação e manutenção dos poços de captação com estão com tampas de proteção metálicas, de concreto ou plástico que não vedam totalmente a abertura do poço e construção de alvenaria ao redor de acordo com as normas técnicas.	R\$ 7.287,00				Custo unitário de Caixa hidráulica com alvenaria – SINAPI * 36 propriedades
1.1.4	Disponibilizar orientação técnica especializada para os proprietários rurais.	-	-	-	RP	-
1.1.5	Implantar um programa de monitoramento contínuo para avaliar a qualidade da água nas propriedades.	-	-	-	RP	-
1.1.6	Criar políticas públicas que reforcem a proteção das nascentes e criem mecanismos mais eficazes para a fiscalização contínua das captações de água.	-	-	-	RP	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 27.537,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 27.537,00

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



Tabela 4 - Tabela SINAPI para a construção de paredes de proteção ao redor dos poços e caixa de alvenaria para proteção das nascentes.

Item	Fonte	Código	Descrição	Un.	Qtd.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
1.4.1	SINAPI	101159	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS MACIÇOS DE 5X10X20CM (ESPESSURA 10CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_05/2020	M ²	18	750,00	13.500,00
1.4.2	SINAPI	97900	CAIXA ENTERRADA HIDRÁULICA RETANGULAR EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS 0,3 X 0,3 X 0,3 m	M ³	36	202,42	7.287,00

Fonte: Tabela SINAPI, 2025.



Objetivo 2 – Implementar o Tratamento de Água e Regularizar a Proximidade de Poços Próximos a Fontes de Contaminação.

A ausência de tratamento adequado da água e a localização inadequada dos poços, sendo próximos de fontes de contaminação, constituem riscos graves à saúde da população rural. A água potável, fundamental para a vida e o bem-estar da comunidade, pode se tornar um veículo de doenças se não for tratada corretamente ou se os poços estiverem expostos a contaminantes.

Neste contexto, este objetivo visa garantir que toda a água captada em poços artesianos e fontes subterrâneas passe por um tratamento eficiente, eliminando impurezas e agentes patogênicos que possam comprometer a saúde pública. Simultaneamente, será dado foco à adequação da localização dos poços, garantindo que sejam perfurados a distâncias seguras de fontes de poluição, como esgoto doméstico, produtos agroquímicos ou outras atividades que possam gerar contaminação.

O objetivo é não apenas eliminar os riscos imediatos de doenças transmitidas pela água, mas também criar uma estrutura de abastecimento hídrico mais segura e sustentável para as propriedades rurais. Para isso, será necessário implantar sistemas de tratamento adequados, como filtros e desinfetantes. Além disso, campanhas educativas serão promovidas para conscientizar a população rural sobre a importância do tratamento da água e da localização adequada dos poços, buscando envolver a comunidade na preservação da saúde e no acesso à água de qualidade.

A seguir, apresenta-se uma tabela que resume o Objetivo 2, destacando as metas a serem alcançadas nos seguintes prazos: curto, médio e longo, as ações requeridas, os investimentos necessários e os métodos para monitorar a execução do plano.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



Tabela 5 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
OBJETIVO	3	IMPLEMENTAR O TRATAMENTO DE ÁGUA E REGULARIZAR A LOCALIZAÇÃO DE POÇOS PRÓXIMOS A FONTES DE CONTAMINAÇÃO.				
FUNDAMENTAÇÃO	Em Engenheiro Coelho, não foram observadas situações críticas de fontes de abastecimento próximas a pontos de contaminação, como fossas rudimentares ou em locais de aplicação de defensivos agrícolas, entretanto foi observada uma baixa adesão dos proprietários em realizar o tratamento ou a análise da qualidade das águas consumidas. Essas medidas incluem a orientação aos moradores sobre a importância de perfurar os poços em locais seguros e a necessidade de realizar o tratamento adequado da água captada. Além disso, será implementado um programa de conscientização que incentivará a realização de análises periódicas da qualidade da água e promoverá práticas seguras de manejo hídrico. Tais ações visam garantir o tratamento eficaz da água, contribuindo para a segurança hídrica e a proteção da saúde das comunidades rurais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Percentual de Poços Regularizados, que mede a porcentagem de poços realocados para locais seguros; o Número de Análises de Qualidade da Água Realizadas; o Percentual de Propriedades com Sistema de Tratamento Adequado e o Número de Capacitações Realizadas.					
METAS						
CURTO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS			LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
1) Implementar programas de conscientização sobre o tratamento de água e localização segura dos poços; 2) Implementar sistemas de tratamento em 30% das propriedades rurais; 3) Realizar análises da qualidade da água nas propriedades rurais.		4) Atingir 60% das propriedades com tratamento de água adequado; 5) Efetuar análises trimestrais da qualidade da água em 100% das propriedades com poços.			6) Garantir que 100% das propriedades rurais possuam sistemas de tratamento de água eficientes e adequados; 7) Regularizar 100% dos poços, garantindo que todos estejam em conformidade com as normas de segurança hídrica.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R\$)						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.3.1	Programa de conscientização para a comunidade sobre a importância do tratamento de água e a localização correta para perfuração dos poços.	-	-	-	RP	-
1.3.2	Implementar sistemas de tratamento adequados em 100% das propriedades rurais.	R\$ 50.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	RP - FPU	1º ano R\$ 20.000,00 + 10 mil/ano até o 20º ano.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 50.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 210.000,00

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



1.2.4. Análise Econômica

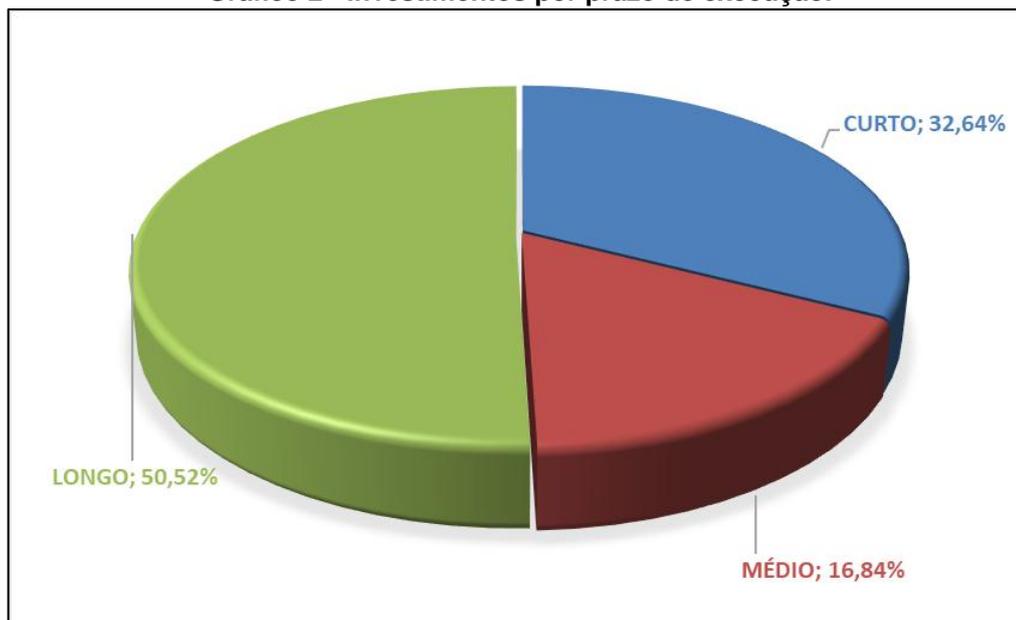
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 6 - Análise de Investimentos nos Sistemas de Abastecimento de Água.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SETOR	1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
OBJETIVOS	CURTO	MÉDIO	LONGO	TOTAL GERAL
IMPLEMENTAR MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA NASCENTES E GARANTIR A SEGURANÇA HÍDRICA.	R\$ 27.537,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 27.537,00
IMPLEMENTAR O TRATAMENTO DE ÁGUA E REGULARIZAR A LOCALIZAÇÃO DE POÇOS PRÓXIMOS A FONTES DE CONTAMINAÇÃO.	R\$50.000,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$210.000,00
TOTAL	R\$77.537,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$237.537,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 2 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



1.3. Sistema de Esgotamento Sanitário

O município de Engenheiro Coelho, de acordo com o diagnóstico realizado, não utiliza na sua área rural sistemas centralizados para o tratamento do esgoto gerado, sendo utilizadas soluções individuais ou descentralizadas de tratamento do efluente.

É comum que em áreas rurais de todo o país, seja adotado o sistema individual de tratamento de esgoto, pois, áreas rurais comumente se localizam distantes da área urbana e, principalmente, se localizam distantes das estações de tratamento de esgotos – ETEs, quando elas existem. Entretanto, o que mais se observa nos municípios brasileiros é a utilização de fossa rudimentar, principalmente na área rural.

No município de Engenheiro Coelho esta também é uma situação recorrente. De acordo com os levantamentos realizados em campo e apresentados no Produto 4, uma grande parcela dos sistemas individuais nas propriedades rurais se dá através das fossas rudimentares, não possuindo o tratamento adequado por este meio, aumentando as chances de contaminação do solo e de corpos hídricos.

Diante deste cenário, o 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.



1.3.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto

A contribuição de esgoto está diretamente relacionada ao consumo de água. Por isso, é comum utilizar o mesmo parâmetro de consumo adotado em projetos de sistemas de abastecimento para o dimensionamento de sistemas de esgotamento sanitário.

No caso do esgoto, considera-se apenas o consumo efetivo de cada indivíduo, desconsiderando as perdas de água. Esse valor pode variar de acordo com a região, e, na ausência de dados específicos, a literatura sugere adotar referências de comunidades com características semelhantes.

Para calcular a contribuição de esgoto, multiplica-se o consumo efetivo de água pelo coeficiente de retorno, que é a relação entre o volume de esgoto gerado e o volume de água efetivamente consumido. Conforme a norma ABNT NBR 9649/1986, o coeficiente recomendado é de 80%.

Assim, torna-se essencial estabelecer coeficientes que representem essas variações na geração de esgoto, possibilitando o dimensionamento correto das diferentes unidades do sistema de esgotamento sanitário. Dessa forma, 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 Engenheiro Coelho com a previsão para os próximos vinte anos.

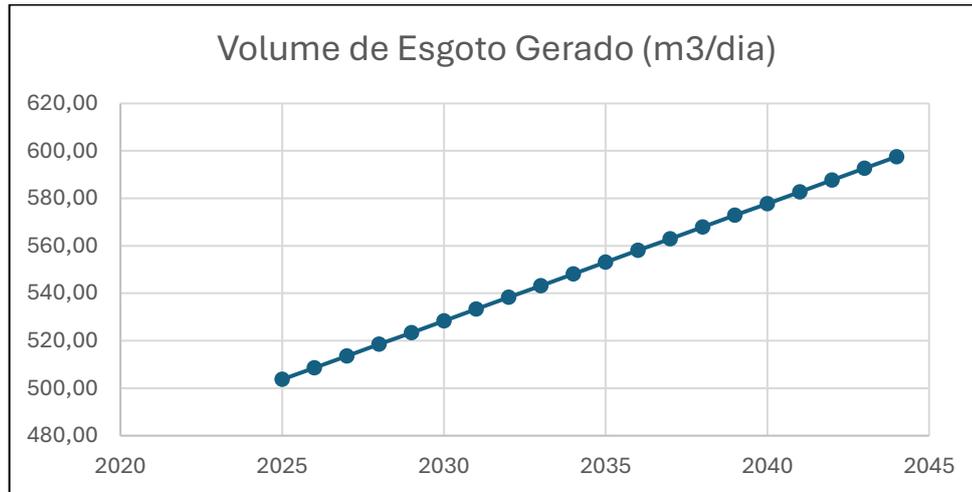


Tabela 7 - Projeção da geração de esgoto nas propriedades rurais.

Ano	População rural	Volume de água para consumo (m³/dia)	Volume de esgoto gerado (m³/dia)
2025	5.148	629,62	503,70
2026	5.198	635,74	508,59
2027	5.249	641,97	513,58
2028	5.299	648,13	518,50
2029	5.350	654,31	523,44
2030	5.400	660,48	528,39
2031	5.451	666,66	533,33
2032	5.501	672,84	538,27
2033	5.552	679,01	543,21
2034	5.602	685,19	548,15
2035	5.653	691,36	553,09
2036	5.703	697,54	558,03
2037	5.754	703,72	562,97
2038	5.804	709,89	567,91
2039	5.855	716,07	572,86
2040	5.905	722,25	577,80
2041	5.956	728,42	582,74
2042	6.006	734,60	587,68
2043	6.057	740,77	592,62
2044	6.107	746,95	597,56

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 3 - Volume diário de esgoto gerado na área rural de Engenheiro Coelho.



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 Engenheiro Coelho um pequeno aumento de aproximadamente 18% nas estimativas de geração de esgoto ao longo do horizonte de 20 anos, alinhado com a tendência projetada de crescimento aritmético da população.

1.3.2. Cargas de 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.



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

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

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

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

Sendo:

E: eficiência de remoção (%);

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

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

Matéria Orgânica – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição microbiana aeróbica da matéria orgânica em formas inorgânicas estáveis. Esse parâmetro geralmente é avaliado como o oxigênio consumido durante um período específico, sob condições controladas de temperatura. É comum utilizar um período de cinco dias a 20°C, conhecido como DBO_{5,20}.

Os maiores aumentos nos níveis de DBO em corpos d'água costumam ser causados por despejos com alto teor de matéria orgânica. Essa presença excessiva pode levar ao esgotamento completo do oxigênio dissolvido, comprometendo a sobrevivência de peixes e outras formas de vida aquática.

Altos valores de DBO podem indicar um crescimento excessivo de microorganismos, alterando o equilíbrio ecológico, gerando sabores e odores indesejáveis, e até mesmo obstruindo filtros de areia em estações de tratamento de água.



A carga de DBO, expressa em quilogramas por dia (kg/dia), é um parâmetro essencial no dimensionamento de estações de tratamento biológico de esgotos. Ela influencia diretamente as características do sistema, como o tamanho dos tanques e a potência dos aeradores. Essa carga é calculada pelo produto entre a vazão do efluente e a concentração de DBO. No Brasil, para esgotos sanitários, adota-se tradicionalmente uma contribuição diária de 54 gramas de DBO_{5,20} por habitante.

