

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

RELATÓRIO PRELIMINAR DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO



Município de Piraúba – MG



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

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



PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRAÚBA- MG

**ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO
MUNICÍPIO DE PIRAÚBA**

RELATÓRIO FINAL DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BASICO

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

ADRIANO CARVALHAES GRAVINA

PREFEITO MUNICIPAL

EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES – LTDA ME
CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 303.

CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP

www.liderengenharia.eng.br



EQUIPE TÉCNICA

Robson Ricardo Resende

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA – SC 99639-2

Osmani Vicente Jr.

Arquiteto e Urbanista
CAU A23196-7
Especialista em Gestão Ambiental para Municípios

Juliano Mauricio da Silva

Engenheiro Civil
CREA/PR 117165-D

Carmen Cecília Marques Minardi

Economista
CORECON SP 36677

Daniel Ferreira de Castro Furtado

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 118987-6

Paulo Guilherme Fuchs

Administrador
CRA/SC 21705

Paula Evaristo dos Reis de Barros

Advogada
OAB/MG 107.935

Carolina Bavia Ferruccio Bandolin

Assistente Social
CRESS/PR 10.952

Juliano Yamada Rovigati

Geólogo
CREA/PR 109.137/D

Guilherme Ribeiro Nogueira

Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5070630877

Lays de Oliveira Fonseca

Engenheira Agrimensora e Cartógrafa

Rafael Remoto Menezes

Engenheiro Ambiental

Henrique Sbecker Leite

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 163167-3



EQUIPE TÉCNICA MUNICIPAL

Secretário de Administração

Paulo Pacheco Lopes

Engenheiro Civil

Antônio Carlos Rodrigues Abreu

Coordenadora de Sessão e Planejamento e Desenvolvimento Econômico

Sabrina Oliveira de Abreu

Secretário Municipal de Agricultura , Meio Ambiente e Turismo

José Raimundo de Souza Tolentino

Coordenador Sistema Controle Interno

José Alfredo Bellini Sarmento



SUMÁRIO

SUMÁRIO	6
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE GRÁFICOS	17
APRESENTAÇÃO	18
INTRODUÇÃO	19
2. MOBILIZAÇÃO SOCIAL	20
3. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO	21
3.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso	21
3.1. Histórico.....	24
3.2. Aspectos Ambientais	25
3.2.1. Clima.....	25
3.2.2. Levantamento da Rede Hidrográfica do Município	33
3.2.3. Geologia.....	37
3.2.4. Geomorfologia	39
3.2.5. Declividade	42
3.2.6. Solo	45
3.2.7. Vegetação.....	47
3.3. Aspectos Socioeconômicos.....	49
3.3.1. Densidade Demográfica	49
3.3.2. Distribuição Etária por gênero	49
3.3.3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM	50
3.3.4. Educação	52
3.3.5. Saúde.....	53
3.3.6. Razão de dependência, taxa de mortalidade e esperança de vida	56
3.4. Economia.....	57
3.4.1. Produto Interno Bruto (PIB)	57
3.4.2. Renda	58
3.4.3. Vulnerabilidade Social	59
3.4.4. Projeção Populacional	60



4.	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DE SANEAMENTO	66
4.1.	Sistema de Abastecimento de Água.....	68
4.1.1.	Identificação de Mananciais para Abastecimento Futuro	68
4.1.2.	Regulação de Uso dos Recursos Hídricos	71
4.1.3.	Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Água Atuais	75
4.1.4.	Indicadores Operacionais	76
4.1.5.	Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes--	79
4.1.6.	Balanço entre Consumos e Demandas de Abastecimento de Água na Área de Planejamento	97
4.1.7.	Estrutura de Tarificação, Índice de Inadimplência, Receita Operacional e Indicadores Operacionais	97
4.1.8.	Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água de Piraúba.....	101
4.2.	Sistema de Esgotamento Sanitário	103
4.2.1.	Características gerais dos Sistemas de Esgotamento Sanitário	108
4.2.2.	Corpo Hídrico Receptor	109
4.2.3.	Sistemas Individuais	112
4.2.4.	Geração Atual de Esgoto.....	119
4.2.5.	Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de Piraúba	122
4.3.	Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	123
4.3.1.	Classificação de Resíduos	124
4.3.2.	Inventários de Resíduos Gerados no Município.....	126
4.3.3.	Destinação Final e Medidas Mitigatórias	160
4.3.4.	Análise Financeira	163
4.3.5.	Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos	164
4.4.	Sistema De Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	165
4.4.1.	Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	165
4.4.2.	Caracterização das Sub-Bacias Hidrográficas	167
4.4.3.	Caracterização das Microbacias Urbanas	170
4.4.4.	Estudos Hidrológicos	177
4.4.5.	Erosão.....	190
4.4.6.	Indicadores de Drenagem	191
4.4.7.	Sistemas de Macrodrenagem.....	192
4.4.8.	Sistemas de Microdrenagem	193
4.4.9.	Taxa de Drenagem	194
4.4.10.	Dissipadores de Energia	204
4.4.11.	Análise Crítica do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	
	205	
5.	PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	206



5.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA.....	206
5.1.1. Projeção de Demanda	206
5.1.2. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada	210
5.1.3. Principais Mananciais Superficiais e Subterrâneos Passíveis de Serem Utilizados para o Abastecimento de Água da Área de Planejamento.....	212
5.1.4. Escolha do Manancial para Atender a Área de Planejamento, Justificando a Escolha com Base na Vazão Outorgável e na Qualidade da Água	212
5.1.5. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Abastecimento de Água	212
5.1.6. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SAA	219
5.1.7. Análise Econômica	229
5.2. Sistema de Esgotamento Sanitário – SES	232
5.2.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto	232
5.2.2. Cargas de Concentração	233
5.2.3. Comparação das alternativas de tratamento dos esgotos	239
5.2.4. Definição de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada	241
5.2.5. Sistemas Individuais	241
5.2.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Esgotamento Sanitário	260
5.2.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SES	263
5.2.8. Análise Econômica	270
5.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	271
5.3.1. Estimar a produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza urbana, com base nos resultados dos estudos demográficos	271
5.3.2. Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos - Unidades de Compostagem...	310
5.3.3. Estabelecimento de critérios para pontos de apoio ao sistema de limpeza nos diversos setores da área de planejamento, como apoio à guarnição, centros de coleta voluntária, mensagens educativas para a área de planejamento em geral e para a população específica, ou seja, população vizinha a esses pontos de apoio	342
5.3.4. Estabelecimento de critérios de escolha da área para localização do bota-fora dos resíduos inertes, como excedente de terra dos serviços de terraplenagem e entulhos, gerados, tanto da fase de instalação como de operação.....	345
5.3.5. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos	347
5.3.6. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental.....	350
5.3.7. Objetivo 2 – Manutenção e Aprimoramento da Coleta Convencional.....	353
5.3.8. Objetivo 3 – Gestão de Resíduos Orgânicos	356
5.3.9. Objetivo 4 – Implantar e Manter a Coleta Seletiva	359



5.3.10.	Objetivo 5 - Adequar os Serviços de Limpeza Pública	362
5.3.11.	Objetivo 6 - Gestão Dos Resíduos Sólidos da Construção Civil – RCC.....	365
5.3.12.	Objetivo 7 - Gestão de Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris	368
5.3.13.	Objetivo 8 - Fomentar a Responsabilidade Compartilhada Sobre a Gestão dos Resíduos da Logística Reversa.....	370
5.3.14.	Objetivo 9 – Aprimorar a Gestão dos RSS.....	373
5.3.15.	Reestruturar o Sistema Tarifário	376
5.3.16.	Análise Econômica	378
5.4.	Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	381
5.4.1.	Medidas Estruturais	383
5.4.2.	Medidas Não Estruturais	400
5.5.	Ações de Emergência e Contingência.....	411
5.5.1.	Objetivos, Programas, Projetos e Ações	414
5.5.2.	Análise Econômica.	431
6.	FONTES DE FINANCIAMENTO.....	433
6.1.	Recursos Ordinários	434
6.2.	Recursos Extraordinários	435
6.3.	Os Programas de Financiamento Reembolsáveis.....	435
6.3.1.	Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES	435
6.3.2.	Banco do Brasil - BB.....	435
6.3.3.	Caixa Econômica Federal - CAIXA.....	436
6.3.4.	Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID.....	436
6.3.5.	Banco Mundial (The World Bank).....	436
6.4.	Programas de Financiamento Não Reembolsáveis.....	437
6.4.1.	Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA	437
6.4.2.	Fundo Brasileiro de Educação Ambiental - FunBEA.....	437
6.4.3.	Ministério da Saúde	438
6.4.4.	Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental	438
6.4.5.	Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso - FDD.....	438
6.4.6.	Fundo Nacional de Compensação Ambiental - FNCA	439
6.4.7.	Fundo Vale.....	440
7.	ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS PREVISTOS PARA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO	440
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	442



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Reunião ocorrida no dia 13/11/2023.....	20
Figura 2 – Mapa de Localização de Piraúba – MG.	23
Figura 3 - Zoneamento climático do Estado de Minas Gerais.	28
Figura 4 - Variedades climatológicas de Piraúba.	29
Figura 5 - Classificação climática.....	30
Figura 6 – Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais.	34
Figura 7 - Unidades de Planejamento e Gestão – PSR 010.	35
Figura 8 – Mapa de hidrografia do Município de Piraúba.	36
Figura 9 – Mapa geológico do Município de Piraúba - MG.	38
Figura 10 – Mapa geomorfológico do Município de Piraúba.	41
Figura 11 – Mapa de declividade do Município de Piraúba.	43
Figura 12 – Mapa de hipsometria do Município de Piraúba.....	44
Figura 13 – Mapa pedológico de Piraúba – MG.....	46
Figura 14 – Mapa de vegetação do Município de Piraúba.	48
Figura 15 - Posição do IDHM do município no Estado.....	51
Figura 16 - Educação no município.....	53
Figura 17 - Aquíferos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul referente ao estado de Minas Gerais.	70
Figura 18 - Mapa de outorgas de captação concedidas na Bacia Hidrográfica do Alto do Rio Grande.	73
Figura 19 - Captação subterrânea em Piraúba.....	79
Figura 20 - Etapas de tratamento convencional de uma ETA.	81
Figura 21 - Reservatórios do tipo apoiado de fibra em Piraúba.....	91
Figura 22 - Croqui do sistema de captação e abastecimento de água.....	93
Figura 23 - Comunidade Rural dos Ferreiras.	96
Figura 24 - Água com coloração turva na zona urbana de Piraúba.....	102
Figura 25 - Classificação do acesso ao Serviço de Esgotamento Sanitário.	103
Figura 26 - Disposição de esgotos domésticos diretamente no rio.	104
Figura 27 - Estações de tratamento de esgoto descentralizadas.	107
Figura 28 - Risco de contaminação por esgoto.	111
Figura 29 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.	114
Figura 30 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.....	115
Figura 31 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.....	116
Figura 32 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.	117
Figura 33 - Ponto de lançamento na Comunidade dos Ferreiras.....	118
Figura 34 – Fossa rustica na comunidade rural dos Ferreiras.....	118
Figura 35 - Locais com boa execução dos serviços de varrição, capina e poda.....	128