Com base nisso, a tabela a seguir apresenta as cargas orgânicas previstas para os próximos 20 anos, com e sem tratamento, considerando uma eficiência de 80% na remoção da DBO a partir dos processos de tratamento individual que serão utilizados nas propriedades rurais, como por exemplo os biodigestores, que segundo os modelos disponíveis em mercado, possuem índices de remoção de DBO variando de 70 a 86%.

Tabela 8 - 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
2025	5.148	277,99	55,60
2026	5.198	280,69	56,14
2027	5.249	283,45	56,69
2028	5.299	286,15	57,23
2029	5.350	288,90	57,78
2030	5.400	291,60	58,32
2031	5.451	294,35	58,87
2032	5.501	297,05	59,41
2033	5.552	299,81	59,96
2034	5.602	302,51	60,50
2035	5.653	305,26	61,05
2036	5.703	307,96	61,59
2037	5.754	310,72	62,14
2038	5.804	313,42	62,68
2039	5.855	316,17	63,23
2040	5.905	318,87	63,77
2041	5.956	321,62	64,32
2042	6.006	324,32	64,86

2043	6.057	327,08	65,42
2044	6.107	329,78	65,96

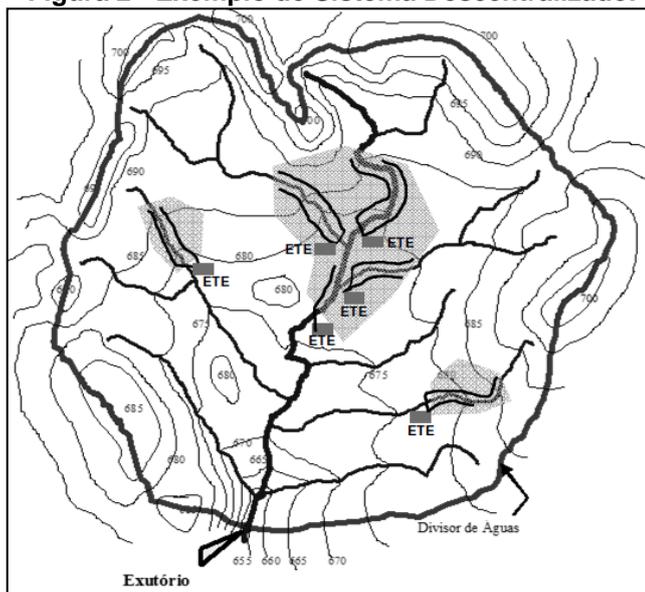
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.3.3. 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.

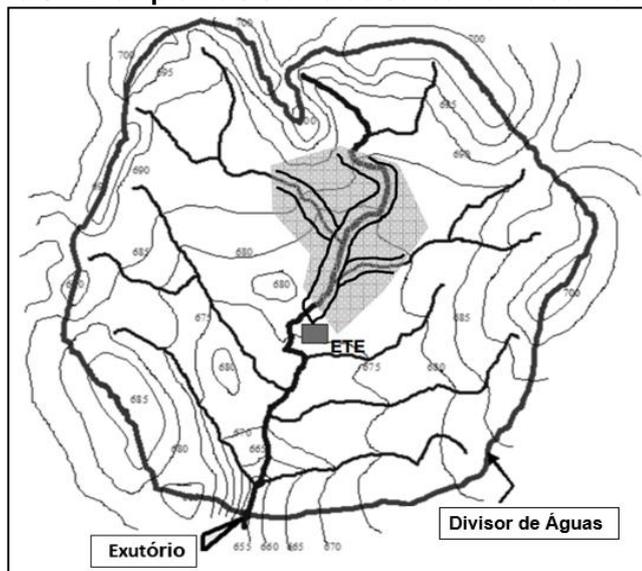
Enquanto, o segundo modelo é o centralizado ou sistema convencional, onde se implanta apenas uma estação de tratamento para receber todo o efluente produzido. Sendo assim, as figuras abaixo mostram estes exemplos.

Figura 2 - Exemplo de Sistema Descentralizado.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Figura 3 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

No contexto do município de Engenheiro Coelho, é possível observar que alguns núcleos populacionais localizados na área rural apresentam uma relativa proximidade entre as propriedades. Nesse cenário, torna-se viável a análise para a implantação de sistemas coletivos ou centralizados 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, os sistemas individuais se mostram mais adequados, pois, 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.

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.

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



Para a área rural de Engenheiro Coelho será proposta a continuação das substituições dos sistemas de fossas rudimentares nas propriedades. O Produto 4, mostrou através dos questionários que aproximadamente 40% das propriedades rurais amostradas (52) ainda utilizam de fossas rudimentares para a destinação dos esgotos gerados. Já para os meios adequados de destinação, em 91 propriedades são utilizadas as fossas sépticas e em uma propriedade é feito o tratamento do efluente por biodigestor. Vale ressaltar que em alguns casos, o imóvel possui tanto a fossa rudimentar quanto a fossa séptica, sendo ambas utilizadas simultaneamente.

1.3.5. Sistemas Individuais

A falta de acesso a serviços de esgotamento sanitário é comum em comunidades rurais, evidenciando uma disparidade significativa em relação aos centros urbanos. Dados indicam que, de cada dez pessoas sem acesso adequado aos quatro eixos do saneamento, sete residem em áreas rurais.

Nessas regiões, 49% da população ainda enfrenta práticas inadequadas, como o uso de banheiros compartilhados, defecação a céu aberto ou descarte de dejetos sem tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água.

O despejo de esgoto sem tratamento nos mananciais compromete a qualidade da água, tornando essencial o tratamento e a disposição adequada dos efluentes. Em algumas áreas, fatores como distância das estações de tratamento, geografia local e falta de infraestrutura complicam essa questão.

Uma solução viável é a descentralização do tratamento de esgoto doméstico, por meio da implantação de fossas sépticas, filtros anaeróbios e biodigestores. Sistemas locais de tratamento, quando bem projetados, construídos e operados, são alternativas eficazes para garantir a saúde pública e preservar o meio ambiente, especialmente em áreas menos densamente habitadas.

Esses sistemas individuais atendem residências unifamiliares ou pequenos grupos, sendo recomendados para locais com baixa densidade populacional e lençol freático profundo, já que a disposição final do efluente tratado geralmente envolve infiltração no solo.

Desenvolvidos para comunidades isoladas, os sistemas individuais, quando corretamente executados e mantidos, constituem uma solução sanitária eficiente para o tratamento de efluentes domésticos. São sistemas simples, porém eficazes,



previstos nas normas NBR 7229 e NBR 13969, indicados para residências ou instalações em áreas sem rede de coleta.

Dentro dessa abordagem, destacam-se os seguintes sistemas individuais de tratamento de esgoto que, operando em conjunto, atingem os níveis de tratamento exigidos:

- 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 afluyente, 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 fabricante, no caso de soluções industrializadas.

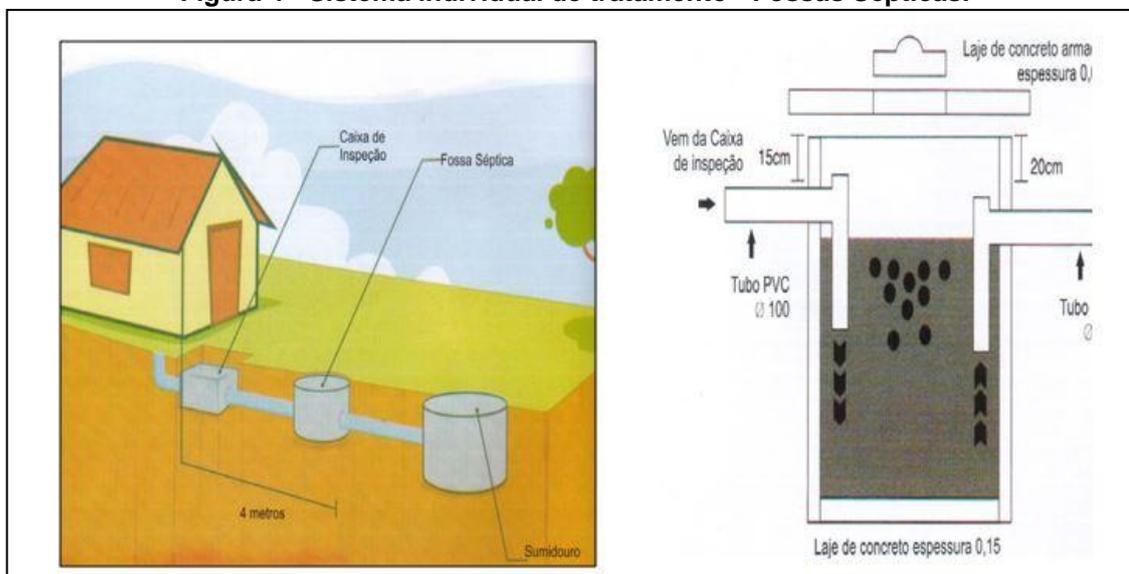
A falta de retirada do lodo leva a sua acumulação excessiva e à redução do volume reacional do tanque, prejudicando sensivelmente as condições operacionais do sistema. As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em pelo menos quatro metros, apesar de que, os maus odores podem ser minimizados e/ou evitados subindo o respiro.

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.



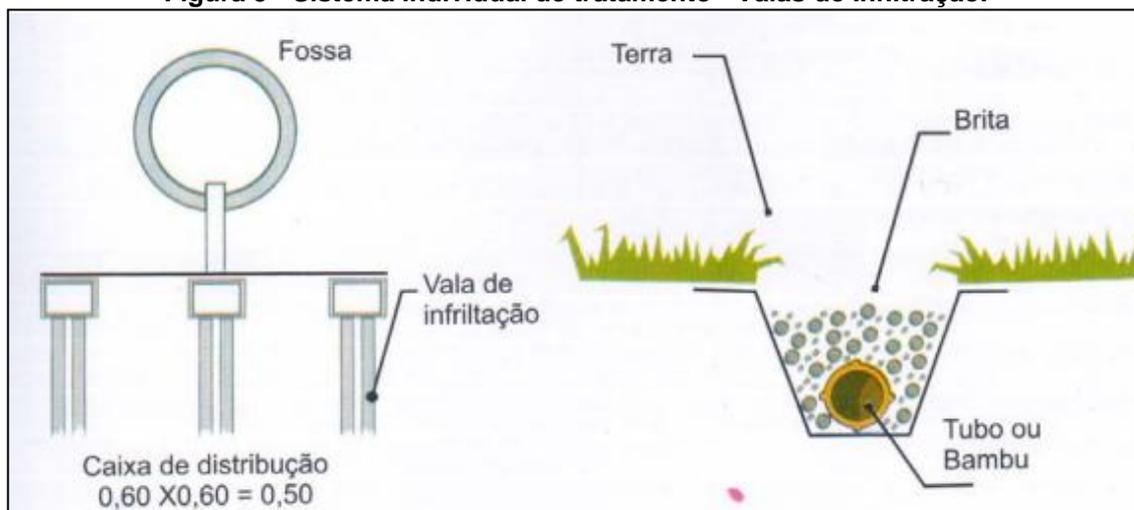
Fonte: CAESB, 2019.

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.

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. Ressalta-se, que em locais que possuem um lençol freático alto, o sumidouro não é considerado uma boa opção.

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.

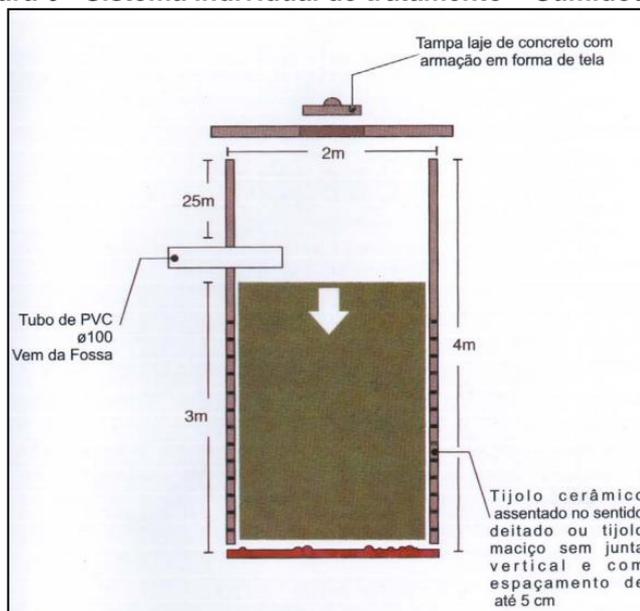
A profundidade do buraco deve ser setenta centímetros maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do dispositivo, para infiltração mais rápida no solo e de uma camada de terra, de vinte centímetros, sobre a tampa do sumidouro.

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 exigência 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.

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 devem 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.

A implementação de programas que incentivem as comunidades rurais a adotar sistemas de tratamento de esgoto é fundamental para as regiões ainda não atendidas. Muitas dessas áreas lançam esgotos domésticos diretamente nos mananciais ou utilizam métodos inadequados, como fossas rudimentares.

A instalação de sistemas de tratamento descentralizado nas residências traz melhorias significativas para a saúde pública e o saneamento, além de reduzir os impactos ambientais. Essa prática deve ser promovida e monitorada pelos órgãos municipais, pela prestadora de serviços de saneamento e/ou pelos órgãos fiscalizadores.

No caso das comunidades rurais de Engenheiro Coelho, recomenda-se avaliar a viabilidade de alternativas de baixo custo, como os filtros anaeróbios do tipo Cynamon (Decanto-Digestor + Filtro Anaeróbio + Filtro de Areia). Este sistema, desenvolvido pelo pesquisador Szachna Elias Cynamon, otimiza o tratamento de esgoto ao associar três filtros, seguidos por um filtro de areia, em um processo de



fluxo ascendente, descendente e novamente ascendente, sendo o filtro de areia responsável por dar um polimento ao efluente final.

Esse sistema apresenta alta eficiência no tratamento de esgotos sanitários e industriais. Cynamon recomenda sua aplicação em pequenas comunidades e áreas periféricas (1986). De acordo com Silva (2000), o processo foi testado em uma unidade piloto com capacidade para tratar até 2 L/s de esgoto doméstico ou industrial da FIOCRUZ, demonstrando a qualidade do sistema patenteado. Os ensaios realizados durante o processo de patenteamento confirmaram a eficácia do método (Silva, 2000, p.1).

Kligerman (1995, p.47) informa que o filtro anaeróbio possui uma taxa de aplicação de 10 a 20 m³/m².dia e pode tratar uma carga orgânica de 1 a 2 Kg DBO/m³ de pedra/dia. Silva (2000) destaca que esse processo possui várias vantagens, como a possibilidade de ser instalado em espaços reduzidos, como em cantos ou áreas isoladas, além de ter um custo de implantação e operação mais baixo se comparado aos processos tradicionais. Isso se deve ao fato de seus tempos de detenção hidráulica serem semelhantes aos do lodo ativado convencional, permitindo a construção de unidades compactas.

Outra vantagem significativa é o baixo consumo de oxigênio na unidade aeróbia, já que a maior parte da estabilização da matéria orgânica ocorre na unidade anaeróbia. A eficiência de remoção da carga orgânica varia entre 90% e 98% (DQO como substrato), e, conforme estudos de Cynamon, o processo reduz os índices de coliformes totais em cerca de 95%.

Os órgãos responsáveis pela fiscalização devem realizar monitoramento periódico da qualidade dos corpos hídricos, coletando amostras de água a montante e a jusante dos pontos de lançamento de esgoto tratado. Isso permite verificar se os efluentes lançados atendem aos parâmetros exigidos pela legislação.

Em áreas onde as construções são isoladas e distantes umas das outras, como ocorre em algumas partes do município, a viabilidade econômica de sistemas coletivos de tratamento é limitada. Nesse caso, a instalação de unidades de tratamento individuais em cada residência, como fossas sépticas seguidas de filtro anaeróbio, é a solução mais viável. A disposição controlada do efluente no solo também deve ser considerada. Além disso, é essencial que o poder público ou a concessionária se responsabilizem pela coleta periódica dos efluentes e do lodo gerado, encaminhando-os para tratamento posterior.



Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico

As Tecnologias Sociais (TS) consistem em um conjunto de técnicas e metodologias aplicadas a uma determinada localidade, nas quais a participação ativa da comunidade é essencial para a resolução de problemas que a afetam direta ou indiretamente.

Quando aplicadas ao saneamento básico, as Tecnologias Sociais podem ser adotadas por comunidades rurais, especialmente em regiões com infraestrutura sanitária limitada. Exemplos dessas tecnologias incluem a fossa biodigestora, zonas de raízes, círculos de bananeiras e bacias de evaporação, que auxiliam no tratamento de águas residuais.

As águas cinzas, geradas por processos domésticos como torneiras, chuveiros, lavanderias e lavatórios, são separadas do esgoto sanitário. Elas podem representar até 80% do efluente sanitário gerado em uma residência ou empreendimento. O tratamento adequado das águas cinzas, por meio de redes hidráulicas separadas, possibilita seu reuso em atividades como irrigação de áreas verdes, descargas sanitárias, lavagem de pisos, entre outras funções de menor demanda.

Por outro lado, a água do vaso (ou água marrom) é aquela que contém matéria fecal e urina, sendo mais difícil de tratar devido à presença de contaminantes biológicos.

Na área rural do município, onde a rede de esgoto sanitário é ausente, soluções alternativas podem ser adotadas para o tratamento de esgoto doméstico ou para complementar os tratamentos existentes. Uma dessas alternativas é a readequação das fossas rudimentares para métodos mais eficientes, como formas de tratamento individuais do esgoto residencial.

A adoção de sistemas unifamiliares de tratamento se justifica em comunidades rurais de baixa densidade populacional, uma vez que o custo de um sistema coletivo seria inviável economicamente. Contudo, em comunidades rurais com maior densidade populacional e proximidade entre os imóveis, desde que haja um estudo adequado, é possível implantar sistemas coletivos de tratamento.



Dentre as soluções unifamiliares viáveis, destacam-se a bacia de evapotranspiração, o banheiro seco, o círculo de bananeiras, a fossa séptica biodigestora e as zonas de raízes, que serão detalhadas a seguir.

Fossas Sépticas Biodigestora - FSB

A Fossa Séptica Biodigestora é uma tecnologia desenvolvida em 2001 pela Embrapa Instrumentação para o tratamento da água proveniente de vasos sanitários. O sistema é composto por três caixas d'água de mil litros, conectadas entre si, onde ocorre a degradação da matéria orgânica do esgoto e sua transformação em biofertilizante, que pode ser utilizado em algumas culturas.

Este sistema é projetado para atender uma residência com até cinco pessoas, mas adaptações podem ser feitas para residências com maior número de moradores.

O funcionamento da Fossa Séptica Biodigestora se baseia na fermentação anaeróbia, um processo que ocorre na ausência de oxigênio e é realizado por microrganismos presentes no próprio esgoto. Sob condições adequadas de temperatura, tempo de permanência no sistema e nutrientes, esses microrganismos consomem a matéria orgânica, transformando o esgoto bruto em um efluente tratado. Este efluente pode ser utilizado no solo como fertilizante, desde que esteja dentro das condições sanitárias exigidas pela Norma Técnica P4.230 da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

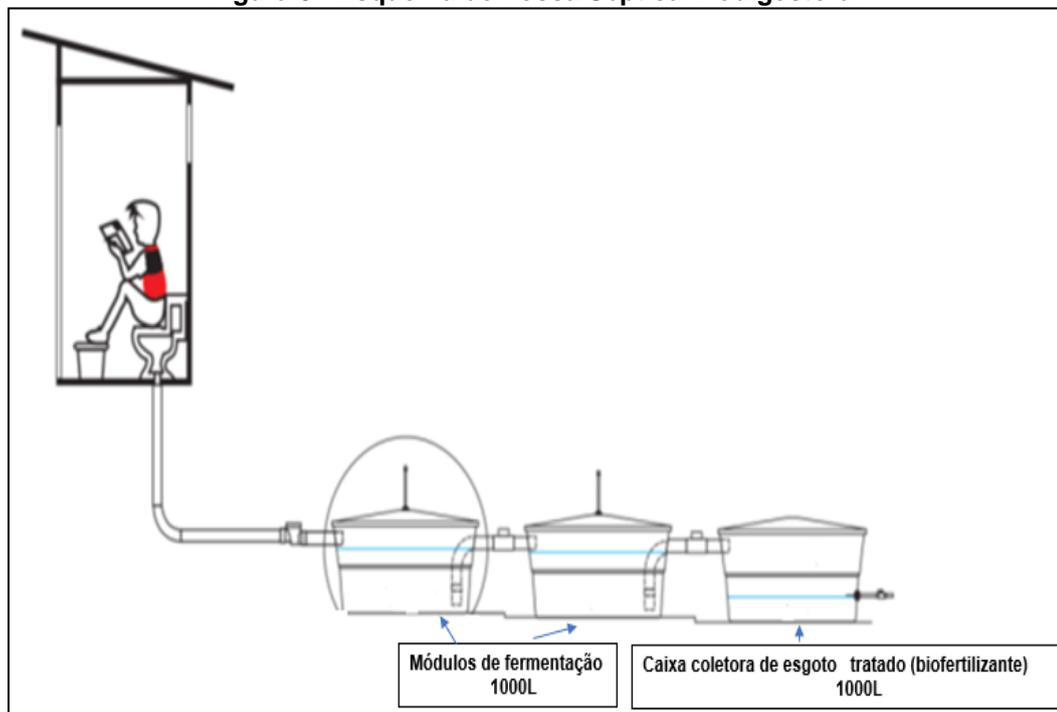
Esse processo complementa o tratamento do esgoto, conhecido como tratamento terciário, que envolve a absorção de nutrientes pelas plantas e a eliminação de microrganismos. O mais interessante é que todo esse processo ocorre de forma natural, sem a necessidade de energia elétrica. No início, aplica-se uma mistura mensal composta por cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água. As fezes dos ruminantes contêm bactérias que aumentam a eficiência do processo, potencializam o tratamento do esgoto, reduzem odores e melhoram a qualidade do efluente.

As duas primeiras caixas do sistema são chamadas de módulos de fermentação, locais onde ocorre a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. A última caixa, conhecida como caixa coletora, armazena o efluente estabilizado, que pode ser retirado para posterior utilização.

Como o sistema é modular, o número de caixas pode ser ajustado conforme o número de moradores da residência, mantendo o volume mínimo de 1000 L por caixa. Estudos indicam que, para cada 2,5 pessoas a mais na residência, é necessário adicionar um módulo de fermentação de 1000 L (duas caixas para cada cinco pessoas adicionais, e assim proporcionalmente). Residências com menos de cinco moradores também devem utilizar no mínimo três caixas de mil litros cada. É importante evitar o uso de volumes inferiores a mil litros ou qualquer tipo de adaptação no sistema.

A figura a seguir ilustra um exemplo de fossa séptica biodigestora.

Figura 8 - Esquema de Fossa Séptica Biodigestora.



Fonte: Imagem de divulgação, 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 Biodigestora.



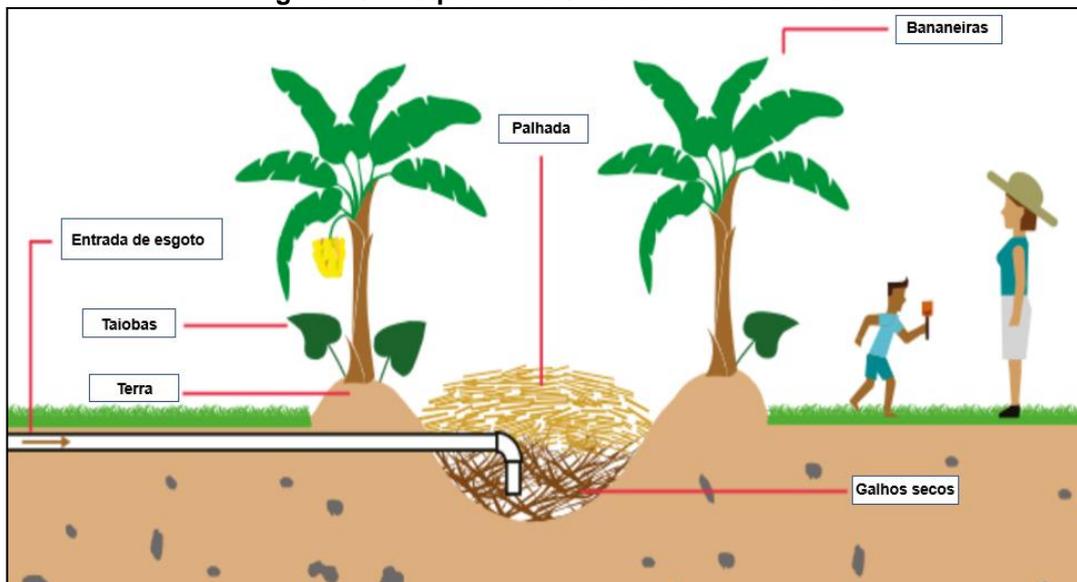
Fonte: EMBRAPA. Imagem de Divulgação, 2025.

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, 2025.

A construção do sistema, especialmente a escavação do solo, pode ser realizada manualmente ou com o auxílio de maquinários. A escavação não deve ser impermeabilizada nem compactada, e deve ter a forma de um prato côncavo, com profundidade variando entre 0,5 m e 1,0 m e diâmetro interno de 1,4 m a 2,0 m.

O fundo do buraco deve ser preenchido com pequenos galhos e palhada (como capim seco ou folhas secas de bananeira), criando um ambiente arejado e espaçoso para receber a água cinza que será tratada.

Para direcionar a entrada da água cinza, pode-se instalar um Joelho na extremidade da tubulação, garantindo que o líquido entre na camada de palha seca. Isso ajuda a evitar que a água cinza fique exposta diretamente.

A água e os nutrientes presentes no esgoto serão absorvidos pelas bananeiras, enquanto os resíduos orgânicos (como restos de alimentos e sabão) serão degradados pelos microrganismos presentes no solo da vala. As figuras abaixo ilustram outros exemplos de círculos de bananeira.

Figura 11 - Exemplos de Círculo de Bananeiras.



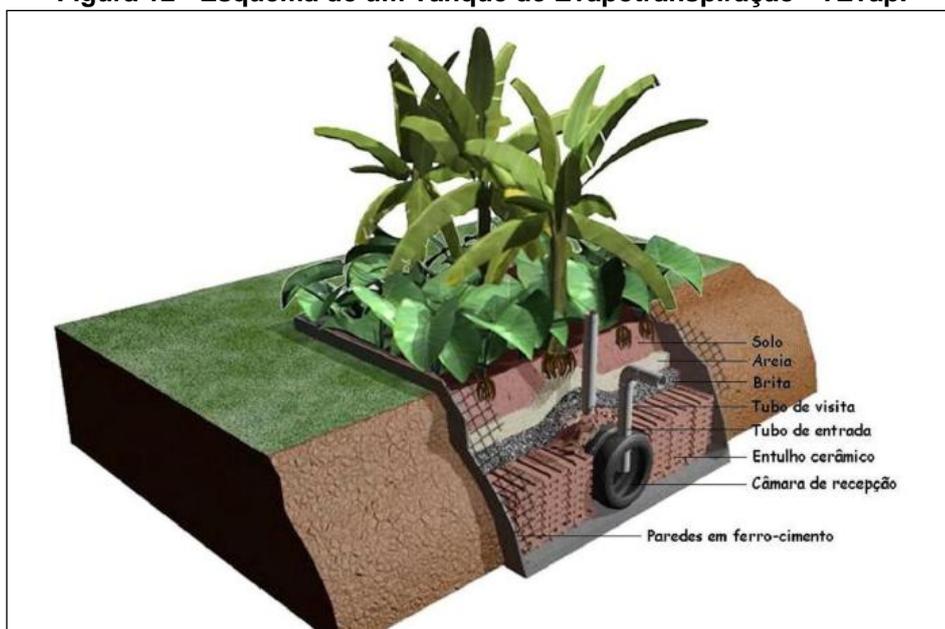
Fonte: Projeto Saneamento Rural – UNICAMP / Imagem de Divulgação, 2025.

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.

Nos sistemas TEvap, a degradação da matéria orgânica ocorre na parte inferior da estrutura, onde os processos microbianos anaeróbios (sem presença de oxigênio) degradam a matéria, de forma similar ao processo de digestão anaeróbia. Já nas camadas centrais e superficiais, os processos de decomposição aeróbica (com presença de oxigênio), mineralização e absorção de nutrientes pelas plantas ocorrem, juntamente com a evapotranspiração da água, utilizando os mesmos agentes.