Figura 36 - Local onde é despejado os resíduos dos serviços de poda, capina e roçagem.	129
Figura 37 – Carrinhos, vassoura e caminhão utilizados na limpeza urbana de Piraúba.	129
Figura 38 - Caminhão compactador para a coleta de RDO.	131
Figura 39 - Acondicionamento de resíduos sólidos.	132
Figura 40 - Materiais presentes nos resíduos da construção civil.	136
Figura 41 - Descarte e local de recebimento irregular de RCC no antigo lixão.	138
Figura 42 - Depósito de RCC ao lado do pátio da Secretaria de Obras.	139
Figura 43 - Acondicionamento adequado de RSS no PF João Gonçalves da Neiva.	142
Figura 44 - Local de armazenamento agrosilvopastoris na comunidade dos ferreiras.	144
Figura 45 - Resíduos com logística reversa obrigatória.	146
Figura 46 - Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.	147
Figura 47 - Fluxo simplificado de resíduos nos sistemas de logística reversa.	148
Figura 48 - Ciclo da logística reversa dos eletroeletrônicos e seus componentes.	149
Figura 49 - Ciclo da logística reversa de pilhas e baterias.	151
Figura 50 - Ciclo da logística reversa de lâmpadas inservíveis.	153
Figura 51 - Ciclo da logística reversa de pneus inservíveis.	154
Figura 52 - Local de armazenamento de pneus inservíveis.	155
Figura 53 - Ciclo da logística reversa das embalagens de agrotóxico.	157
Figura 54 - Ciclo da logística reversa de óleos lubrificantes.	159
Figura 55 - Exemplo de lixão.	160
Figura 56 - Exemplo de aterro controlado.	161
Figura 57 - Exemplo de aterro sanitário.	161
Figura 58 - Obras na macrodrenagem.	166
Figura 59 - Regiões Hidrográficas Brasileiras.	168
Figura 60 - Bacias Hidrográficas Federais de Minas Gerais.	169
Figura 61 - Mapa das Microbacias Urbanas.	170
Figura 62 - Mapa de Uso dos Solos.	179
Figura 63 - Tabelas de Grupos de Solos e Uso e Ocupação.	185
Figura 64 - Solos e Uso e Ocupação CN.	186
Figura 65 - Mapa de Grupo de solo no método SCS.	187
Figura 66 - Gráficos de Representação das Vazões.	189
Figura 67 - Macrodrenagem em Piraúba.	193
Figura 68 - Dispositivo de drenagem.	194
Figura 69 - Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.	197
Figura 70 - Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.	197
Figura 71 – Áreas com deficiência na macrodrenagem e com relatos de alagamentos.	205
Figura 72 – Gráfico com as despesas por prazo de execução.	231



Figura 73 - Exemplo de sistema e convencional.	239
Figura 74 - Exemplo de sistema descentralizado.	240
Figura 75 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.	240
Figura 76 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.	243
Figura 77 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.	246
Figura 78 - Esquema da fossa séptica biodigestora.	251
Figura 79 - Exemplo de instalação da fossa biodigestor.	251
Figura 80 - Esquema de zona de raízes ou SAC.	253
Figura 81 - Exemplos de zonas de raízes e mecanismos de controle de PVC.	254
Figura 82 - Esquema de círculo de bananeira.	255
Figura 83 - Exemplo de círculo de bananeira.	256
Figura 84 - Esquema de BET.	257
Figura 85 - Exemplo de BET ou fossa verde.	258
Figura 86 - Gráfico do investimento no sistema de esgotamento sanitário.	270
Figura 87 – Projeção de 20 anos da Geração de Resíduos Reciclados, Compostados e Aterrados.	275
Figura 88 - Estimativa da redução de envio de resíduos para aterro sanitário.	278
Figura 89 - Fluxograma das etapas mínimas do dimensionamento da coleta convencional.	290
Figura 90 - Recipientes para o acondicionamento temporário de resíduos sólidos domiciliares e comerciais.	293
Figura 91 - Equação para o dimensionamento da frota em cidades de pequeno e médio porte.	295
Figura 92 - Equação para dimensionamento da frota em cidades de grande porte.	295
Figura 93 - Cores de identificação de resíduos sólidos.	299
Figura 94 - Recipientes para a coleta seletiva.	299
Figura 95 - Exemplo de local de entrega voluntária de resíduos recicláveis - LEVs.	304
Figura 96 – Exemplo de caminhão que pode ser utilizado para a coleta seletiva em Piraúba	305
Figura 97 - Funcionamento do CTR.	307
Figura 98 - Centro de Triagem de Resíduos Sólidos - CTRS e segregação de resíduos recicláveis e não recicláveis.	309
Figura 99 - Bombonas para o acondicionamento de resíduos orgânicos.	312
Figura 100 - Compostagem aeróbia de resíduos orgânicos em leiras. Compostagem mecânica de dejetos suínos.	313
Figura 101 - Leiras de compostagem natural de resíduos de feira.	314
Figura 102 - Reator de compostagem acelerada.	315
Figura 103 - Projeto técnico de aterro sanitário.	326
Figura 104 - Equipamento utilizado para varrição mecânica.	328
Figura 105 - Usina fixa de RCC.	341



Figura 106 - Usina móvel de RCC.	342
Figura 107 - Gráfico com as despesas por prazo de execução.	380
Figura 108 - Partes componentes de uma bacia hidrográfica.	382
Figura 109 - Esquema de Assoreamento.	385
Figura 110 - Exemplo de reservatório subterrâneo com recreação na parte superior. ...	387
Figura 111 - Demonstração de Faixas das APPs de acordo com Código Florestal.	388
Figura 112 - Exemplo de Corredores Verdes.	390
Figura 113 - Seção típica de valas biorretenção.	391
Figura 114 - Exemplos de biovaletas.	392
Figura 115 - Exemplo de biótopos.	393
Figura 116 - Exemplo de caixa de expansão.	393
Figura 117 - Diques.	394
Figura 118 - Exemplos de Pôlder.	395
Figura 119 - Exemplos de controles na fonte.	399
Figura 120 - Exemplos de reservatórios para água da chuva em imóveis residenciais.	400
Figura 121 - Exemplo de Estação Fluviométrica Automática.	410
Figura 122 - Despesas por Prazo de Execução.	432



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.....	50
Tabela 2 - IDHM nos componentes nos censos de 2000 e 2010.	52
Tabela 3 -Serviços de saúde oferecidos no município.	54
Tabela 4 – Estrutura etária da população do Município de Piraúba.	56
Tabela 5 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no Município de Piraúba.	57
Tabela 6 – Vulnerabilidade social do Município de Piraúba.	59
Tabela 7 – População total do Município de Piraúba.	61
Tabela 8 – Projeção da população do Município de Piraúba até o ano 2043.....	64
Tabela 9 – Valores de referência das vazões médias e mínimas em m³/s.	68
Tabela 10 - Sistema de indicadores do SNIS utilizados na avaliação dos serviços do SAA.	76
Tabela 11 - Características físicas dos pontos de captação subterrânea.	79
Tabela 12 - Apresentação quantitativa das análises exigidas pela Portaria nº05/2017 - MS.	83
Tabela 13 - Padrão microbiológico de potabilidade da água.	84
Tabela 14 - Parâmetros básicos de aceitação para o consumo humano.....	86
Tabela 15 - Doenças de veiculação hídrica.	90
Tabela 16 - Sistema de reservação em Piraúba.	91
Tabela 17 – Boosters e Adutoras de Piraúba.	92
Tabela 18 - Comparação dos índices de perdas municipal, estadual e nacional.....	95
Tabela 19 - Volume, faturado e produzido em Piraúba.	97
Tabela 20 - Indicadores do sistema de abastecimento de água - SAA.	99
Tabela 21 - Comparativo de valores praticados.....	100
Tabela 22 - Indicadores do sistema de esgotamento sanitário.....	105
Tabela 23 - Panorama da coleta e tratamento de esgotos.....	106
Tabela 24 - Geração atual de esgotos domésticos.....	120
Tabela 25 - Projeção da carga orgânica.....	122
Tabela 26 - Quantidade de resíduos gerados nas regiões do Brasil no ano de 2020.....	123
Tabela 27 - Definição e tipos de serviços que caracterizam a limpeza pública.	127
Tabela 28 - Composição média do resíduo da construção civil.	136
Tabela 29 - Taxa de RCC coletada e massa de RCC per capita.	138
Tabela 30 - Massa e taxa de RSS coletada em relação à população urbana e a quantidade total coletada.	143
Tabela 31 - Análise financeira da gestão dos resíduos sólidos de Piraúba.	163
Tabela 32 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.....	171
Tabela 33 - Dados Morfométricos.....	175
Tabela 34 - Tempo de Concentração para as diferentes microbacias.	178



Tabela 35 - Classes de uso do solo utilizadas.	179
Tabela 36 - Sugestão dos Valores de Coeficiente de Run Off.	180
Tabela 37 - Variação Coeficiente de Run off.	181
Tabela 38 - Coeficientes da equação da chuva.	182
Tabela 39 - Valores da Equação de intensidade da chuva.	182
Tabela 40 - Vazão de Pico Método SCS.	189
Tabela 41 - Demandas para o SAA.	209
Tabela 42 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água.	214
Tabela 43 - Ações para emergências e contingências referentes abastecimento emergencial/temporário de água.	216
Tabela 44 - Ações para emergências e contingências referentes ao sistema de abastecimento emergencial.	217
Tabela 45 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento alternativo de água.	218
Tabela 46 - Síntese do objetivo 1.	221
Tabela 47 - Síntese do objetivo 2.	224
Tabela 48 - Síntese do objetivo 3.	227
Tabela 49 - Síntese dos totais dos valores estimados.	230
Tabela 50 - Projeção da geração de esgoto doméstico.	233
Tabela 51 – Carga orgânica atual.	235
Tabela 52 - Valores de cargas orgânicas de DBO.	236
Tabela 53 - Valores de Coliformes Termotolerantes.	238
Tabela 54 - Ações de emergência e contingência para o extravasamento de esgoto em estações elevatórias.	260
Tabela 55 - Ações de emergência e contingência para o rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários.	261
Tabela 56 - Ações de emergência e contingência para ocorrência de retorno de esgoto em imóveis.	262
Tabela 57 - Ações de emergência e contingencia para vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas.	262
Tabela 58 - Tabela Síntese do Objetivo 1.	265
Tabela 59 - Tabela Síntese do Objetivo 2.	268
Tabela 60 - Análise de Investimento de Esgotamento Sanitário.	270
Tabela 61 – Projeção da produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza pública no Município de Piraúba.	272
Tabela 62 – Estimativa da geração e disposição dos resíduos reciclados, compostados e aterrados.	273
Tabela 63 – Estimativa da redução de envio de resíduos para aterro sanitário.	277



Tabela 64 - Treinamentos para os colaboradores do serviço de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.....	286
Tabela 65 - Equipamento de segurança mínimo.....	288
Tabela 66 - Vantagens e desvantagens da coleta convencional noturna de resíduos sólidos.	291
Tabela 67 - Recomendações para a coleta convencional de resíduos sólidos.	291
Tabela 68 - Formas de segregação de resíduos sólidos.	300
Tabela 69 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de execução da coleta seletiva.	302
Tabela 70 - Vantagens e desvantagens do processo de compostagem.	315
Tabela 71 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade.	317
Tabela 72 - Etapas do processo de reciclagem dos materiais.	320
Tabela 73 - Critérios para a implantação de aterro sanitário.....	323
Tabela 74 - Infraestrutura básica para a instalação de aterros sanitários.	325
Tabela 75 - Proposta de frequência para o serviço de varrição pública.	329
Tabela 76 - Ações de emergências e contingências - Resíduos Sólidos.....	347
Tabela 77 - Síntese do objetivo 1.....	351
Tabela 78 - Síntese do objetivo 2.....	354
Tabela 79 - Síntese do objetivo 3.....	357
Tabela 80 - Síntese do objetivo 4.....	360
Tabela 81 - Síntese do objetivo 5.....	363
Tabela 82 - Síntese do objetivo 6.....	366
Tabela 83 - Síntese do objetivo 7.....	369
Tabela 84 - Síntese do objetivo 8.....	371
Tabela 85 - Síntese do objetivo 9.....	374
Tabela 86 - Síntese do sistema tarifário.....	377
Tabela 87 - Totais dos valores estimados.	379
Tabela 88 - Ações para emergências e contingências referentes a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes.	412
Tabela 89 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.	412
Tabela 90 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas.....	413
Tabela 91 - Tabela Síntese do Objetivo 1.....	416
Tabela 92 - Tabela Síntese do Objetivo 2.....	418
Tabela 93 - Tabela Síntese do Objetivo 3.....	422
Tabela 94 - Tabela Síntese do Objetivo 4.....	426
Tabela 95 - Tabela Síntese do Objetivo 5.....	429
Tabela 96 - Tabela Síntese dos Investimentos Necessários para o Setor 4.	431
Tabela 97 - Análise Global.....	441



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Chuva mensal média anual.	32
Gráfico 2 - Produto Interno Bruto - PIB.....	58
Gráfico 3 – Evolução da população total no Município de Piraúba.	61
Gráfico 4 – Taxa de crescimento urbano.....	62
Gráfico 5 – Ajustamento de curvas de projeção populacional pelo método polinomial...	64



APRESENTAÇÃO

Este documento corresponde à elaboração da etapa de Relatório Final do Plano de Saneamento Básico de Piraúba– MG, referente ao contrato nº 016/2023.