As principais vantagens desse método de tratamento em comparação com tecnologias tradicionais estão no fato de que o TEvap não exige pré-tratamento para remoção de sólidos grosseiros nem pós-tratamento para eliminação de patógenos ou redução de matéria orgânica. Além disso, o sistema não apresenta riscos de contaminação, uma vez que não há saída de água, como é o caso de outros sistemas, como as fossas sépticas, por exemplo.

Os materiais utilizados na construção do sistema são de baixo custo, como areia, brita e, em muitos casos, materiais recicláveis, como pneus inservíveis e entulho. A entrada do esgoto no sistema é feita por uma tubulação de 100 mm que desemboca na câmara central, localizada no fundo da caixa. Esta câmara é a primeira etapa do tratamento, onde ocorre a sedimentação dos sólidos e o início da digestão do esgoto.

O esgoto sobe então pelas camadas filtrantes compostas por entulho, brita e areia, onde microrganismos se desenvolvem e degradam o esgoto de forma anaeróbia. Acima da camada filtrante, há uma camada de terra onde são plantadas bananeiras e outras plantas, como taioba e lírio do brejo. As plantas utilizam os nutrientes presentes no esgoto para produzir novas folhas e frutos, funcionando como adubos naturais. Parte da água que entra no sistema evapora pelo solo. A seguir, apresenta-se um exemplo de funcionamento deste sistema.

Figura 13 - Exemplo de Tanque de Evapotranspiração - TEvap.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

1.3.6. Ações de Emergência e Contingência

As ações de emergência e contingência para o sistema de esgotamento sanitário rural do município são fundamentais para a proteção da saúde pública e a preservação da qualidade ambiental. Como mencionado anteriormente, a maioria das propriedades rurais do município utiliza fossas rudimentares para o tratamento de esgoto, o que pode resultar na contaminação do solo e de corpos hídricos. Por essa



razão, é necessário implementar medidas preventivas e de contingência para reduzir os impactos negativos e garantir a eficácia do sistema.

Assim, a tabela a seguir apresenta as principais alternativas para ações de emergência e contingência, focadas na contaminação do solo, de corpos hídricos ou nascentes, causadas pelo mau funcionamento de fossas sépticas ou rudimentares. O objetivo dessas ações é permitir a rápida identificação e correção de problemas relacionados ao tratamento inadequado de esgoto.



Tabela 9 - Ações de emergência e contingência para contaminação por fossas.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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 e o SAEEC. Conter vazamento e promover a limpeza da área com caminhão limpa fossa, encaminhando o resíduo para a estação de tratamento de esgoto. Realizar a substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas e sumidouros assim que identificar o problema.
	Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Implementar um programa de orientação comunitária, em parceria com a prestadora de serviços sanitários, para conscientizar a população sobre a importância de substituir fossas rudimentares por fossas sépticas. Além disso, é essencial fiscalizar se a substituição e/ou desativação está sendo realizada dentro dos padrões técnicos e prazos estabelecidos.
	Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Expandir o monitoramento e a fiscalização dos sistemas de tratamento de esgoto na zona rural, em parceria com a prestadora de serviços, com atenção especial às fossas situadas próximas a cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água destinada ao consumo humano.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



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

Os objetivos, programas, projetos e ações destinados a alcançar a universalização e a segurança dos sistemas individuais de tratamento de esgoto nas áreas rurais do município foram organizados em tabelas síntese, categorizadas por setor e objetivo.

Essas tabelas permitem uma visualização clara das propostas, tanto sob uma perspectiva ampla (macro) quanto detalhada (micro), seguindo uma sequência lógica: da fundamentação dos objetivos às metas estabelecidas para os diferentes prazos do projeto, passando pelos programas, projetos e ações necessários para alcançá-las, até os métodos de acompanhamento que avaliarão o sucesso das atividades.

A seguir, são apresentados os objetivos definidos para o sistema de esgotamento sanitário rural do município de Engenheiro Coelho.

Objetivo 1 – Substituição dos sistemas individuais inadequados

Conforme destacado anteriormente, nas áreas rurais do município de Engenheiro Coelho observa-se uma parcela significativa de sistemas individuais de tratamento de esgoto inadequados, o que pode resultar no lançamento direto de efluentes no solo, representando um sério risco de contaminação na região.

Com o intuito de erradicar tais cenários, os objetivos delineados focarão a substituição dos sistemas de fossas rudimentares pelo sistema utilizado no programa de saneamento rural, sendo o biodigestor. O biodigestor é um sistema estanque (impermeável), sujeito a menos erros de manutenção se comparado às fossas sépticas da EMBRAPA, por exemplo.

Importante ressaltar que dos sistemas de esgotamento em áreas próximas de mananciais que atuam no fornecimento de água, conforme previamente proposto para o SAA, mas sim em abranger toda a área rural do município.

A tabela abaixo apresenta os programas, projetos e ações planejados para solucionar os problemas identificados.



Tabela 10 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
OBJETIVO	1	SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS INADEQUADOS				
FUNDAMENTAÇÃO	A desativação e substituição dos sistemas rudimentares de tratamento de esgoto por tecnologias de eficiência comprovada são fundamentais para melhorar a qualidade ambiental e proteger a saúde pública na zona rural. Esses sistemas rudimentares apresentam falhas graves, que frequentemente resultam na contaminação do solo e dos recursos hídricos, comprometendo a segurança sanitária e ambiental da região, especialmente devido à sua ampla utilização nas propriedades locais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Monitoramento regular da qualidade da água nos corpos hídricos próximos às áreas rurais de Engenheiro Coelho; Inspeções periódicas nas instalações de tratamento de esgoto para garantir sua eficácia e conformidade com as normas ambientais.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS			MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
1) Promover atividades de educação ambiental e sanitária para conscientizar a população rural sobre a importância de substituir fossas rudimentares por fossas sépticas ou biodigestores; 2) Substituição de 60% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.			3) Substituição de 80% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.		4) Substituição de 100% dos sistemas inadequados por projetos de eficiência comprovada.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
2.1.1	Realizar palestras, oficinas e distribuição de materiais didáticos (cartilhas, folders e vídeos) abordando os riscos das fossas rudimentares e as vantagens dos sistemas alternativos.	-	-	-	AA - RP	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



2.1.2	Substituição das fossas rudimentares por fossas sépticas ou biodigestores.	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	RP - FPU	(1*) Custo estimado de Biodigestores (R\$3.750,00) * 52 propriedades + 80% para instalação.
2.1.3	Elaboração de estudo para implementação de sistemas coletivos em núcleos populacionais com propriedades rurais contíguas.	-	-	-	AA - RP	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 351.000,00

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

(1*) - De acordo com a análise dos dados obtidos pelos questionários aplicados e respondidos, foram diagnosticadas 52 propriedades que não possuem tratamento adequado. Dessa forma, o valor unitário de R\$ 3.750,00 foi multiplicado por 52 propriedades. Após isso, o cálculo foi extrapolado em mais 80% do valor unitário para gastos de instalação (o material cotado para a estimativa de preço foi: Fossa Séptica Biodigestor 1500 L/dia Preta Fortlev Cor Preto). Vale ressaltar que de acordo com informações da fabricante, esta vazão permite um atendimento de até 11 pessoas em uma residência de médio consumo de água.



Objetivo 2 – Garantir a Manutenção Adequada das Fossas nas Propriedades Rurais para Mitigar Odor e Impactos Ambientais

A correta manutenção das fossas nas propriedades rurais é essencial para prevenir problemas relacionados à saúde pública, à contaminação do meio ambiente e o desconforto causado pelo mau cheiro. Atualmente, o alto número de fossas rudimentares que não recebem a limpeza e o cuidado necessários contribui para a degradação ambiental, gerando impactos negativos no solo, na qualidade das águas subterrâneas e no bem-estar das comunidades rurais.

Para enfrentar essa questão, é fundamental implementar ações que incentivem a manutenção periódica das fossas, como programas de conscientização e capacitação voltados para os proprietários rurais. Tais iniciativas podem incluir palestras educativas sobre os riscos associados à má gestão das fossas, além de orientações práticas sobre como realizar a limpeza adequada e identificar possíveis problemas estruturais.

Além disso, a substituição gradual de fossas rudimentares por sistemas mais eficientes, como fossas sépticas ou biodigestores, deve ser incentivada. Para isso, podem ser oferecidos subsídios, financiamentos facilitados ou parcerias com instituições públicas e privadas. Essas tecnologias não apenas eliminam os problemas de odor, mas também garantem um tratamento mais eficaz dos resíduos, contribuindo para a preservação ambiental e a segurança hídrica.

O monitoramento e a fiscalização desempenham um papel central nesse processo, garantindo que as normas sanitárias sejam cumpridas e que as fossas sejam mantidas em condições adequadas de operação. A adoção de um sistema municipal de coleta e destinação do lodo gerado pelas fossas também pode ser uma medida eficaz para evitar que os resíduos sejam descartados de forma inadequada.

Com essas ações integradas, será possível minimizar os problemas causados pelas fossas rudimentares, promovendo uma convivência harmoniosa entre as comunidades rurais e o meio ambiente, além de melhorar a qualidade de vida e reduzir riscos à saúde pública. A tabela a seguir descreve as iniciativas propostas para resolver o problema apontado.



Tabela 11 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO				
OBJETIVO	2	GARANTIR A MANUTENÇÃO ADEQUADA DAS FOSSAS NAS PROPRIEDADES RURAIS PARA MITIGAR ODOR E DANOS AMBIENTAIS				
FUNDAMENTAÇÃO	A limpeza e manutenção adequadas das fossas nas áreas rurais são essenciais para evitar odores e prevenir a contaminação do solo e da água. Programas de capacitação para os proprietários rurais sobre esses cuidados ajudam a garantir o bom funcionamento das fossas. A substituição por sistemas mais eficientes, como fossas sépticas ou biodigestores, também contribui para evitar futuros problemas. O monitoramento contínuo e a fiscalização são necessários para garantir a preservação da saúde pública e do meio ambiente.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Sistema de monitoramento regular das fossas nas áreas rurais, com inspeções periódicas para verificar a limpeza e manutenções necessárias; Números de treinamentos para os proprietários rurais sobre boas práticas de gestão e operação dos sistemas de esgoto.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS			LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS	
1) Capacitar 50% dos proprietários rurais sobre a manutenção e limpeza das fossas; 2) Realizar inspeções em 40% das propriedades rurais para verificar as condições das fossas; 3) Implantar um sistema de monitoramento para coleta de dados sobre a manutenção das fossas.		4) Capacitar 80% dos proprietários rurais; 5) Realizar inspeções em 100% das propriedades rurais para verificar as condições das fossas; 6) Estabelecer um sistema de coleta e destinação do lodo nas principais áreas rurais.			7) Capacitar 100% dos proprietários rurais e garantir a manutenção adequada das fossas em todas as propriedades; 8) Implementar um sistema de monitoramento e fiscalização contínua, garantindo a conformidade com as normas ambientais e sanitárias em todo o município.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
2.2.1	Realizar campanhas de conscientização para os proprietários rurais sobre a importância da manutenção das fossas e a limpeza adequada.	-	-	-	AA - RP	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



2.2.3	Implementar um sistema de coleta de dados para acompanhar as condições das fossas e garantir que as manutenções sejam realizadas regularmente.	-	-	-	AA - RP	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$0,00

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



1.3.8. Análise Econômica

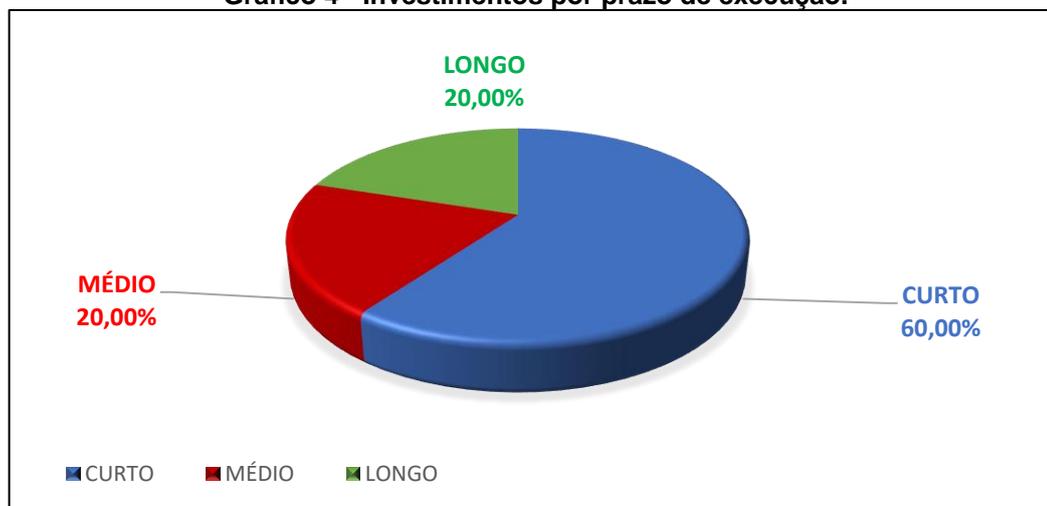
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 12 - Análise de investimento nos sistemas de esgotamento sanitário.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PMSR				
SETOR	2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		
OBJETIVOS	PRAZOS			TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS INADEQUADOS	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	R\$ 351.000,00
GARANTIR A MANUTENÇÃO ADEQUADA DAS FOSSAS NAS PROPRIEDADES RURAIS PARA MITIGAR ODOR E IMPACTOS AMBIENTAIS	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	R\$ 351.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 4 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



1.4. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O gerenciamento de resíduos sólidos enfrenta desafios específicos na zona rural, onde, além da dificuldade de logística em relação a coleta dos resíduos domiciliares, é necessário lidar com materiais provenientes de atividades agrícolas, como embalagens de agrotóxicos, rejeitos de animais, entre outros tipos de resíduos. Essas particularidades exigem uma abordagem integrada e adaptada às condições locais.

Entre os principais desafios observados na gestão de resíduos sólidos em áreas rurais dos municípios brasileiros, destacam-se a prática recorrente da queima de resíduos nas propriedades, evidenciando a ausência de alternativas adequadas de destinação; o número insuficiente de caçambas comunitárias para o descarte regular dos resíduos domiciliares; e a cobertura limitada dos serviços de coleta, que resulta na exclusão de diversas localidades do atendimento sistemático. Soma-se a isso a inexistência de pontos de entrega voluntária ou estruturas específicas para a disposição de materiais recicláveis, dificultando a implementação de ações voltadas à segregação e à valorização dos resíduos.