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

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



INTRODUÇÃO

A necessidade da melhoria da qualidade de vida aliada às condições, nem sempre satisfatórias, de saúde ambiental e a importância de diversos recursos naturais para a manutenção da vida, resultam na necessidade de adotar uma política de saneamento básico adequada, considerando os princípios da universalidade, equidade, desenvolvimento sustentável, entre outros.

A falta de planejamento municipal e a ausência de uma análise integrada conciliando aspectos sociais, econômicos e ambientais resultam em ações fragmentadas e nem sempre eficientes que conduzem para um desenvolvimento desequilibrado e com desperdício de recursos.

A falta de saneamento ou adoção de soluções ineficientes trazem danos ao meio ambiente, como a poluição hídrica e a poluição do solo que, por consequência, influencia diretamente na saúde pública. Em contraposição, ações adequadas na área de saneamento reduzem significativamente os gastos com serviços de saúde.

Acompanhando a preocupação das diferentes escalas de governo com questões relacionadas ao saneamento, a Lei nº 11.445 de 2007 estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento, Lei 14.026 de 2020.

Entendendo saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, a Lei condiciona a prestação dos serviços públicos destas áreas à existência do Plano de Saneamento Básico, o qual deve ser revisto em um prazo máximo de dez anos.

Diante das preocupações atuais apresentadas e das exigências legais referentes ao setor, este documento refere-se ao Relatório Final do Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB de Piraúba, atendendo aos requisitos do município para sua elaboração.

1. MOBILIZAÇÃO SOCIAL

De acordo com o Termo de Referência para Elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB, da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA 2018, a estratégia de mobilização, participação social e comunicação deverá ser adotada dentro do processo de desenvolvimento do PMSB.

Pois, o envolvimento social através de procedimentos participativos são fatores determinantes para fazer do PMSB um instrumento efetivo de transformação da realidade local. Sendo assim, de acordo ainda com a FUNASA 2018, a estratégia de mobilização, participação social e comunicação ocorre na fase inicial do processo, quando são planejados os procedimentos e as atividades a serem adotadas ao longo de todo o período de elaboração do PMSB.

Ressalta-se, que os Comitês de Coordenação do município, junto à empresa Líder Engenharia e Gestão de Cidades, são os responsáveis diretos pela elaboração e implementação da estratégia de mobilização, participação social e comunicação, podendo ser denominada de Estratégia Participativa. Ressalta-se também, que a convocação para a participação da população no processo de elaboração do PMSB deve ser o mais amplo possível, alcançando todos os cidadãos comuns. No escopo desse trabalho foi realizada uma reunião com o comitê de coordenação do Município na sede da administração municipal de Piraúba – MG no dia 13/11/2023 pela parte da tarde.

Figura 1 - Reunião ocorrida no dia 13/11/2023.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Deve-se incluir também os segmentos organizados da população, como, as comunidades das áreas rurais, tradicionais, indígenas, quilombolas, setor empresarial, movimentos sociais, Setor Público e o Poder Judiciário. Neste sentido, a representação e a participação de todos os segmentos atuando como agentes municipais são fundamentais, sobretudo na etapa do diagnóstico, apresentando para o PMSB as reais necessidades do município, para posteriormente, construir melhores condições de qualidade de vida para as pessoas.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

A caracterização geral compreende um painel resumo sobre a área de estudo, com um breve histórico do Município de Piraúba, a localização, suas principais vias de acesso, os aspectos ambientais regionais, a situação socioeconômica em que são apresentados os aspectos demográficos e o índice de desenvolvimento humano municipal, os aspectos econômicos e a projeção populacional.

2.1. Aspectos Regionais, Localização e Acesso

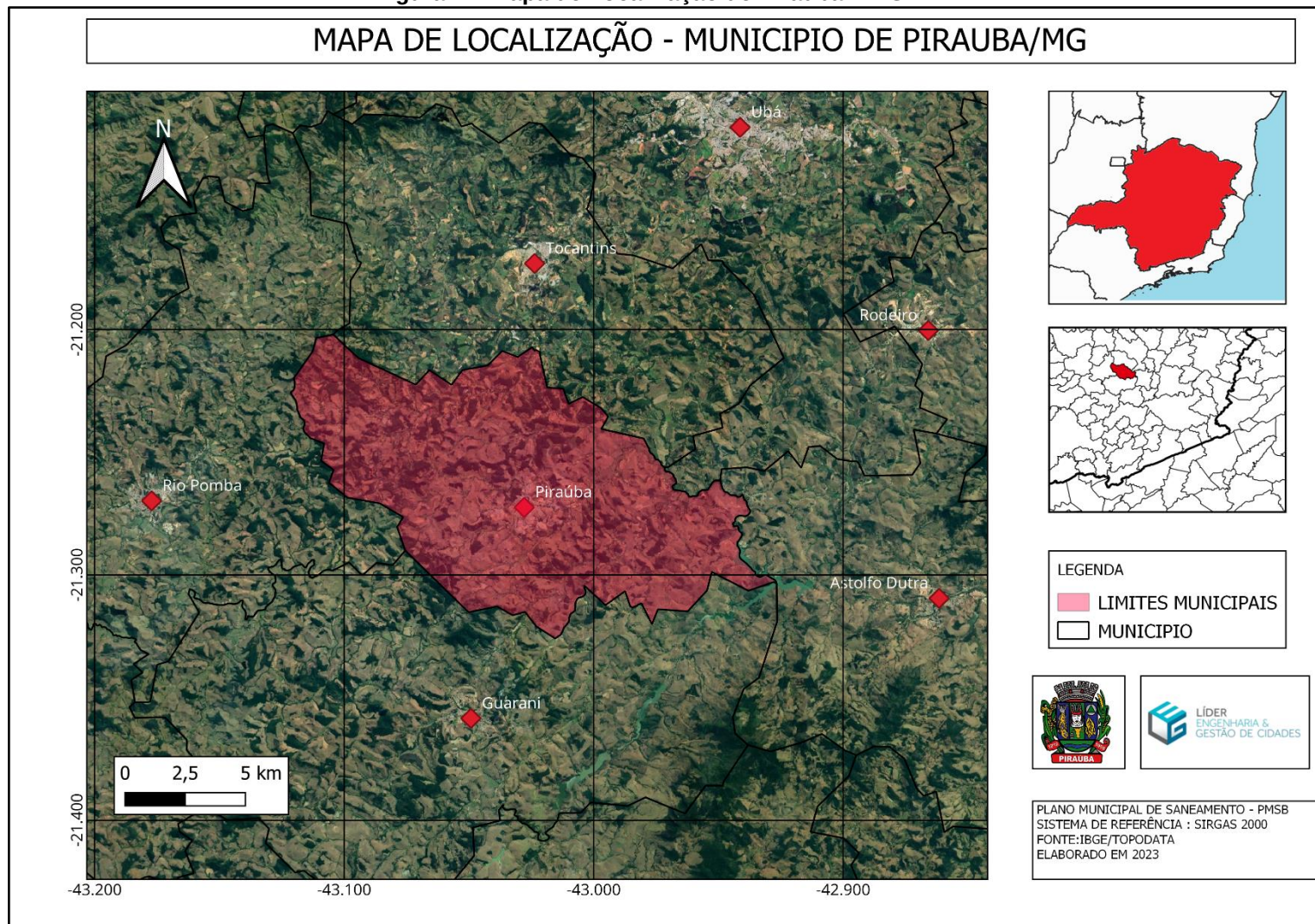
O Município de Piraúba é uma cidade do Estado de Minas Gerais situado a 346 metros de altitude acima do nível do mar, nas coordenadas geográficas de latitude 21°16' 18.78" S a Sul e longitude 43° 1'31.34 "O a Oeste de Greenwich. O Estado de Minas Gerais abrange o fuso horário de três negativo em relação ao horário GMT de Londres, estando dentro do horário de Brasília.

A área territorial de Piraúba é de aproximadamente 144,28 km², e de acordo com o IBGE o município conta com um total de 10.862 habitantes. Sendo a sua densidade demográfica com um total de 75,28 habitantes por km² (IBGE/2010). Seus habitantes possuem o gentílico de piraubanos e o município destaca-se dentro do Estado de Minas Gerais por estar inserido na Microrregião de Ubá. A Microrregião de Ubá é um atrativo turístico não apenas para o Estado de Minas Gerais, mas, para todo o Brasil. As cidades que compõe a microrregião de Ubá são: Ubá, Visconde Do Rio Branco, Rio Pomba, Tocantins, Astolfo Dutra, São Geraldo, Piraúba, Mercês, Guarani, Guiricema, Rodeiro, Senador Firmino, Guidoal, Dolores Do Turvo, Tabuleiro, Divinésia e Silveirânia.



O município de Piraúba, situa-se a 262 km da capital Belo Horizonte. O principal acesso ao município ocorre pela BR-265 e a via MG-124 ou a BR-265 que dá acesso à cidade. Sendo assim, a figura abaixo mostra a localização e o limite territorial do Município de Piraúba.

Figura 2 – Mapa de Localização de Piraúba – MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.1. Histórico

Piraúba, na língua indígena, significa "peixe dourado", e a influência desta língua se faz presente nos nomes de suas ruas: Rua Opemá, Rua Tanguetá, Rua Guarupembé, Rua Tanguanhanha, Rua Arambaba, Rua Ibipu, e Praça Guarurama.

Os primeiros habitantes da região foram os Coropós e Coroatos, cujos aldeamentos eram às margens dos rios que cortam a região. Sendo índios já meio catequizados, não hostilizaram os primeiros desbravadores que por lá apareceram. Na região doada pelo português João Antônio de Lemos, proprietário da Fazenda Bom Jardim, em 1854, ergue-se hoje a cidade de Piraúba, de início chamada Bom Jardim.

O início da colonização de origem europeia da região do atual município de Piraúba foi consequência da ocupação por comerciantes e militares portugueses sudeste do estado de Minas Gerais em meados do século XIX, a região onde hoje está o município já se encontrava totalmente povoada por volta do ano de 1866 onde foi estabelecida a vila de São Sebastião hoje a cidade de Piraúba.

Por volta de 1890 Piraúba se tornou um distrito de Rio Pomba. Muitos eram os que demarcavam uma extensão de terras devolutas e se fixavam, cuidando mais tarde da legalização da posse, vale destacar que nessa época foi feita estrada de Ferro Leopoldina que trouxe muito desenvolvimento a região. No ano de 1886, inaugurava-se a Estrada de Ferro Leopoldina que por aqui passava. O impulso foi grande. Surgiram as primeiras casas construídas de acordo com o traçado do engenheiro Dr. Nominato de Souza Lima.

Em 12 de dezembro de 1953 o município de Piraúba se emancipou do município de Rio Pomba.

2.2. Aspectos Ambientais

2.2.1. Clima

A classificação climática é uma tentativa de reunir o maior número de elementos possíveis que possam caracterizar os diferentes climas existentes em grupos distantes como, por exemplo: temperatura, precipitação, radiação e vento. É feita a partir de zonas, como as zonas polares, temperadas, tropical, subtropical e equatorial.

O sistema de classificação climática mais utilizada na climatologia, ecologia e geografia é o de Köppen–Geiger, que é uma classificação genérica lançado pela primeira vez no ano de 1900, e Köppen relacionava o clima com a vegetação, a partir de critérios numéricos que definiriam os tipos climáticos, porém, em algumas ocasiões esta classificação não apresenta parâmetros para distinguir quanto às regiões e biomas distintos.

Segundo Ayoade (1996), este primeiro modelo baseava-se nas zonas de vegetação do mapa feito por Alphonse de Candolle. O modelo foi revisado em 1918, dando maior atenção à temperatura, à precipitação pluvial e às suas características sazonais. Estabeleceu-se assim cinco tipos climáticos principais designados pelas letras maiúsculas:

- A - Climas tropicais chuvosos;
- B - Climas secos;
- C - Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes;
- D - Climas frios com neve-floresta;
- E - Climas polares.

Sendo:

- A - o mês mais frio tem temperatura média superior a 18°C. A precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração anual, prejudicando a sobrevivência de algumas plantas tropicais;
- B - a evapotranspiração média anual é maior do que a precipitação anual;
- C - a temperatura média varia entre -3°C e 18°C no mês mais frio;

D - com temperatura média abaixo de -3°C o mês mais frio e temperatura média maior do que 10°C para o mês mais quente;

E - temperatura média menor do que 10°C para o mês mais moderadamente quente.

Seguido desta classificação, adicionou-se um grupo de climas de terras-altas, que ficou representado pela letra H. Esta classificação ainda passou a ter duas subdivisões. A primeira realizada pela distribuição sazonal de precipitação, como podemos visualizar abaixo:

f – úmido o ano todo (A, C, D);

m - de monção, breve estação seca com chuvas intensas durante o resto do ano (A);

w – chuva de verão (A, C, D);

S - estação seca de verão (B);

W - estação seca de inverno (B);

Após esse entendimento sobre a classificação climática de Köppen-Geiger, é possível classificar o clima predominante do Município de Piraúba. Sabe-se que o clima de uma região é determinante para as atividades econômicas nela desenvolvidas, bem como, o tipo de vegetação predominante e o tipo de solo.

Desta forma, primeiramente, será demonstrado abaixo a classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Minas Gerais. Sendo que, o Estado apresenta sensível variedade de climas e está dividido conforme as quatro seguintes classificações:

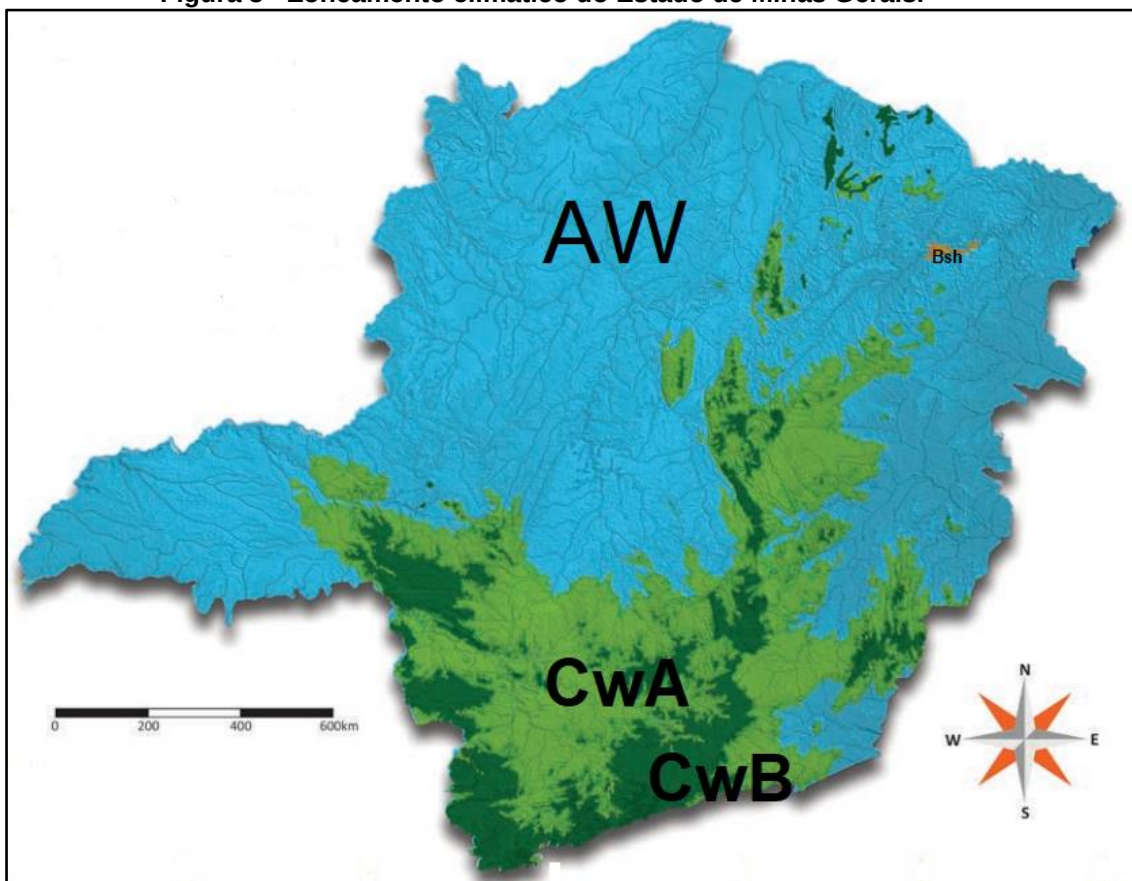
- **Aw – Clima tropical de savana:** apresenta estação chuvosa no verão com média anual de 1.500mm, e estação seca no inverno com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C , e precipitação do mês mais seco menor que 60mm;
- **Bsh – Clima Semi-Árido quente:** De acordo com a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1988), esta

classificação de Köppen-Geiger é caracterizada por escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição, com baixa nebulosidade, forte insolação, altos índices de evaporação com temperaturas médias em torno de 27°C. De acordo ainda com a EMBRAPA (1988), esta classificação possui umidade relativa do ar baixa, ocorrência de chuvas entre 250 mm a 750 mm por ano, concentrando-se em um período curto de tempo, causando enchentes torrenciais. Além disto, durante a época das chuvas entre os meses de novembro a abril, a sua distribuição é irregular deixando de ocorrer durante alguns anos e provocando secas. A EMBRAPA (1988), afirma também que a vegetação típica desse tipo de clima é a Caatinga e a região brasileira onde está classificação ocorre é o interior da Região Nordeste;

- **CwA - Clima subtropical de inverno seco:** com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C;
- **CwB - Clima subtropical de altitude:** com inverno seco e verão ameno e temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C.

A figura abaixo mostra o Estado de Minas Gerais segundo a classificação de Köppen-Geiger.

Figura 3 - Zoneamento climático do Estado de Minas Gerais.



Fonte: Companhia Energética de Minas Gerais S.A - CEMIG, 2016. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

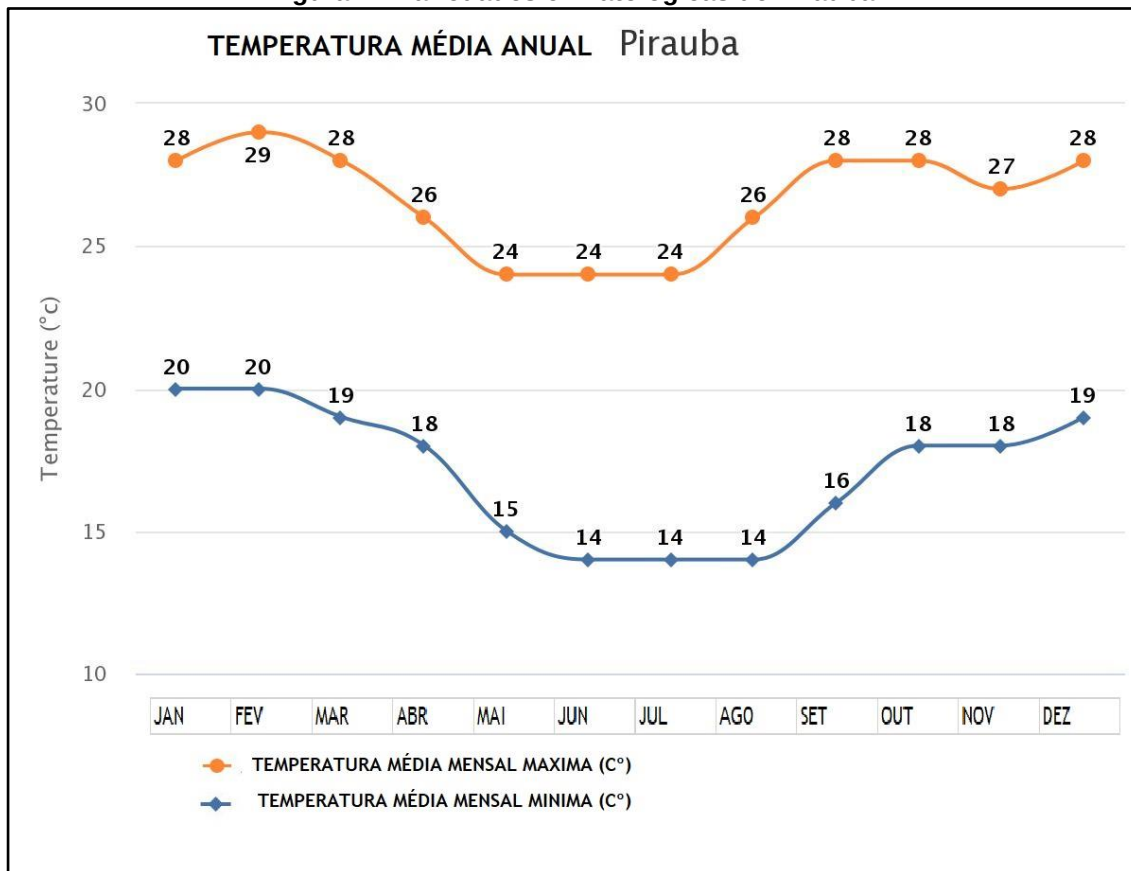
Especificamente para o Município de Piraúba, localizado a uma altitude de 346 metros e pluviosidade média anual de 1200mm, dentro da classificação de Köppen-Geiger, a região se encontra na divisão Cwb - Clima tropical de altitude.

Entretanto, além da classificação de Köppen-Geiger, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, utiliza outra classificação para caracterizar o clima do Brasil. Em Piraúba, a estação com precipitação é úmida e de céu quase encoberto e a estação seca é de céu quase sem nuvens. Durante o ano inteiro, o clima é morno. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 7 °C a 24 °C .

A altitude exerce um papel muito importante na ocorrência deste clima, exemplo disto são as superfícies mais elevadas do sul e sudeste de Minas Gerais. Caracterizando o local como um clima com predomínio de temperaturas amenas durante todo o ano.

Sendo assim, abaixo mostra o quadro climático do Município de Piraúba, segundo o *Climate Date*.