A dispersão geográfica e o difícil acesso a algumas comunidades rurais tornam essencial a adoção de estratégias específicas para superar esses desafios. Uma das propostas é implantar pontos fixos próximos a sua residência para que os moradores depositem seus resíduos, facilitando a coleta pelo caminhão e otimizando a logística de destinação final dos resíduos sólidos.

Também é necessário identificar locais estratégicos para a instalação de novos ecopontos, que possibilitem o descarte adequado de recicláveis e incentivem a adesão da população à reciclagem. No caso das caçambas, é necessário aumentar a quantidade e a frequência da coleta de resíduos convencionais.

Essas iniciativas buscam solucionar os problemas existentes e aprimorar o sistema de gestão de resíduos sólidos na área rural, promovendo a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais de Engenheiro Coelho.



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

Para fins de estimativa da geração per capita de resíduos sólidos domiciliares na área rural do município de Engenheiro Coelho, torna-se necessário adotar parâmetros específicos que reflitam adequadamente as particularidades do meio rural. Os dados oficiais disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINISA, referentes ao ano de 2023, indicam que a massa média de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados no município foi de 0,76 kg/hab.dia, valor este que contempla a população total do município, incluindo tanto a zona urbana quanto a rural.

Entretanto, a adoção desse valor como referência para a estimativa da geração em áreas exclusivamente rurais pode resultar em distorções, tendo em vista que o padrão de consumo, o acesso a produtos industrializados, a infraestrutura de serviços públicos e os hábitos de descarte diferem significativamente entre os contextos urbano e rural.

Estudos desenvolvidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, particularmente no “Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos” (CETESB, 2012), apontam que a geração per capita de resíduos domiciliares em áreas rurais tende a ser substancialmente inferior, situando-se na faixa de 0,3 a 0,5 kg/hab.dia, a depender das características locais. Esse intervalo considera práticas comuns em áreas rurais, como o reaproveitamento de resíduos orgânicos para alimentação animal ou compostagem, o uso reduzido de embalagens, além da presença de descarte informal ainda recorrente em muitas localidades.

Complementarmente, dados do IBGE e estudos vinculados ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR também indicam uma média inferior a 0,5 kg/hab.dia para áreas rurais em municípios com predominância de agricultura familiar e menor urbanização. Tais dados reforçam a necessidade de considerar uma taxa diferenciada para a zona rural, distinta daquela observada no contexto urbano.

Dessa forma, adotou-se para o presente diagnóstico o valor de referência de 0,4 kg/hab.dia para a estimativa da geração de resíduos domiciliares na área rural de Engenheiro Coelho. Este parâmetro encontra-se alinhado com as faixas observadas nas publicações técnicas da CETESB (2012) e nas análises do IBGE e SINIR,



representando uma média conservadora e adequada à realidade socioeconômica local. A adoção desse valor visa assegurar maior precisão na quantificação da geração rural e subsidiar o planejamento de ações específicas para a gestão dos resíduos nesta porção do território municipal.

Tabela 13 - Estimativa da geração total, reciclados e compostáveis.

Ano	População	Geração Per Capta (kg/hab./dia)	Total (ton./ano)
2025	5.148	0,4	751,61
2026	5.198	0,41	777,88
2027	5.249	0,42	804,67
2028	5.299	0,43	831,68
2029	5.350	0,44	859,21
2030	5.400	0,45	886,95
2031	5.451	0,46	915,22
2032	5.501	0,47	943,70
2033	5.552	0,48	972,71
2034	5.602	0,49	1.001,92
2035	5.653	0,5	1.031,67
2036	5.703	0,51	1.061,61
2037	5.754	0,52	1.092,11
2038	5.804	0,53	1.122,78
2039	5.855	0,54	1.154,02
2040	5.905	0,55	1.185,43
2041	5.956	0,56	1.217,41
2042	6.006	0,57	1.249,55
2043	6.057	0,58	1.282,27
2044	6.107	0,59	1.315,14

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

1.4.2. Procedimentos Operacionais e Especificações Mínimas a Serem Adotadas nos Serviços Públicos 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.



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 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 o 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. 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.

Destaca-se que, conforme dados do SINISA e após constatação durante a pesquisa de campo aplicada, somente três propriedades rurais de Engenheiro Coelho são atendidas pela coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares.

Para alcançar a universalização desse serviço nas áreas rurais, é necessário que abordem a ampliação do número de caçambas e a implementação de pontos de coleta para resíduos recicláveis (ecopontos). A ausência desses pontos e o baixo número de caçambas disponíveis têm levado ao descarte irregular ou à queima de resíduos, práticas que prejudicam o meio ambiente e a saúde pública.



Observa-se, ainda, uma deficiência na coleta desses resíduos, o que reforça a necessidade de aprimorar a logística e a infraestrutura do serviço.

É essencial que a coleta convencional de resíduos sólidos seja realizada nos mesmos dias e horários previamente definidos, garantindo que a população mantenha o hábito de destinar seus resíduos corretamente ao caminhão da coleta ou a caçambas destinadas para este fim. A regularidade desse serviço, aliada à oferta adequada de caçambas e pontos de coleta de recicláveis, é fundamental para evitar práticas inadequadas e promover a gestão sustentável dos resíduos.

Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

A coleta de resíduos sólidos domiciliares nas propriedades rurais de Engenheiro Coelho, tanto nos locais mais próximos a sede municipal e que são atendidos pelo sistema porta-a-porta quanto naqueles onde a população deposita os resíduos em caçambas, deve ocorrer sempre nos dias e horários previamente estipulados. Essa regularidade é essencial para garantir a universalização e a eficiência do sistema.

Para evitar o acondicionamento prolongado de resíduos sólidos, estima-se que todo o processo de coleta e destinação final não deve ultrapassar cinco dias. Isso porque o aumento da temperatura acelera o processo de decomposição, favorecendo a proliferação de vetores e gerando maus odores.

O planejamento estratégico da coleta convencional de resíduos sólidos demanda uma análise detalhada das características do município. É necessário considerar fatores como os tipos de pavimentação, a configuração do sistema viário, a sazonalidade da produção de resíduos, entre outros.

Além disso, devem ser levadas em conta as variações demográficas, mudanças nas características dos bairros, as estações do ano e a ocorrência de descarte irregular em locais não autorizados pela Prefeitura Municipal.

Acondicionamento e Apresentação para a Coleta



O processo de acondicionamento temporário dos resíduos sólidos inicia-se após a geração deles. 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 incluídas nas rotas dos coletores, seja devido a dificuldades de acesso ou à grande distância do centro urbano, adota-se a técnica de coleta indireta. Nessa modalidade, o veículo percorre locais específicos onde os moradores dispõem seus resíduos, como caçambas, ecopontos ou áreas de transbordo.

Entretanto, algumas caçambas presentes nas áreas rurais do município possuem capacidade inferior à quantidade de resíduos gerados pelas comunidades locais. Isso resulta na dispersão de materiais ao redor das caçambas, evidenciando a necessidade de adequação desses dispositivos ou do aumento no número de pontos de coleta.

Ainda de acordo com o Produto 4, uma grande parcela das propriedades participantes da pesquisa de campo indicara não utilizar lixeiras suspensas para o armazenamento dos resíduos, representando cerca de 72%.

Em relação aos sacos plásticos utilizados no acondicionamento, é fundamental observar as normas técnicas estabelecidas pela ABNT NBR nº 9190/1994 – *Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Classificação* – e pela ABNT NBR nº



9191/2002 – *Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Requisitos e Métodos de Ensaio*. A norma ABNT NBR n° 9190/1994 especifica critérios como resistência, volume e cor dos sacos plásticos, além de outras características essenciais para sua adequação ao tipo de resíduo gerado nas residências.

Os recipientes para acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares devem ser dimensionados de forma a garantir funcionalidade e higiene. Isso evita a dispersão de resíduos em vias públicas, mantém o ambiente livre de animais que possam danificá-los e assegura a segurança dos coletores durante o processo de coleta.

Um dos problemas destacados na etapa de Diagnóstico refere-se ao acondicionamento inadequado do lixo em muitas propriedades. Em alguns casos, os resíduos são dispostos diretamente no chão, o que pode resultar na dispersão por ação de animais ou pelo escoamento da água da chuva, além de atrair vetores.

Portanto, é indispensável promover ações de conscientização para o uso de lixeiras suspensas ou outros meios que dificultem o contato dos resíduos com animais e a água da chuva, assegurando a organização e a higiene no manejo dos resíduos sólidos.

Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos

No contexto dos serviços de coleta e transporte em áreas rurais, as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Saneamento Rural (PNSR) incentivam o uso de veículos alternativos, como tratores agrícolas com reboque, triciclos, jericos agrícolas, entre outros, para a coleta interna de resíduos nas comunidades rurais.

Esses veículos menores são mais adequados para regiões com vias limitadas e/ou restrições geográficas, facilitando o acesso universal das propriedades rurais aos serviços de coleta de resíduos. Em locais onde veículos maiores, como caminhões basculantes e compactadores, não conseguem adentrar, essas alternativas representam soluções práticas e eficientes.

Ainda conforme as orientações da PNSR, é recomendada a implantação de áreas de transbordo estrategicamente localizadas, permitindo que os resíduos sejam transferidos para veículos maiores para o transporte final.

A substituição de veículos menores no sistema de coleta e transporte inclui a utilização de tratores mecânicos equipados com caçambas traseiras, uma solução

eficiente e funcional para atender às necessidades das áreas rurais. A imagem a seguir ilustra essa configuração.

Figura 14 - Exemplo de trator agrícola com caçambas.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Coleta Seletiva

A coleta seletiva é fundamental para alcançar as metas de redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos. Esse processo visa direcionar apenas os rejeitos para os locais de destinação final, prolongando sua vida útil, reduzindo os impactos ambientais associados à extração de novos recursos e diminuindo os custos gerais do sistema de gerenciamento de resíduos.

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”.

A coleta seletiva, conforme definida na Lei Federal nº 12.305/10 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), refere-se à separação prévia dos resíduos de acordo com sua constituição e composição. Sua implementação pelos municípios é



essencial para direcionar as ações voltadas ao atendimento do princípio da hierarquia na gestão de resíduos.

No Brasil, de acordo com dados fornecidos pela ABRELPE (2021), 4.145 municípios (74,4%) possuem sistemas de coleta seletiva. No entanto, essas iniciativas ainda são incipientes e não abrangem todos os bairros das cidades. As regiões Sul (91,2%) e Sudeste (90,6%) apresentam os maiores percentuais de municípios com alguma iniciativa de coleta seletiva.

Para a sociedade, a adoção de políticas voltadas à coleta seletiva de materiais recicláveis traz benefícios ainda mais significativos. A Prefeitura pode implementar programas para valorizar economicamente esses materiais, além de gerar mais empregos com a inclusão dos catadores informais e a regularização dos atravessadores.

Com o apoio do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR), foi fundada a Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT), que atua no apoio à organização social e econômica dos catadores e suas organizações. Essa atuação se dá por meio de ações e projetos focados na qualificação produtiva e no fortalecimento econômico da categoria.

De acordo com 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 (como sucata e cobre), vidros e outros materiais (eletroeletrônicos, óleos e gorduras residuais, entre outros).

Essas categorias podem ser subdivididas conforme a demanda de comercialização dos materiais. Em 2020, as cooperativas e associações acompanhadas pela ANCAT registraram o volume total de 326.700 toneladas de resíduos recicláveis, com um faturamento aproximado de R\$ 159 milhões.

A padronização dos recipientes para resíduos recicláveis é uma proposta essencial para as instalações atuais e futuras. Além disso, o município pode desenvolver programas de sensibilização para incentivar a adoção dessa padronização.

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 14 - Cores de identificação de resíduos sólidos.

CORES	TIPOS DE RESÍDUOS
Blue	Papel e Papelão
Red	Plásticos
Green	Vidros
Yellow	Metais
Black	Madeiras
Orange	Resíduos Perigosos
White	Resíduos Ambulatoriais e Serviços de Saúde
Purple	Resíduos Radioativos
Brown	Resíduos Orgânicos
Grey	Resíduos Não Recicláveis

Fonte: Resolução CONAMA 275/2001.

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 15 - Recipientes para a coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Estes coletores deverão estar bem identificados e a Prefeitura Municipal 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 15 - Forma de Segregação dos resíduos sólidos.

SEGREGAÇÃO	DEFINIÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Coleta Tríplex	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 Engenheiro Coelho, conforme identificado no Diagnóstico, não dispõe de um sistema de coleta seletiva direcionado às propriedades rurais. O que foi observado e diagnosticado é que alguns poucos moradores fazem a separação e o transporte voluntário dos materiais recicláveis para a Sede Municipal de Engenheiro Coelho, sendo cerca de 17,9% das propriedades entrevistadas que afirmaram fazer a coleta seletiva.

Ademais, a Lei nº 874/2013 institui o Programa Municipal de Coleta Seletiva de Resíduos em Engenheiro Coelho, definindo diretrizes e ações para sua implementação. Entre as medidas previstas, destaca-se a realização da coleta seletiva por meio de Postos de Entrega Voluntária (PEVs), além da coleta porta a porta



dos materiais recicláveis gerados em residências, estabelecimentos comerciais, de serviços e repartições públicas.

Nesse sentido, torna-se imperativo alinhar as diretrizes propostas neste plano com vistas à universalização do sistema de coleta seletiva. Além disso, é essencial que a Prefeitura Municipal garanta a correta destinação dos resíduos recicláveis, a fim de universalizar a coleta e assegurar que esses materiais recebam o tratamento adequado. Também é fundamental adotar ações de educação ambiental, com o objetivo de destacar a importância da prática de reciclagem e esclarecer os métodos disponíveis para realizá-la 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 16 - Vantagens e desvantagens.

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
COLETA SELETIVA PORTA A PORTA	<ol style="list-style-type: none">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.	<ol style="list-style-type: none">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	<ol style="list-style-type: none">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.	<ol style="list-style-type: none">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 eles 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.



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.

Em relação às associações e cooperativas de catadores, em Engenheiro Coelho não há este tipo de estruturação em relação a gestão de materiais recicláveis, conforme mencionado no Produto 4, há no município um programa de coleta seletiva

Para garantir a universalização da coleta seletiva, é essencial que o município instale mais PEVs ou Ecopontos na área rural, replicando o modelo já adotado na zona urbana. Dessa forma, será possível assegurar que os moradores da zona rural tenham acesso adequado e próximo para a destinação correta dos resíduos recicláveis, promovendo a sustentabilidade e a inclusão no sistema de gestão de resíduos.