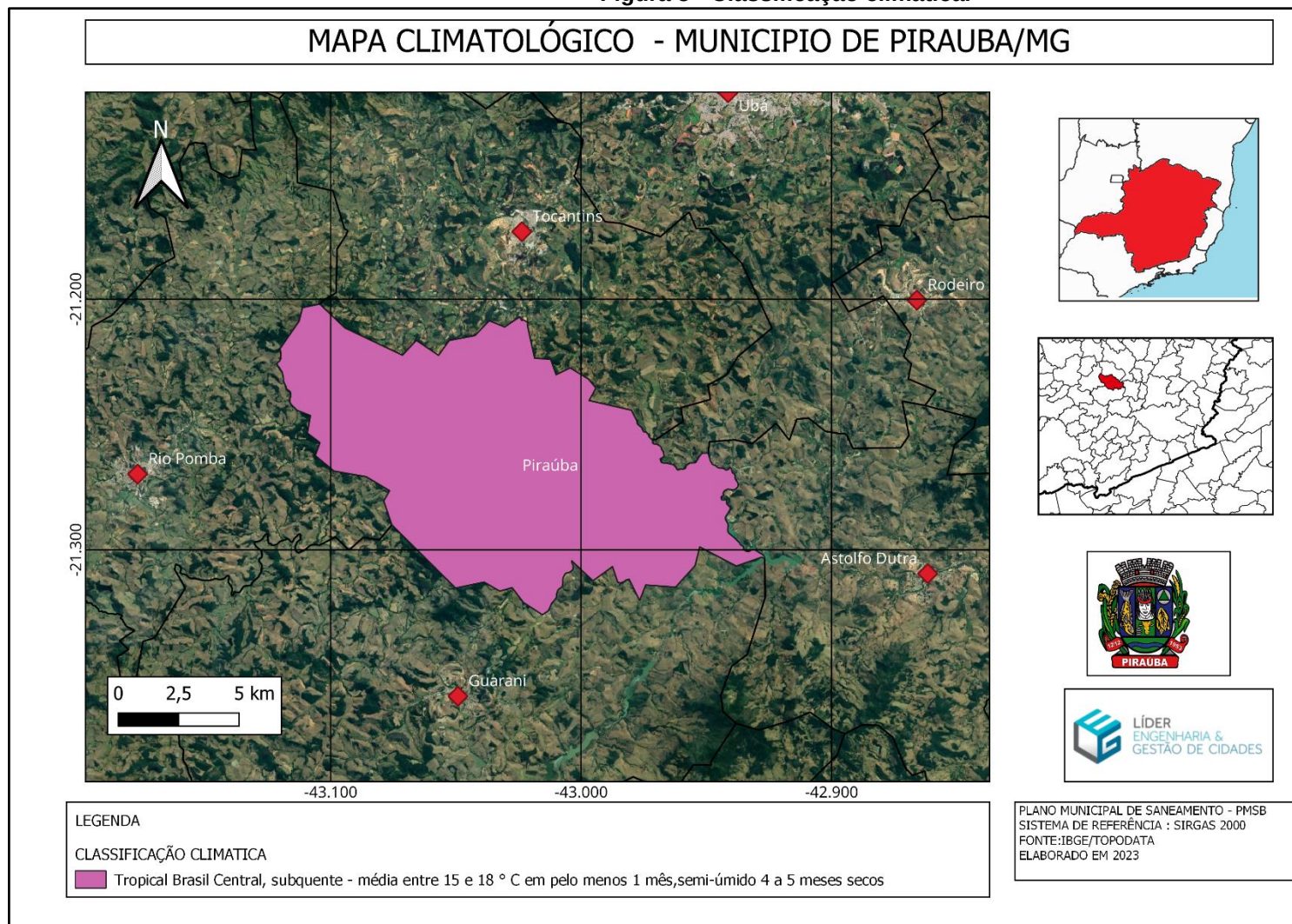
Figura 4 - Variedades climatológicas de Piraúba.



Fonte: <https://www.worldweatheronline.com>, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra a classificação climática de Piraúba, de acordo com a classificação do IBGE (1989).

Figura 5 - Classificação climática.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.1.1. Temperatura

No Estado de Minas Gerais a temperatura é fortemente influenciada por uma geografia peculiar, com diferentes conjuntos topográficos como as serras da Mantiqueira, da Canastra e do Espinhaço, além, de o fato de não ter proximidade com o oceano. Estas características influenciam diretamente na temperatura regional, pois, a distância com o oceano contribui para uma maior amplitude do ciclo diurno da temperatura do ar.

As regiões topográficas do estado possuem altitudes que variam entre 76 a 2892 metros aproximadamente, que favorecem o desenvolvimento de circulações de mesoescala ou brisa de vale e montanha, que influenciam a direção e a intensidade do vento. Somado a isto, áreas com maior elevação possuem temperaturas mais baixas que aquelas mais próximas ao nível médio do mar.

Sendo assim, a temperatura média da máxima anual no estado é de 30°C a 32°C ou mais. Porém, nas citadas superfícies elevadas o resfriamento adiabático não permite máximas importantes, o que reduz a média das máximas diárias a valores inferiores a 29°C, descendo abaixo de 26°C nos locais mais elevados da serra do Espinhaço e da Mantiqueira.

Em se tratando de temperatura média da mínima anual, no norte do Estado de Minas Gerais estas médias são superiores a 14°C. Enquanto que nas superfícies elevadas do centro sul do estado as mínimas médias são entorno de 10°C anual e, a média da mínima no interior do estado, mais precisamente no triângulo mineiro variam entre 12°C a 10°C anual.

2.2.1.2. Precipitação

A precipitação é um fenômeno que inclui a chuva, a neve, a neblina, o granizo, o orvalho ou outros fenômenos relacionados à queda de água no céu. A unidade de medida utilizada para calcular a quantidade ocorrida de precipitação em um determinado local é o mm/m².

Na região leste e centro - norte do Estado de Minas Gerais a precipitação média é menos de 1.500mm de chuva durante o ano. No vale do rio São Francisco e médio vale do rio Jequitinhonha a média da precipitação anual é de

1.000mm. Sendo este, o mais baixo índice de precipitação anual da região Sudeste.

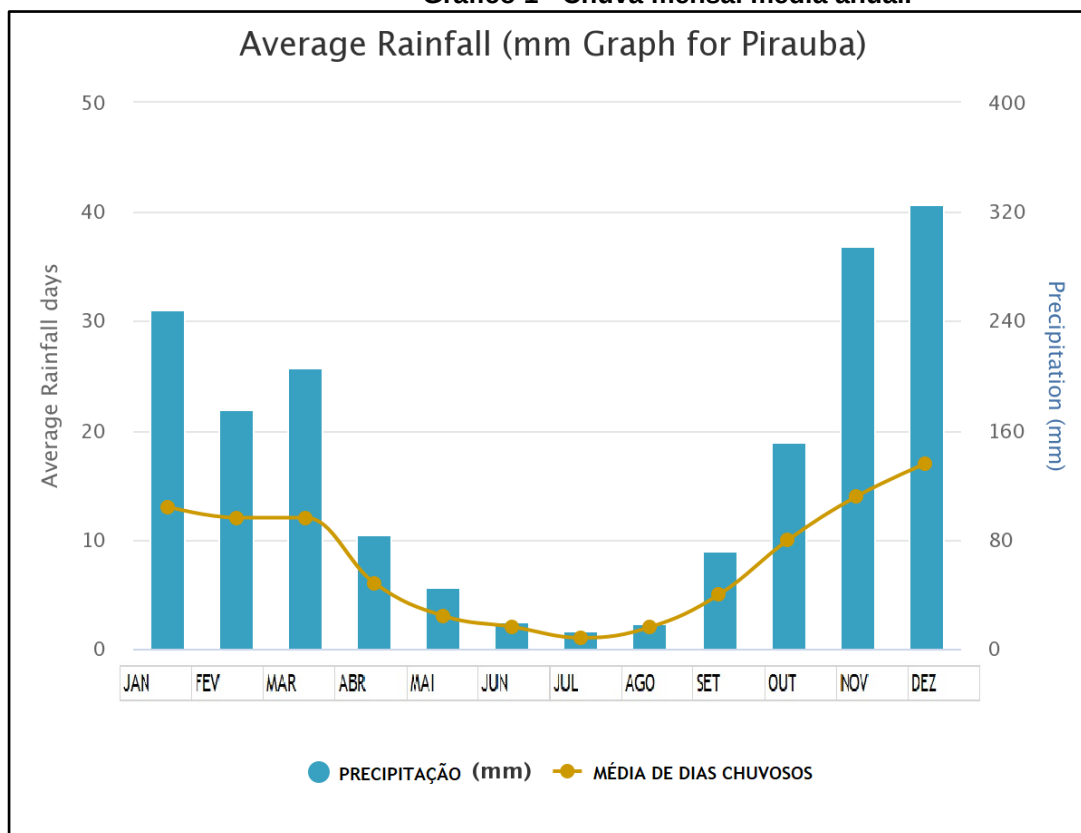
Enquanto que a precipitação média anual na divisa dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro ultrapassam os 1850mm de chuva. Sendo o Município de Bocaina de Minas o município mineiro com a maior precipitação anual, totalizando a média de 2077mm. Desta forma, a precipitação média no Estado de Minas Gerais é de 2100mm, de acordo com a EMBRAPA, 2010.

No Município de Piraúba, a precipitação média anual é de 1300mm. A estação de maior precipitação dura 5,4 meses, de 20 de outubro a 2 de abril, com probabilidade acima de 41% de que um determinado dia tenha precipitação. O mês com maior número de dias com precipitação em Piraúba é dezembro.

A estação seca dura 6,5 meses, de 2 de abril a 20 de outubro. O mês com menor número de dias com precipitação em Piraúba é julho, com média de 2,1 dias com pelo menos 1 milímetro de precipitação.

Desta forma, o gráfico e a tabela abaixo mostram o índice de chuva média anual para o Município de Piraúba.

Gráfico 1 - Chuva mensal média anual.



Fonte: <https://www.worldweatheronline.com>, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.2. Levantamento da Rede Hidrográfica do Município

A rede hidrográfica do município é definida como bacia hidrográfica, sendo a bacia hidrográfica o conjunto de terras banhadas por um rio e seus afluentes, de forma que toda vazão seja descarregada através de um curso principal, limitada perifericamente por uma unidade topográfica mais elevada, denominada divisor de águas.

Sendo assim, o Município de Piraúba está inserido na Bacia Hidrográfica do Alto do Rio Paraíba do Sul – PSR – 010, com uma área total de 55.500 Km². O Comitê da respectiva Bacia foi criado através do Decreto Federal nº 1842/1996 – o qual Instituí o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP.

A bacia do rio Paraíba do Sul possui área de drenagem com cerca de 55.500 km², compreendida entre os paralelos 20°26' e 23°00' e os meridianos 41° 00'e 46° 30' oeste de Greenwich. A bacia estende-se pelos estados de São Paulo (13.900 km²), do Rio de Janeiro (20.900 km²) e Minas Gerais (20.700 km²) conforme mostra o mapa político-administrativo da bacia apresentado na figura 10.

É limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. A Nordeste, a bacia do rio Itabapoana estabelece o limite da bacia. Ao Sul, o limite é formado pela Serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da Serra do Mar. A Oeste, pela bacia do rio Tietê, da qual é separada por meio de diversas ramificações dos maciços da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira. O rio Paraíba do Sul é formado pela união dos rios Paraibuna e Paraitinga, e o seu comprimento, calculado a partir da nascente do Paraitinga, é de mais de 1.100 km.

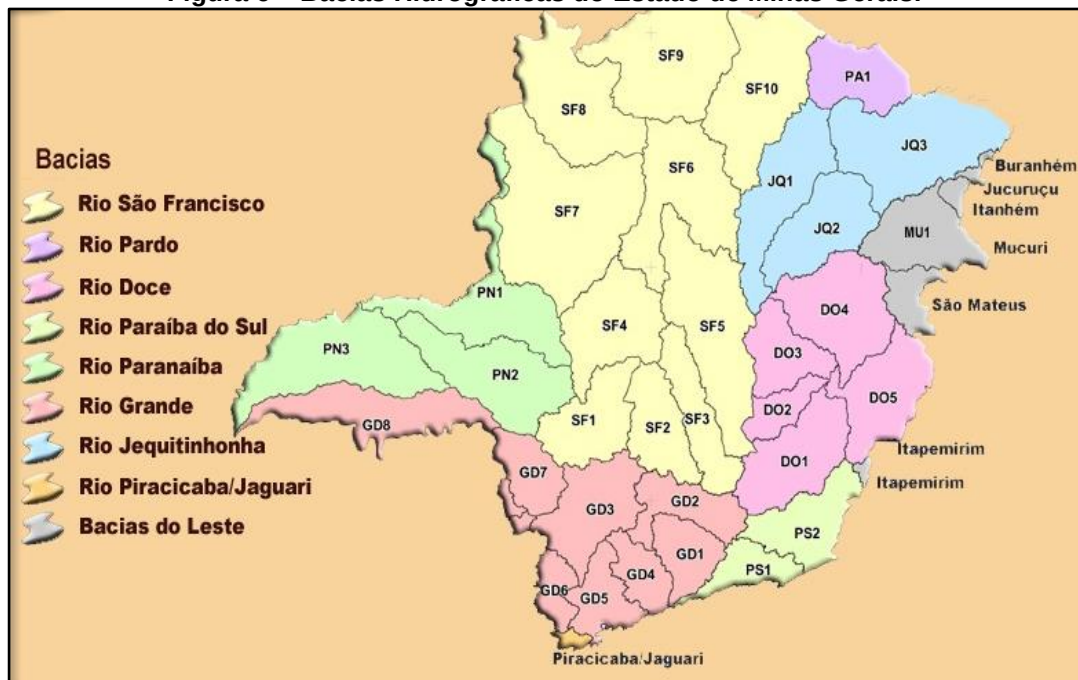
Entretanto, em Piraúba os rios que cortam o município é o Ribeirão Piraúba, Córrego Maçaranduba ou Vermelho, e de acordo com o CBH do Alto Paraíba do Sul os usos das águas da bacia pelos municípios são:

- abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional;
- abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção;
- preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

- recreação de contato primário;
- aquicultura e pesca;
- dessedentação de animais.

As figuras abaixo mostram as Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais e a hidrografia do Município de Piraúba.

Figura 6 – Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais.



Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 7 - Unidades de Planejamento e Gestão – PSR 010.

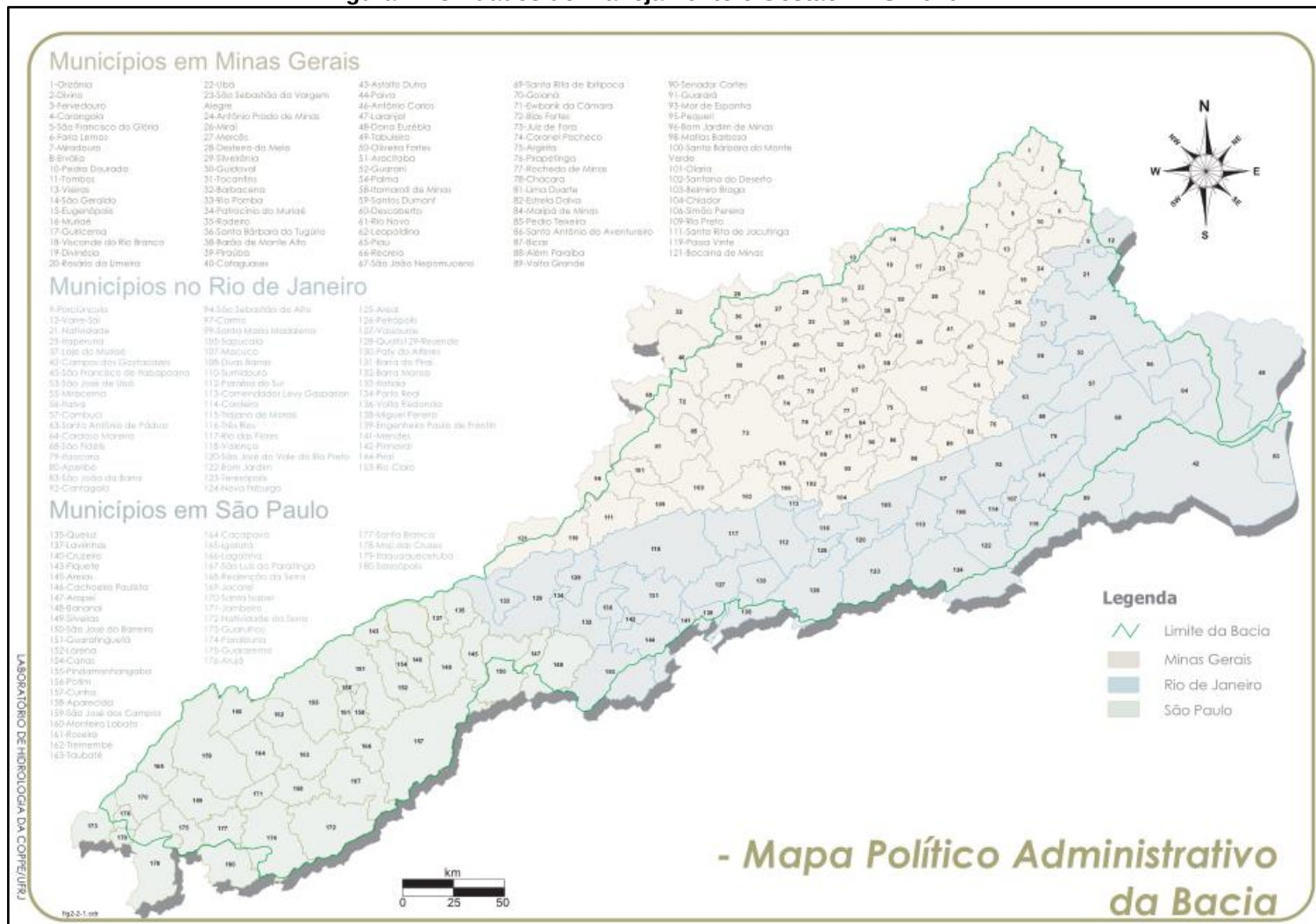
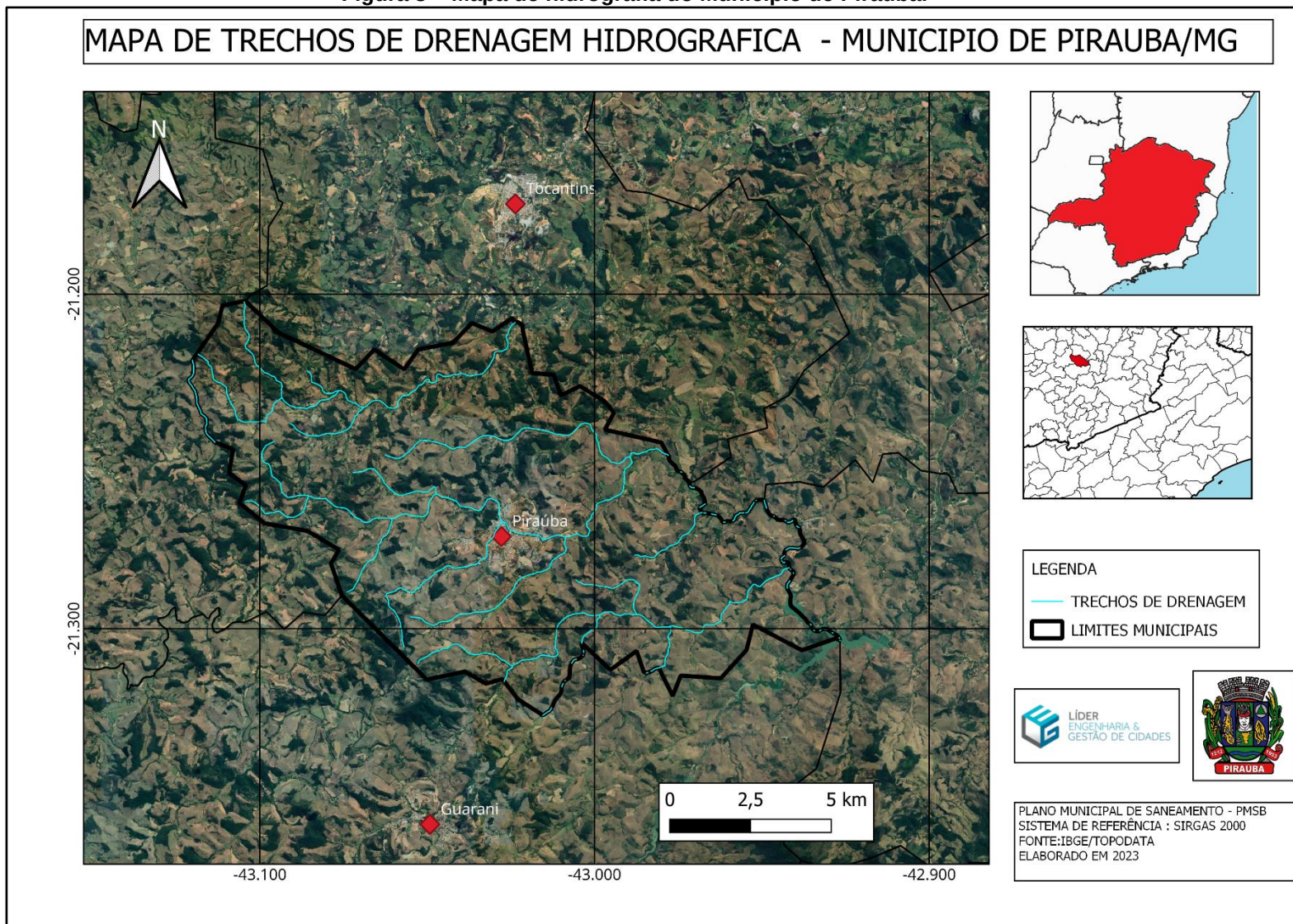


Figura 8 – Mapa de hidrografia do Município de Pirauá.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