Alguns procedimentos e recomendações para a instalação de PEVs 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.

1.4.3. Resíduos da Construção Civil e Volumosos

De modo geral, os resíduos da construção civil (RCCs) são considerados de baixa periculosidade, embora seu maior impacto esteja relacionado ao grande volume gerado. No entanto, esses resíduos podem conter materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens que acumulam água, favorecendo a proliferação de insetos e outros vetores de doenças.

Conforme o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os RCCs incluem os resíduos gerados em construções, reformas, reparos e demolições, além dos provenientes da preparação e escavação de terrenos. Esses resíduos são classificados em quatro categorias pela Resolução CONAMA nº 307/2002, de acordo com seu potencial de reciclagem ou reutilização.

Em muitos municípios, os RCCs são frequentemente descartados de forma irregular em bota-foras clandestinos, margens de rios, córregos ou terrenos baldios. Essa prática causa diversos problemas, como proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de cursos d'água, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

Em Engenheiro Coelho, é estabelecida a Lei Complementar n.º 29/2022, que dispõe sobre o controle de coleta, transporte e destinação de resíduos da construção civil e resíduos volumosos, não abrangidos pela coleta regular e dá outras providências. Entre outras diretrizes, a referida lei indica como forma de destinação final de cunho público o terreno destinado a recepção, manejo e depósito de resíduos de construção civil, que será a Central de Tratamento de Resíduos - CTR, (localizado ao lado do Condomínio Céu Azul), sendo instituído também uma taxa de cobrança pela recepção dos resíduos no local.

Por mais que não haja políticas públicas voltadas exclusivamente para o gerenciamento desses resíduos na área rural de Engenheiro Coelho, não foram registrados durante as visitas nos imóveis rurais descartes irregulares de entulho ou materiais volumosos em vias ou nos próprios terrenos.



Recomenda-se que o poder público implemente a aplicação de multas aos moradores das áreas rurais flagrados realizando descarte irregular de RCCs. Já para as propriedades rurais que geram RCCs, é necessário contratar empresas especializadas em locação de caçambas para o armazenamento temporário do entulho, garantindo seu recolhimento e destinação adequada.

1.4.4. Resíduos Agrossilvopastoris e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória

De modo geral, os resíduos da construção civil são considerados de baixa periculosidade, embora seu maior impacto esteja relacionado ao grande volume gerado. No entanto, esses resíduos podem conter materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens que acumulam água, favorecendo a proliferação de insetos e outros vetores de doenças.

Conforme o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os RCCs incluem os resíduos gerados em construções, reformas, reparos e demolições, além dos provenientes da preparação e escavação de terrenos. Esses resíduos são classificados em quatro categorias pela Resolução CONAMA nº 307/2002, de acordo com seu potencial de reciclagem ou reutilização.

Em muitos municípios, os RCCs são frequentemente descartados de forma irregular em bota-foras clandestinos, margens de rios, córregos ou terrenos baldios. Essa prática causa diversos problemas, como proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de cursos d'água, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

Este plano propõe a ampliação desse serviço para atender as áreas rurais, com a realização de coletas de resíduos volumosos, como sofás, camas e guarda-roupas, ao menos uma vez por mês.

Além disso, recomenda-se que o poder público implemente a aplicação de multas aos moradores das áreas rurais flagrados realizando descarte irregular de RCCs. Vale destacar que, atualmente, apenas o Ecoponto localizado na Rua: João Nunes de Moraes, nº 700, no bairro Chácara Bela Vista, está habilitado para receber resíduos da construção civil.



Para as propriedades rurais que geram RCCs, é necessário contratar empresas especializadas em locação de caçambas para o armazenamento temporário do entulho, garantindo seu recolhimento e destinação adequada.

1.4.5. 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 projeto que estruture a redução, a reutilização, a coleta seletiva e a reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para a Essencial Central de Tratamento de Resíduos Ltda, 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.

Desta forma, seguem os capítulos abaixo com as etapas essenciais para atingir a meta de redução de envio de rejeitos, relacionado aos resíduos recicláveis e aos resíduos orgânicos. Pois, a gestão eficiente destes dois tipos de resíduos aumentara a vida útil do local de destinação.

A. Resíduos Recicláveis

Com o objetivo de reduzir o volume de rejeitos encaminhados para disposição final, foram estabelecidas as seguintes metas relacionadas aos resíduos recicláveis:

- 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 necessária 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.

Por meio dos procedimentos mencionados, é possível assegurar o bom funcionamento do projeto, garantindo uma coleta seletiva eficiente. Ressalta-se que etapas complementares podem ser incorporadas e outras formas de gestão podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas.

No entanto, observa-se que o município de Engenheiro Coelho ainda carece de uma estrutura consolidada de coleta seletiva voltada às propriedades rurais. As propostas apresentadas neste capítulo buscam fomentar a criação, a ampliação e o aprimoramento desse sistema, cabendo ao poder público avaliar e implementar as ações mais adequadas.

B. Resíduos Orgânicos

O manejo dos resíduos orgânicos ganha destaque neste Plano devido ao impacto positivo que uma gestão eficiente pode proporcionar ao município, como a economia de recursos por meio do aumento da vida útil do aterro sanitário. Programas



que incentivem a agricultura familiar podem incorporar o uso dos produtos da compostagem, que podem ser aproveitados nas produções agrícolas das propriedades rurais.

Entre os principais benefícios da compostagem estão: a redução do volume de resíduos enviados ao aterro, a diminuição do potencial de geração de gases e da carga orgânica nos líquidos lixiviados, a eliminação de patógenos e sementes de ervas daninhas, além da produção de composto orgânico que melhora a estrutura do solo. Essa melhoria contribui para a redução de processos erosivos e aumenta a eficiência na absorção de fertilizantes minerais.

Além disso, a gestão de resíduos orgânicos não se restringe aos restos de alimentos provenientes das residências, mas também inclui os resíduos gerados por podas e capinas em áreas agrícolas. Esses materiais geram grandes volumes de massa verde, que podem sobrecarregar os locais de destinação final, reforçando a necessidade de adotar soluções específicas e integradas para seu manejo.

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



Fonte: Revista Galileu, 2014.

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

Tabela 17 - Ações de Emergência e Contingência - Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - 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 de Meio Ambiente, para efetuarem a coleta de resíduos em locais críticos.
		Realizar campanha de comunicação visando a mobilização da sociedade rural para o manejo de seus resíduos domiciliares.
		Contratar empresas especializadas em caráter emergencial 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 para efetuarem esses serviços.
		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.

1.4.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos da 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 Engenheiro Coelho 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.



Objetivo 1 – Aprimoramento da Coleta Convencional de RDO

Conforme relatado na etapa de Diagnóstico e no presente produto, algumas propriedades rurais do município de Engenheiro Coelho estão estabelecidas em áreas isoladas, tornando a ida dos caminhões e veículos de coleta para estes locais inviável.

Como solução, a Prefeitura Municipal deverá dispor nas áreas rurais alguns 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 transbordamento e lixos espalhados no entorno.

Na zona rural de Engenheiro Coelho, atualmente existem poucas caçambas destinadas ao acondicionamento adequado de resíduos. Essa ausência tem gerado a necessidade de deslocamento até áreas urbanas para descarte, o que dificulta a gestão eficiente dos resíduos na região.

Para solucionar essa questão, este plano propõe a instalação de 38 novos pontos de caçambas em locais estratégicos da zona rural, visando atender as



demandas locais e reduzir as distâncias percorridas pelos moradores para realizar o descarte. A separação dos locais indicados para a implantação dos dispositivos foi referente aos grupos de visitas elencados durante a aplicação dos questionários, onde o número para cada grupo é definido a seguir:

- 03 – Grupo 1
- 03 – Grupo 2
- 05 – Grupo 3
- 01 – Grupo 4
- 05 – Grupo 5
- 03 – Grupo 6
- 04 – Grupo 7
- 04 – Grupo 8
- 02 – Grupo 9
- 08 – Grupo 10

Essa iniciativa busca promover uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos, diminuindo os impactos ambientais e sociais causados pelo descarte irregular.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



Tabela 18 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
OBJETIVO	1	MANUTENÇÃO E APRIMORAMENTO DA COLETA CONVENCIONAL DE RDO NA ÁREA RURAL				
FUNDAMENTAÇÃO	Atualmente, o município realiza a coleta convencional de resíduos nas propriedades rurais. No entanto, o serviço não alcança todas as comunidades, obrigando os moradores a transportarem os resíduos até a caçamba mais próxima, levá-los para a área urbana ou descartá-los de forma inadequada. Além disso, os pontos de descarte disponíveis frequentemente não suportam a demanda da região, reforçando a necessidade de aumentar a quantidade de caçambas ou ampliar sua capacidade de armazenamento.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Cobertura da coleta nas comunidades rurais atendidas, ampliação da instalação de dispositivos de armazenamento temporário para resíduos e envolvimento populacional no descarte correto.					
METAS						
CURTO PRAZO - ATÉ 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Implantação de novas caçambas em comunidades não atendidas; 2) Aquisição de veículos menores para a coleta em locais de difícil acesso; 3) Educação Ambiental visando a disposição adequada dos resíduos para coleta.		3) Estudo de viabilidade para implementação de ATT na Zona rural 4) Atingir 50% da Coleta Convencional nas áreas que não possuíam.		5) Atingir e manter 100% da coleta convencional nas áreas rurais; 6) Fornecer, se necessário, manutenção nas caçambas instaladas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO				POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.1.1	Implantação de 38 novas caçambas distribuídas nas comunidades rurais.	R\$ 209.000	-	-	RP – FPU	Custo estimado da unidade (R\$5.500,00) x Número de unidades
3.1.2	Estudo para implantação de uma Área de Transbordo na zona rural.	-	-	-	AA - RP	
3.1.3	Estudo de viabilidade para aquisição de veículos de pequeno porte para a coleta de resíduos, como por exemplo um Trator coletor com reboque.	-	-	-	RP – FPU	Preço varia de acordo com a região e o modelo
3.1.4	Educação Ambiental voltada a população rural, visando a correta disposição de RDO para a coleta, onde atualmente encontram-se dispostos no chão ou são destinados de forma irregular.	-	-	-	AA - RP	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$209.000	R\$0,00	R\$0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$209.000

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 Gestão de Resíduos da Construção Civil, Volumosos e Recicláveis

A principal motivação para o descarte irregular de resíduos de construção civil é evitar o pagamento das taxas associadas ao recolhimento e armazenamento adequado desses materiais. Esse cenário evidencia a necessidade urgente de adotar medidas que promovam a conscientização ambiental, o cumprimento da legislação vigente e a criação de estruturas adequadas para a destinação correta dos RCC, como, por exemplo, a implantação de um ecoponto exclusivo para a área rural ou nas proximidades. Este ecoponto, além de receber RCC, também deve ser um ponto de coleta de resíduos recicláveis, incentivando a segregação adequada e o reaproveitamento desses materiais.

Para apoiar essa iniciativa, é essencial realizar campanhas de educação ambiental que instruem a população sobre a importância da separação dos materiais recicláveis dos resíduos destinados ao aterro sanitário. Essas campanhas devem reforçar os benefícios ambientais e econômicos da reciclagem e esclarecer os procedimentos corretos para o descarte, contribuindo para a redução do volume de resíduos enviados ao aterro.

Para atingir esses objetivos, propõe-se instituir a abrangência de programas de recolhimento para as comunidades rurais, com frequência mínima de uma vez por mês. Além disso, será necessário disponibilizar empresas de caçamba para o armazenamento temporário e recolhimento do entulho, com a contribuição financeira para as propriedades de baixa renda, evitando que os moradores recorram ao descarte clandestino.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



Tabela 19 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
OBJETIVO	2	GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E VOLUMOSOS				
FUNDAMENTAÇÃO		Engenheiro Coelho possui programas voltados ao descarte adequado de resíduos na área urbana, mas essas iniciativas não abrangem a zona rural. Para solucionar isso, é necessário incentivar o manejo correto de resíduos da construção civil, integrar a coleta seletiva para reciclagem e implementar fiscalização com aplicação de multas, além de promover campanhas educativas para conscientizar a população.				
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Redução do número de RCC destinado em local inapropriado; Autuações administrativas em caso de flagrante e registro de denúncias de descarte irregular e o número de material reciclável coletado adequadamente.				
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) Criação de rota para uma campanha de recolhimento na área rural; 3) Instalação de ecopontos ou locais apropriados para o recebimento do RCC e materiais recicláveis.		4) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 5) Manter mensalmente a campanha de recolhimento na área rural; 6) Realizar manutenções, se necessário, nos ecopontos disponibilizados.			7) Manter fiscalização no combate ao descarte inadequado; 8) Manter mensalmente a campanha de recolhimento na área rural;	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMORIAL DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.2.1	Promover ações de Educação Ambiental para incentivar o uso adequado dos ecopontos e destacar a importância da destinação correta dos materiais recicláveis.	-	-	-	RP	-
3.2.2	Criar e implementar uma rota de coleta regular de resíduos volumosos e de RCC na área rural.	-	-	-	RP	-
3.2.3	Aumentar a fiscalização de descarte inadequado em áreas rurais e aplicação de multas.	-	-	-	RP	-
3.2.4	Estudo para implantação de Ecopontos voltados para o armazenamento de RCC e de materiais recicláveis das comunidades rurais.	-	-	-	RP - FPU	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$0,00

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



1.4.8. Análise Econômica

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

Tabela 20 - Análise de investimento no Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS				
OBJETIVOS				TOTAL GERAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	
MANUTENÇÃO E APRIMORAMENTO DA COLETA CONVENCIONAL DE RDO NA ÁREA RURAL	R\$ 209.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$209.000,00
GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E VOLUMOSOS	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL	R\$ 209.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$209.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 5 - Investimentos por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



1.5. Sistema de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais

As medidas de correção e prevenção na rede de drenagem englobam ações estruturais e não estruturais que, juntas, visam minimizar os impactos causados por problemas nessa infraestrutura.

As medidas estruturais envolvem intervenções físicas que corrigem ou previnem falhas na drenagem, enquanto as não estruturais buscam reduzir riscos e consequências por meio de iniciativas como a regulamentação do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população sobre a importância da manutenção dos dispositivos.

A integração dessas medidas é essencial para garantir a eficiência do sistema de drenagem e promover uma gestão mais resiliente e sustentável, adaptada às necessidades do território.

1.5.1. Medidas Estruturais

A. Medidas de Controle para Redução do Assoreamento

Os impactos das ações humanas sobre o ambiente natural podem ser avaliados pela análise do ciclo hidrológico. Os meios naturais têm sua forma e dinâmica influenciadas, sobretudo, pela ação das águas, entre outros condicionantes físicos.

No meio rural, diversas atividades alteram os padrões de escoamento da água e geram distúrbios ambientais, como erosões e o assoreamento de corpos hídricos. Exemplos dessas práticas incluem a abertura de estradas de terra, a remoção de vegetação nativa, a criação de gado e o uso de maquinários agrícolas, que frequentemente levam à compactação do solo.

O assoreamento é caracterizado pelo acúmulo de sedimentos nos leitos de rios e cursos d'água, um processo que resulta na degradação desses sistemas hídricos. Entre os principais impactos ambientais causados por esse fenômeno, destaca-se o surgimento de bancos de areia nas áreas de drenagem, o que altera o curso dos rios ou, em casos extremos, reduz significativamente sua vazão ou os leva à extinção (PENA, 2021).



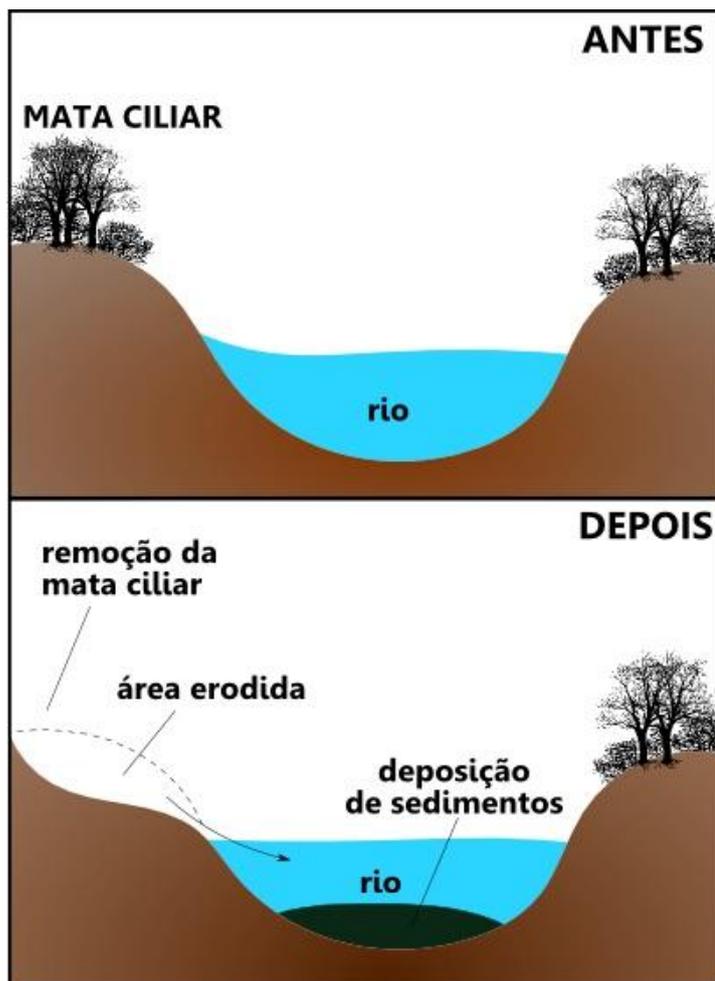
A intensificação da erosão do solo é a principal causa do assoreamento, resultado do transporte de sedimentos superficiais pela água das chuvas até os cursos d'água. Esse processo é agravado por atividades humanas, especialmente a remoção da vegetação nativa, que desempenha papel essencial na contenção dos sedimentos ao proteger o solo e dificultar seu deslocamento para os rios.

O combate ao assoreamento é necessário para evitar problemas relacionados à drenagem. Para isso, o poder público, em parceria com governos e outros atores responsáveis, deve planejar e executar obras de controle da erosão do solo que abrangem toda a bacia hidrográfica, garantindo soluções efetivas e integradas para conter o problema.

Entre as medidas preventivas, destaca-se o reflorestamento das áreas de bacia, que não só reduz a erosão, mas também minimiza o impacto das chuvas diretamente sobre o solo. Essa estratégia aumenta o tempo de concentração da bacia, diminuindo os picos de cheias e promovendo maior estabilidade ambiental (BARBOSA, 2006).

É importante ressaltar que o combate ao assoreamento só será plenamente eficaz quando acompanhado de ações preventivas, como a contenção do desmatamento nas margens dos cursos d'água e em toda a bacia hidrográfica. Essas ações visam reduzir a quantidade de sedimentos gerados durante os períodos chuvosos e minimizar os impactos da erosão fluvial (PENA, 2021).

Figura 17 - Esquema do processo de assoreamento.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

No município de Engenheiro Coelho, não foram identificados problemas graves relacionados à erosão do solo na área rural. De acordo com a análise amostral apresentada na etapa de Diagnóstico, 100% das propriedades entrevistadas relataram a inexistência de erosões nas proximidades de suas residências.

No entanto, ao longo dos anos, é possível que ocorram novos episódios isolados de erosão, especialmente em áreas com declividade acentuada e ausência de vegetação. Além disso, a falta de dispositivos de drenagem na maioria das vias rurais do município contribui para o agravamento dos problemas. Em dias de chuva, a ausência desses sistemas pode danificar as estradas, dificultando o fluxo de veículos e prejudicando a mobilidade na região.



B. Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção

As bacias de retenção e detenção desempenham um papel essencial como depósitos para armazenar o excedente de água e sedimentos, especialmente provenientes de vias secundárias. Além disso, promovem a infiltração da água no solo e reduzem a velocidade do escoamento superficial, configurando-se como um dos métodos mais eficazes para o controle do escoamento em áreas rurais.

Essencialmente semelhantes a reservatórios, essas bacias são compostas por áreas escavadas com o propósito principal de conter fluxos de água pluvial excedente em propriedades ou vias rurais, ao mesmo tempo em que facilitam a captação da água que escoam. Ademais, desempenham um papel importante na recarga de aquíferos subterrâneos.

Conforme apontado por autores citados em Canholi (1995), como Walesh (1989), Urbonas (1991), Lazaro (1990) e ASCE (1989), há distinções entre bacias de detenção e retenção. As bacias de detenção são projetadas para armazenar temporariamente os escoamentos de drenagem, permanecendo geralmente secas durante períodos de estiagem e retendo água apenas durante e após chuvas.

Já as bacias de retenção são reservatórios de superfície que mantêm permanentemente um volume substancial de água, servindo a finalidades recreativas, paisagísticas ou de abastecimento. Por sua vez, as bacias de sedimentação têm como principal função reter sólidos em suspensão, detritos e poluentes transportados pelo escoamento superficial (Canholi, 1995).

A seguir, apresenta-se um exemplo de bacia aplicada para a contenção do escoamento pluvial em áreas rurais, utilizando-se escavações de diversos "piscinões" ao longo de uma estrada de terra.

Figura 18 - Exemplo de bacia de detenção em área rural.



Fonte: Narciso, José, 2011.

C. Recuperação de Matas Ciliares a APP's

Uma das estratégias mais eficazes para mitigar problemas associados aos corpos hídricos, como assoreamento, erosão das margens e poluição das águas, é a recuperação das matas ciliares em conformidade com a legislação vigente para Áreas de Preservação Permanente (APP). Nesse contexto, destaca-se a Lei nº 12.651/2012, que regula a proteção da vegetação nativa no Brasil.

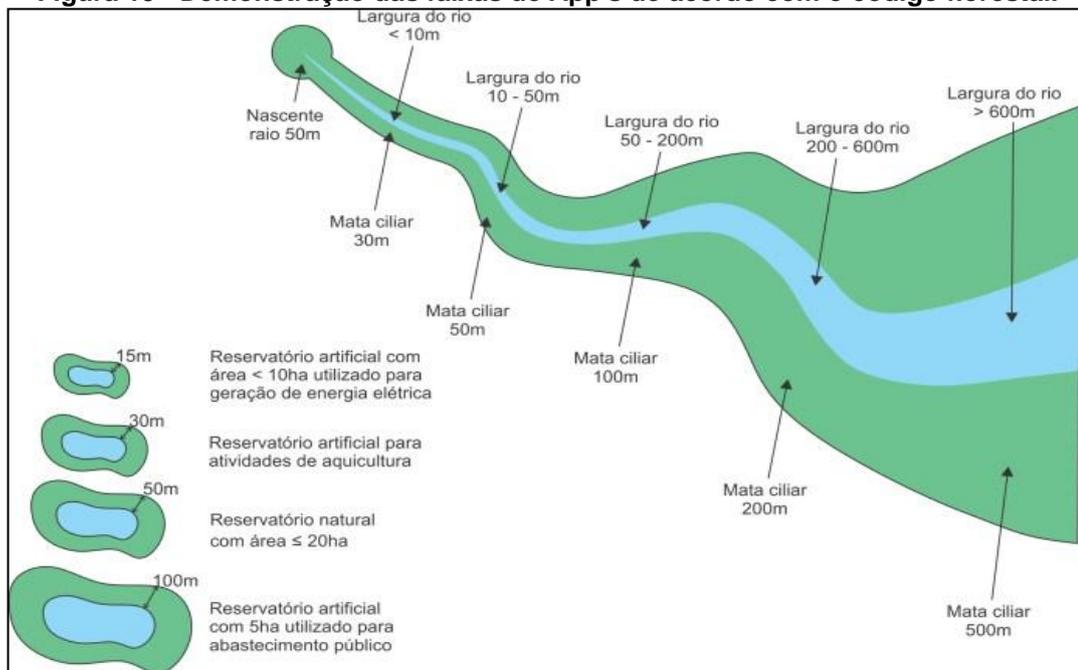
A recuperação dessas áreas deve observar rigorosamente os critérios estabelecidos na legislação, especialmente no que se refere à largura das faixas de proteção, que varia de acordo com a dimensão do leito do curso d'água. Essas faixas desempenham um papel essencial na estabilização das margens, na redução do aporte de sedimentos e poluentes nos corpos hídricos e na preservação da biodiversidade local.

Conforme ilustrado na figura abaixo, a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP é claramente definida pela Lei. Por exemplo, rios com leitos menores exigem faixas de proteção mais estreitas, enquanto cursos d'água de maior dimensão demandam faixas mais amplas, visando garantir uma maior eficácia na proteção ambiental.

Além disso, é importante considerar o uso de espécies nativas no processo de restauração, uma vez que essas plantas são mais adaptadas às condições locais, promovem maior estabilidade ecológica e facilitam a regeneração natural. A

recuperação das matas ciliares não só contribui para a conservação dos recursos hídricos, mas também para o equilíbrio do ciclo hidrológico e a melhoria da qualidade de vida das comunidades dependentes desses sistemas.

Figura 19 - Demonstração das faixas de App's de acordo com o código florestal.



Fonte: Imagem de divulgação, 2025.

Em áreas rurais de grande parte dos municípios brasileiros, a remoção da mata nativa está frequentemente associada às atividades agrícolas, como a ampliação das áreas de plantio ou a abertura de pastagens para a criação de animais.

Embora, em alguns casos, outras espécies vegetais tenham sido introduzidas em substituição à vegetação nativa, essa substituição não é capaz de replicar completamente os benefícios proporcionados pelo ecossistema original. A remoção da vegetação nativa reduz significativamente a capacidade de infiltração e armazenamento de água pelas raízes das plantas, o que, por sua vez, resulta em um aumento no fluxo de escoamento superficial.

Esse processo acarreta diversas consequências ambientais, como a intensificação da erosão, o assoreamento de corpos hídricos e a diminuição da disponibilidade de água subterrânea. A preservação e recuperação da vegetação nativa são, portanto, medidas indispensáveis para garantir o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade hídrica na região.



D. Paliçadas para o Controle Erosivo

As paliçadas são dispositivos que combinam funções semelhantes às dos dissipadores de energia e das bacias de retenção. Elas atuam reduzindo a velocidade do escoamento superficial e ajudando a conter o volume de água escoado.

Esses dispositivos são compostos por estacas, geralmente de bambu ou madeira, fincadas no solo para formar uma barreira. Essa barreira retém os sedimentos transportados pelo escoamento pluvial, contribuindo para a contenção do processo erosivo. A retenção dos sedimentos promove, ao longo do tempo, a formação de terraços e plataformas, que potencializam ainda mais o controle da erosão e reduzem a velocidade da água.

Em algumas situações, espécies vegetais são estrategicamente plantadas entre as estacas, oferecendo benefícios adicionais ao controle da erosão, tais como:

- **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 20 - Exemplo de aplicação de paliçadas.



Fonte: EMBRAPA, 2009.

1.5.2. Medidas Não Estruturais

As medidas estruturais, por si só, geralmente não são suficientes para oferecer proteção total contra enchentes, pois o objetivo é resistir à maior enchente possível. Em contraste, as medidas não-estruturais, quando combinadas com as estruturais ou adotadas isoladamente, podem reduzir significativamente os danos, com um custo mais baixo.

As medidas não-estruturais não alteram diretamente o regime de escoamento das águas pluviais. Elas consistem principalmente em soluções indiretas, como, por exemplo, aquelas voltadas para o controle do uso e ocupação do solo em áreas de várzea e bacias hidrográficas, ou para a redução da vulnerabilidade das populações em áreas de risco de inundações.

Essas medidas envolvem aspectos culturais e demandam a participação ativa da comunidade, sendo essenciais para sua implementação. Além disso, o investimento necessário para sua aplicação é geralmente leve, concentrando-se principalmente em ações de conscientização e educação ambiental. O objetivo das medidas não-estruturais é promover uma convivência mais segura e adaptada da população com as enchentes, adotando uma abordagem preventiva.

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



A falta de investimento em saneamento básico, aliada a problemas no tratamento de águas, à perda da vegetação nas margens de rios, ao descarte inadequado de resíduos e ao consumo excessivo de produtos plásticos, torna a recuperação das águas ao redor do mundo um desafio muito maior do que imaginamos.

Uma pesquisa realizada pela Organização das Nações Unidas, em 2010, revelou que, para cada mil litros de água consumidos pelo ser humano, há 10 mil litros de água que se tornam inutilizáveis devido à poluição (BANDEIRA, 2018).