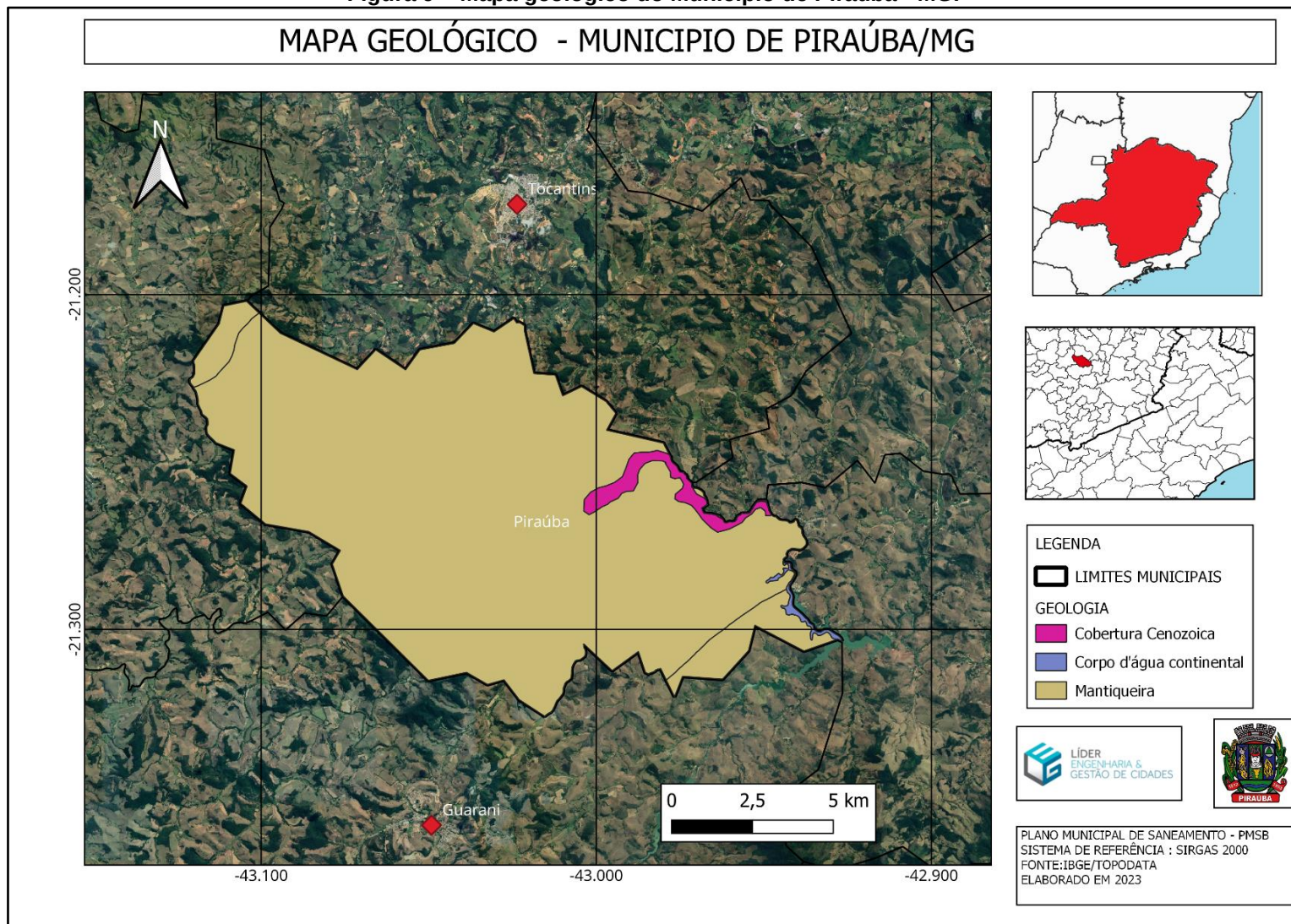


2.2.3. Geologia

Para o Município de Piraúba foi realizado o levantamento geológico na base de dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e do Banco de Dados e Informações Ambientais - BDIA, e analisadas as unidades geológicas que estão presentes no território do município.

Dessa forma, identificou-se que a maior parte do local, cerca de 97,67%, pertence ao tempo cronológico Mantiqueira, seguido de Cobertura Cenozoica Indiscriminada, representando 1,98% do território de Piraúba. Os demais tempos geológicos ocupam baixos percentuais no município. Na figura a seguir tem-se tais posicionamentos geográficos.

Figura 9 – Mapa geológico do Município de Piraúba - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.4. Geomorfologia

O relevo é o conjunto de saliências e reentrâncias que compõem a superfície terrestre. É um componente da litosfera relacionado com o conjunto rochoso subjacente e com os solos que o recobre.

No Brasil existem três unidades geomorfológicas principais, que são os Planaltos, as Planícies e as Depressões. No Estado de Minas Gerais a evolução geomorfológica do território foi definida predominantemente por processos de aplainamento e de dissecação fluvial.

Os processos de aplainamento, característicos de clima com regimes torrenciais, essencialmente do tipo pedimentação, atuaram sobretudo no Terciário e no Pleistoceno, embora mais restritamente ainda continuem atuantes em trechos do norte, nordeste e noroeste do estado.

Resumidamente, pode-se dizer que o relevo do Estado de Minas Gerais é caracterizado por planaltos, depressões e áreas dissecadas resultante de uma alternância de atuação de processos morfoclimáticos, favoráveis a elaboração de extensos plainos ou superfícies de aplainamento, e ao entalhamento linear que é o aprofundamento dos cursos d'água.

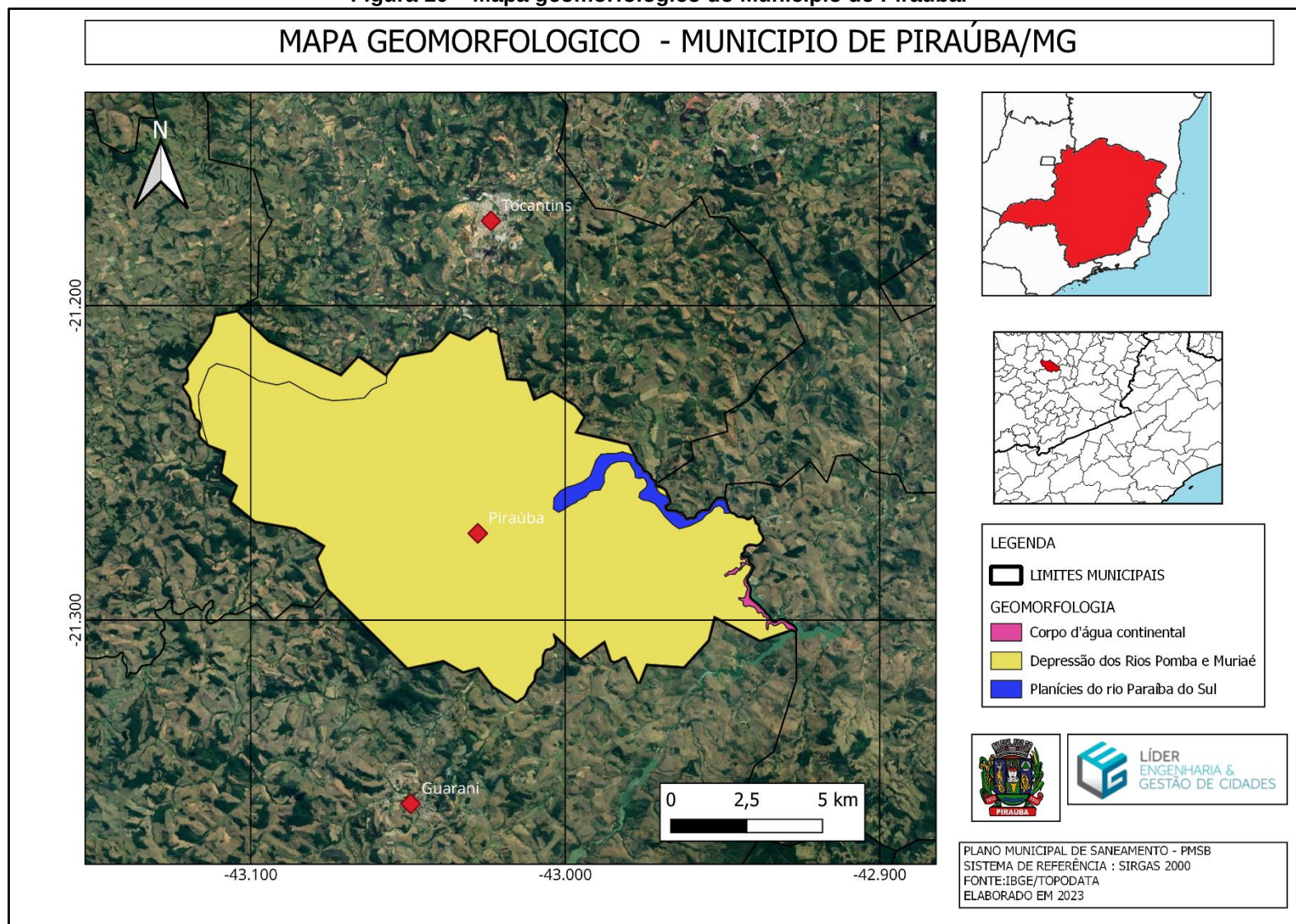
Conclui-se assim, que algumas unidades geomorfológicas do estado possuem origem morfoclimática e outras são morfoestruturais. Desta forma, seguem abaixo as unidades geomorfológicas do Estado de Minas Gerais:

- Planalto do São Francisco;
- Depressão Sanfranciscana;
- Cristas de Unaí;
- Planalto Jequitinhonha – Rio Pardo;
- Depressão do Jequitinhonha;
- Serra do Espinhaço;
- Quadrilátero Ferrífero;
- Depressão do Rio Doce;
- Planaltos Dissecados do Centro Sul e do Leste de Minas;
- Zona Rebaixada do Mucuri;
- Depressão do Rio Paraíba do Sul;
- Serra da Mantiqueira;
- Planalto Dissecado do Sul de Minas;

- Serra da Canastra;
- Depressão do Rio Grande;
- Depressão do Paranaíba;
- Planalto da Bacia Sedimentar do Paraná;
- Depressão Periférica Paulista.

Contudo, a partir dos dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM e do Banco de Dados e Informações Ambientais - BDIA, foi possível analisar as unidades geomorfológicas que pertence o Município de Piraúba, sendo que, a grande maioria se caracteriza como a região da Depressão dos Rios Pomba e Muriaé, seguidos de Planícies do rio Paraíba do Sul. Sendo assim, a figura abaixo pode-se ver a geomorfologia completa do município.

Figura 10 – Mapa geomorfológico do Município de Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.2.5. Declividade

Quanto ao declive do Município de Piraúba, a tabela a seguir relaciona as classes de declividades com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.

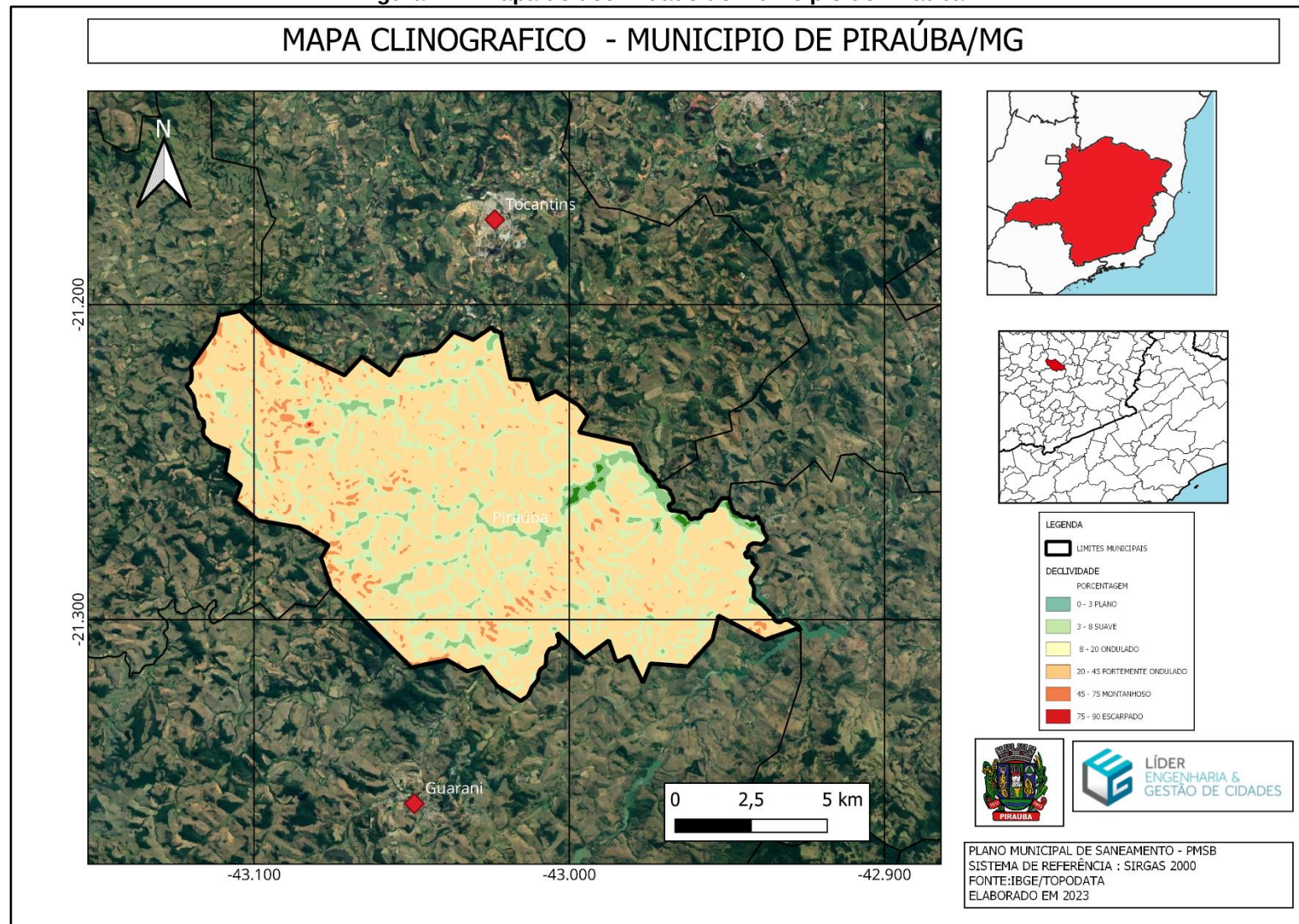
Tabela 1 - Classes de declividade com indicações gerais da adequabilidade e restrições para o planejamento.