Segundo Bandeira (2018), a maior parte da poluição hídrica decorre da falta de saneamento básico, o que torna fundamental que os governos municipais e federais criem programas eficientes para fiscalizar tanto os serviços de saneamento quanto a qualidade da água. No entanto, existem pequenas ações que podem ser adotadas para reduzir a quantidade de resíduos nos 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.

B. Educação Ambiental

De maneira geral, a educação ambiental abrange todos os aspectos relacionados à infraestrutura de águas pluviais (drenagem) e deve ser implementada em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística. Essa abordagem assegura que os indivíduos desenvolvam uma visão crítica sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente.

No contexto específico da drenagem pluvial em áreas rurais, é essencial realizar ações contínuas e pontuais de educação ambiental, com o objetivo de conscientizar e sensibilizar a população sobre o impacto de suas ações e escolhas no cenário municipal.



A abordagem educativa precisa ser adaptada ao público-alvo, e as ações devem ir além dos ambientes formais de ensino, alcançando toda a comunidade. Alguns dos principais temas de educação ambiental a serem abordados no contexto da drenagem pluvial incluem:

- 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.

1.5.3. Ações de Emergência e Contingência

Áreas com sistemas de drenagem ineficientes, emissários e dissipadores de energia inadequados podem causar diversos problemas, como erosões, assoreamentos e alagamentos, comprometendo a eficácia e a qualidade dos serviços de drenagem. Nesses casos, torna-se fundamental a adoção de medidas emergenciais e de contingência para lidar com ocorrências atípicas e minimizar os impactos dessas situações.

A tabela a seguir apresenta as possíveis medidas a serem adotadas em situações de falhas no sistema de drenagem:



Tabela 21 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL		
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.
OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS PROVENIENTES DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL.
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.



1.5.4. Objetivos, Programas, Projetos e Ações

Conforme evidenciado na etapa de Diagnóstico, particularmente na análise crítica do sistema de drenagem pluvial na área rural de Engenheiro Coelho, observou-se que alguns pontos da região são suscetíveis a alagamentos e empoçamentos. Simultaneamente, a adesão da população rural do município à implementação de dispositivos de aproveitamento de águas pluviais ainda é baixa, sendo necessário um incentivo por parte do Poder Público para promover a adoção desses dispositivos.

Como medida para enfrentar esses problemas, propõe-se a reestruturação e instalação de dispositivos de drenagem nas principais vias rurais não pavimentadas, com destaque para aquelas com potencial turístico e para as de grande circulação ou escoamento de produção. O objetivo é garantir a circulação segura de veículos e pessoas, especialmente em períodos de chuvas intensas. Nesse sentido, sugere-se a adesão ao Programa Melhor Caminho, do Governo do Estado de São Paulo, que oferece suporte técnico e financeiro para a recuperação e manutenção das estradas rurais, promovendo a melhoria da infraestrutura e a qualidade do transporte no meio rural.

Adicionalmente, será dada prioridade à revitalização das pontes em estado precário, conforme identificado pelos moradores, bem como à identificação de locais sujeitos a deslizamentos. Nessas áreas, serão realizadas ações de revegetação ou aplicação de biomantas para estabilizar o solo e prevenir novos deslizamentos ou processos erosivos avançados.

Objetivo 1 – Ações estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem pluvial

As ações estruturais previstas foram selecionadas com o objetivo de conter os pontos de empoçamento e alagamento identificados na análise amostral apresentada na etapa de diagnóstico, além de promover a recuperação e revegetação das áreas afetadas por processos erosivos.

Em relação às vias de acesso à área rural do município, moradores relataram dificuldades com a conservação das estradas, especialmente as municipais e de servidão. Nesse sentido, recomenda-se a identificação dos pontos críticos e a



revitalização das vias, com foco na melhoria da infraestrutura de transporte. Uma sugestão importante é a adesão ao Programa Melhor Caminho, que oferece apoio técnico e financeiro para a recuperação e manutenção das estradas rurais, contribuindo para a melhoria das condições de trafegabilidade e acesso.

Além disso, sugere-se a realização de um estudo de viabilidade para a pavimentação das principais vias com potencial turístico e das vias de grande circulação ou escoamento de produção, outro método adotado por outros municípios é a prática de triturar os Resíduos da Construção Civil e despejar o material nas estradas danificadas. O objetivo é garantir a circulação segura de veículos e pessoas, promovendo a conectividade e o desenvolvimento local. A pavimentação dessas vias poderá ser viabilizada por meio de parcerias entre o setor público e privado ou com a utilização de financiamentos específicos.



Tabela 22 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS				
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL				
FUNDAMENTAÇÃO	Na área rural de Engenheiro Coelho, não foram identificadas propriedades com problemas de alagamento e empoçamento durante as chuvas e que exigem medidas estruturais para conter enxurradas e escoamento superficial. Também não foram observados pontos erosivos perto das residências, que necessitam de recuperação. Quanto às vias de acesso, moradores relataram problemas em vias rurais, na maioria de cunho particular, recomendando a identificação e adequação desses pontos, além de estudar a pavimentação das principais vias.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Índice de inundação; Índice de erosão do solo e Índice de áreas recuperadas.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Identificação de pontes rurais danificadas; 2) Elaboração de estudo para pavimentação das principais vias rurais do município. 3) Identificação dos locais susceptíveis a deslizamento ou erosão.		4) Manter o controle de drenagem nas vias rurais do município; 5) Recuperar 60% das áreas que necessitam de melhorias;		6) Manter o controle de drenagem nas vias rurais do município; 7) 100% das áreas recuperadas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.1.1	Estudo para parcerias com instituições como o Programa Melhor Caminho	-	-	-	FPR – FPU - RP	-



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



4.1.2	Aquisição de Britador para reaproveitar os resíduos do Aterro de RCC e melhorar as condições das estradas.	R\$ 800.000,00				Preço médio do britador móvel no site MF Rural – Modelo KE1100-1
4.1.3	Distribuição de RCC triturado em áreas suscetíveis a atolamento e manutenção periódica nas estradas com maior movimentação.	-	-	-	RP - FPU	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 800.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 800.000,00

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 correspondem 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 estão focadas em iniciativas de conscientização, educação, planejamento e gestão, que buscam mitigar os problemas relacionados à drenagem pluvial de forma indireta e sustentável.

A tabela a seguir apresenta uma síntese do Objetivo 2, destacando suas metas de curto, médio e longo prazos, as ações necessárias para alcançá-las, os investimentos previstos e os métodos de acompanhamento para monitorar sua implementação.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



Tabela 23 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL						
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS				
OBJETIVO	2	IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL				
FUNDAMENTAÇÃO	As medidas não estruturais priorizam a conscientização e a participação comunitária, incentivando a adoção de dispositivos de captação de águas pluviais nas residências rurais. Também incluem um programa de manutenção das estruturas de drenagem e o engajamento da população no cuidado e preservação dessas soluções.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Implementação da ação.					
METAS						
CURTO PRAZO - 1 A 4 ANOS		MÉDIO PRAZO - 5 A 8 ANOS		LONGO PRAZO - 9 A 20 ANOS		
1) Programa de incentivo financeiro para a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais - 30%;		3) Programa de incentivo financeiro para a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais - 60%;		5) Programa de incentivo financeiro para a instalação de dispositivos de retenção de águas pluviais - 100%;		
2) Manutenção das estruturas de controle de drenagem em vias rurais não pavimentadas.		4) Manutenção das estruturas de controle de drenagem em vias rurais não pavimentadas.		6) Manutenção das estruturas de controle de drenagem em vias rurais não pavimentadas.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.2.1	Incentivo aos proprietários rurais para a implantação de dispositivos de aproveitamento de águas pluviais, permitindo o uso nas próprias produções agrícolas.	-	-	-	FPU	-
4.2.2	Manutenção anual das estruturas de controle de drenagem em vias não pavimentadas, visando garantir a eficácia desses dispositivos.	R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00	R\$ 600.000,00	AA - RP	R\$50.000/ano
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00	R\$ 600.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.000.000,00

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



1.5.5. Análise Econômica

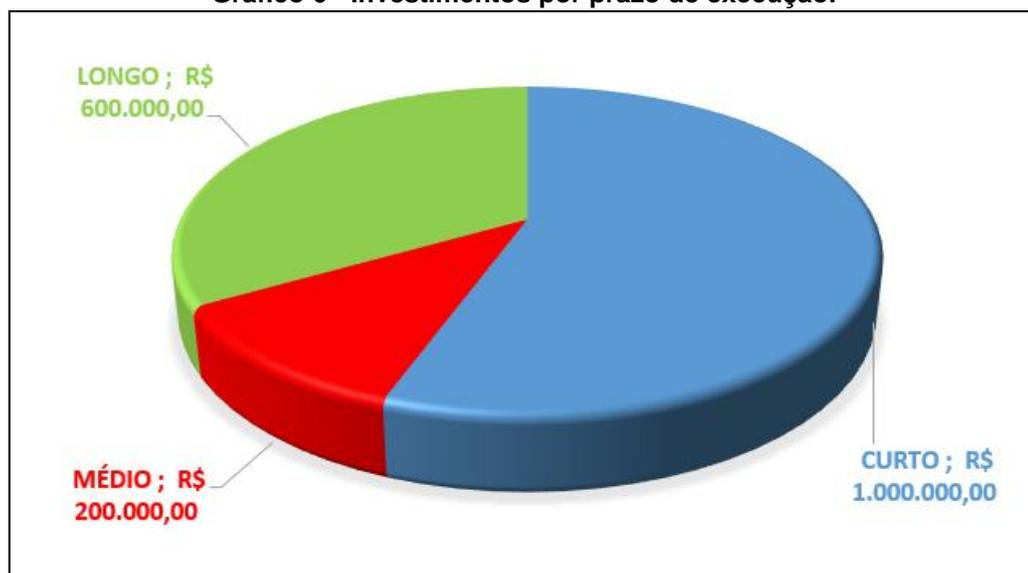
A tabela síntese a seguir, juntamente com o gráfico, mostram os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

Tabela 24 - Análise de investimento no Sistema de Drenagem.

MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL				
SETOR	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\$800.000,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$800.000,00
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL	R\$200.000,00	R\$200.000,00	R\$600.000,00	R\$1.000.000,00
TOTAL GERAL	R\$1.000.000,00	R\$200.000,00	R\$600.000,00	R\$1.800.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 6 - 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 (2023), 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 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 apresentam 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 promovem a divulgação de conhecimento.

O BID auxilia na elaboração de projetos e oferece financiamento, assistência técnica e conhecimentos para apoiar intervenções de desenvolvimento. Empréstima 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 governamentais, associações de usuários de água, prefeituras municipais, empresas e instituições de pesquisa, contribuindo assim para a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos.

3. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS

A tabela a seguir mostra os valores necessários para os serviços de saneamento rural no município de Engenheiro Coelho, bem como sua execução e manutenção, para os próximos vinte anos.

Tabela 25 - Análise Global.

EIXO	PRAZOS			TOTAL
	CURTO	MÉDIO	LONGO	GERAL
Sistema de Abastecimento de Água	R\$77.537,00	R\$40.000,00	R\$120.000,00	R\$237.537,00
Sistema de Esgotamento Sanitário	R\$ 210.600,00	R\$ 70.200,00	R\$ 70.200,00	R\$ 351.000,00
Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	R\$ 104.500,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 104.500,00



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO RURAL
Produto V e VI – Prognóstico e Alternativas para Soluções de Melhorias e
Programas, Projetos e Ações
Engenheiro Coelho - SP



Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	R\$1.000.000,00	R\$200.000,00	R\$600.000,00	R\$1.800.000,00
TOTAL	R\$ 1.392.637,00	R\$ 310.200,00	R\$ 790.200,00	R\$ 2.493.037,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SINISA.** Diagnóstico Temático de Resíduos Sólidos Urbanos – 2023. Brasília: Ministério das Cidades, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/saneamento/sinisa>. Acesso em: 27 jun. 2025.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário estadual de resíduos sólidos urbanos 2012.** São Paulo: CETESB, 2013. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-residuos/wp-content/uploads/sites/18/2013/11/Inventario_RS_2012.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2008.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.



ABRELPE. **Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021. São Paulo, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **RDC 306: Resolução RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004.** 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13.968: Embalagem Rígida Vazia de Agrotóxico – Procedimentos de Lavagem.** Rio de Janeiro, 1997

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.112 a 15.116: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.** Rio de Janeiro, 2004.

BANDEIRA, Katarina. **O que fazer para evitar a poluição hídrica?** pequenas atitudes ajudam a diminuir a sujeira encontradas em rios, lagos e mares. Guarulhos: UNG, 2018.

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

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

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



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

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

BRASIL. Lei Federal nº 12.651/2012 - **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; e dá outras providências**. Brasília – DF, 2012.

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.

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.

CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2014.
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.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Avaliação da eficiência de estratégias físicas e biológicas na recuperação de voçorocas, 2009**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/>



[/projeto/3533/avaliacao-da-eficiencia-de-estrategias-fisicas-e-biologicas-na-recuperacao-de-vocorocas. Acesso em 2024.](#)

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

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.

FUNASA. **Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Manejo de Resíduos Sólidos em áreas rurais do Brasil.** Brasília, 2020.

FUNASA. **Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Manejo de Águas Pluviais em áreas rurais do Brasil.** Brasília: Brasil, 2020.

FUNASA. **Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água em áreas rurais do Brasil.** Brasília: Brasil, 2020.

FUNASA. **Caderno Didático/Técnico para Curso de Gestão de Sistemas de Esgotamento Sanitário em áreas rurais do Brasil.** Brasília: Brasil, 2020.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de fluoretação da água para consumo humano.** Brasília: Funasa, 2012.

GALBIATI, Adriana Farina. **TRATAMENTO DOMICILIAR DE ÁGUAS NEGRAS ATRAVÉS DE TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.



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.

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.

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

IBGE. **Engenheiro Coelho – Histórico**. <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/engenheirocoelho/historico>>.

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

LACERDA, A.V.; Barbosa, F. M. **Matas ciliares no Domínio das Caatingas**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2006, 150p.

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.

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.



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, 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, 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.

REVISTA GALILEU. Compostagem doméstica começa a virar política pública em São Paulo. 2014. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2014/07/compostagem-domestica-comeca-virar-politica-publica-em-sao-paulo.html>. Acesso em: 13 set. 2023.

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



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.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SINISA. Série Histórica – Engenheiro Coelho/SP. **Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.** Brasília: 2025.

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.

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.

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

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.