Intervalos	Inclinações	Indicações para o planejamento
0 – 5%	2°51'	Áreas com muito baixa declividade. Restrições à ocupação por dificuldades no escoamento de águas superficiais e subterrâneas.
5 – 10%	2°51' – 5°42'	Áreas com baixa declividade. Dificuldades na instalação de infraestrutura subterrânea como redes de esgoto e canalizações pluviais.
10 – 20%	5°42' – 11°18'	Áreas com média declividade. Aptas à ocupação considerando-se as demais restrições como: espessura dos solos, profundidade do lençol freático, susceptibilidade a processos erosivos, adequabilidade a construções, etc.
20 – 30%	11°18' – 18°26'	Áreas com alta declividade. Restrições à ocupação sem critérios técnicos para arruamentos e implantação de infraestrutura em loteamentos
> 30%	> 18°26'	Áreas com muito alta declividade. Inaptas à ocupação face aos inúmeros problemas apresentados.

Fonte: Embrapa. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

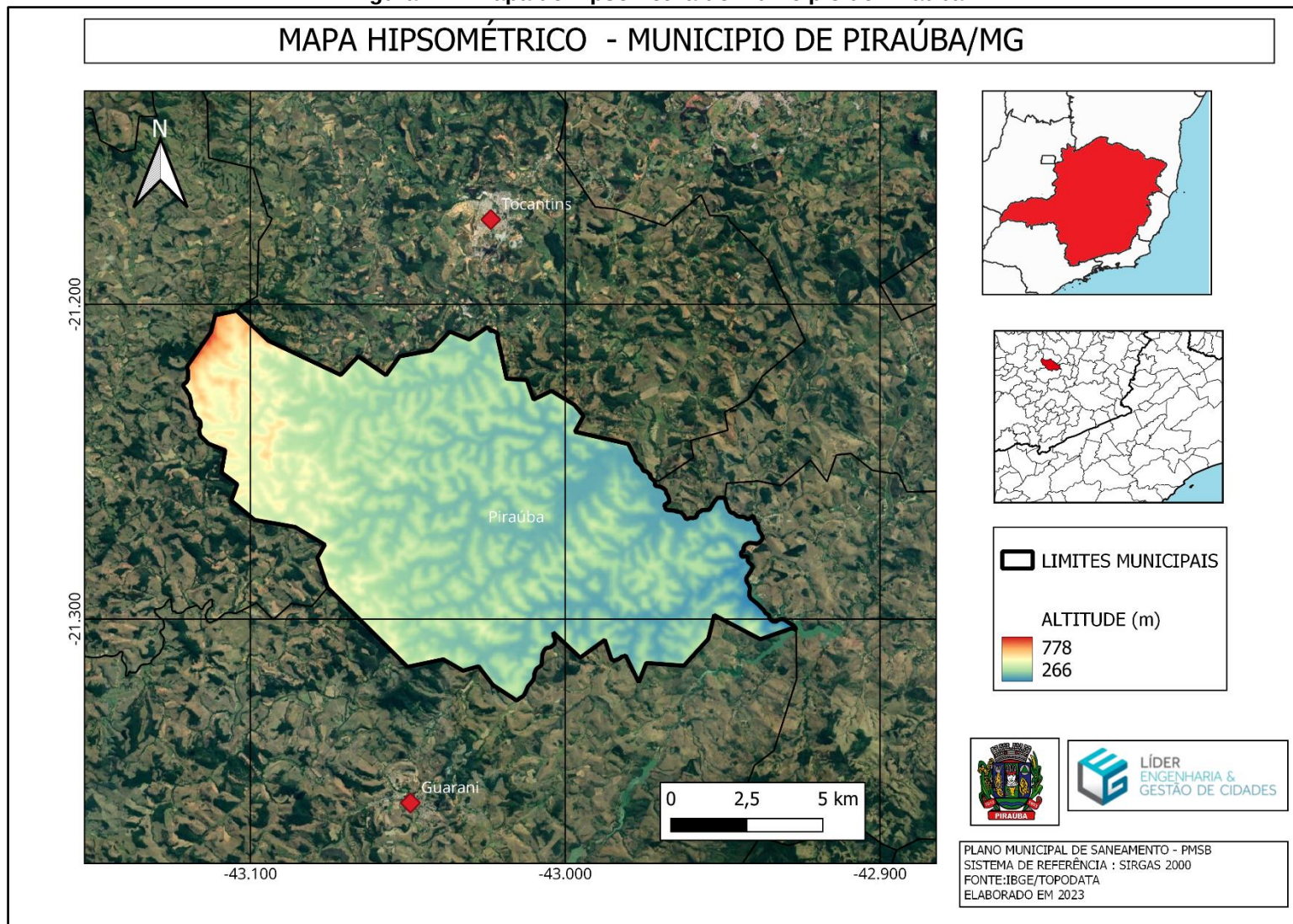
Analisando o quadro acima e as figuras abaixo contendo os mapas de declividade e hipsometria, verifica-se que Piraúba possui áreas de baixas declividades e ondulações e a maior parte da sua área municipal é classificada como ondulada, com características morfológicas regulares com pouca profundidade e textura grosseira. Sendo assim, as figuras abaixo mostram os níveis de declividade e altitude encontradas no município.

Figura 11 – Mapa de declividade do Município de Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 12 – Mapa de hipsometria do Município de Piráúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

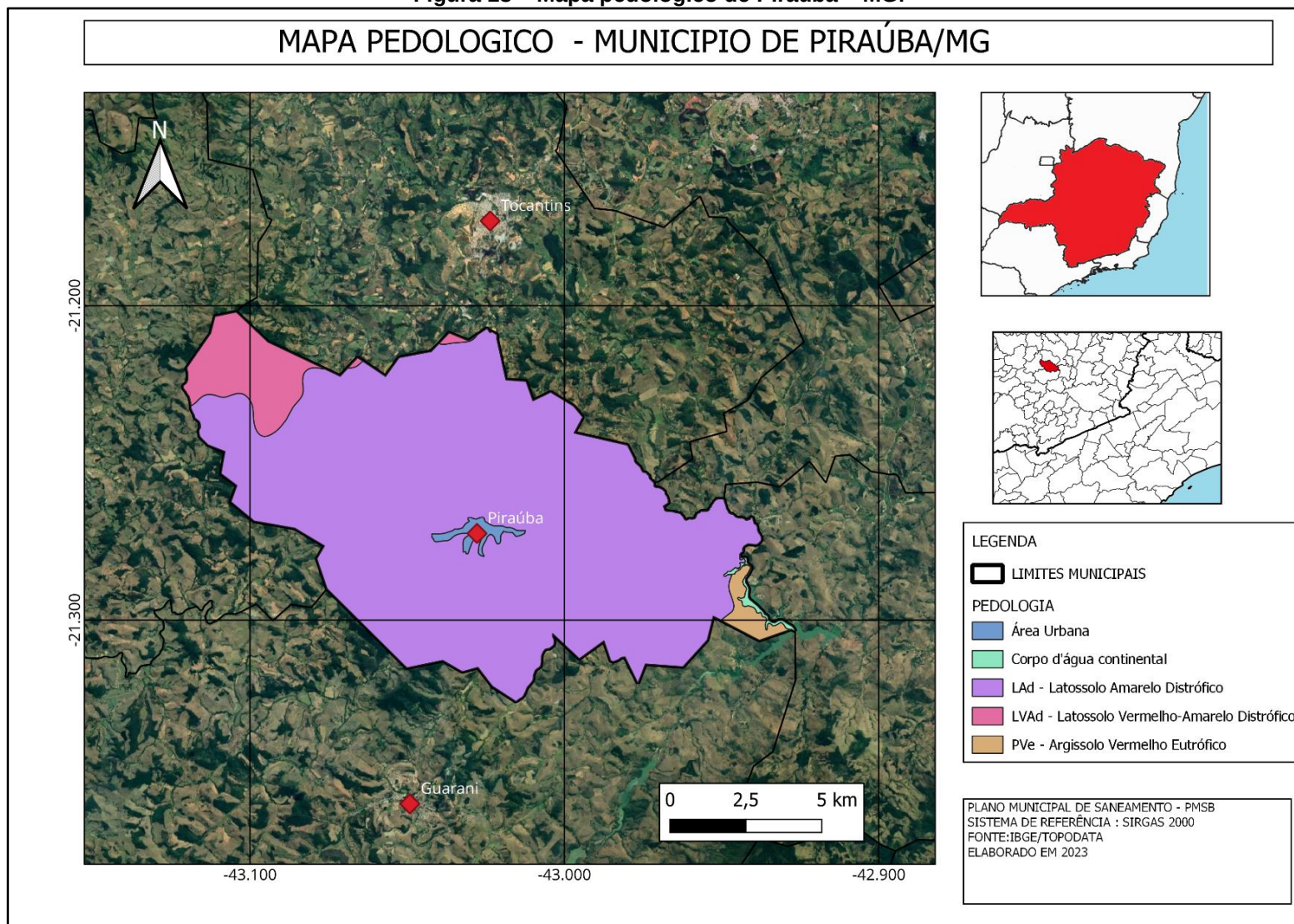
2.2.6. Solo

No Município de Piraúba, de acordo com os dados obtidos com o Serviço Geológico do Brasil – CPRM e do Banco de Dados e Informações Ambientais – BdiA, há apenas a predominância do solo do tipo Latossolo Amarelo.

São solos bastante uniformes em termos de cor, textura e estrutura; são profundos e muito profundos, bem drenados, com predominância de textura argilosa e muito argilosa. Nos tabuleiros, predominam em relevo plano e suave ondulado, mas nas áreas do cristalino são encontrados em relevo desde ondulado a montanhoso. (Embrapa, 1999).

Distribuição na paisagem: na faixa sedimentar costeira os Latossolos Amarelos estão situados nos terços superiores e superfícies aplanadas dos Tabuleiros Costeiros. Na região que antecede a Borborema, sob influência de rochas cristalinas, geralmente ocorrem nas encostas acidentadas e nos topos dos morros ou elevações. Em função da escala de trabalho estes solos foram mapeados e cartografados principalmente em associação com outros solos, tendo pouca ocorrência como unidade de mapeamento isolada. Sendo assim, a figura abaixo mostra o mapa do Município de Piraúba com o principal tipo de solo existente na região.

Figura 13 – Mapa pedológico de Piraúba – MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

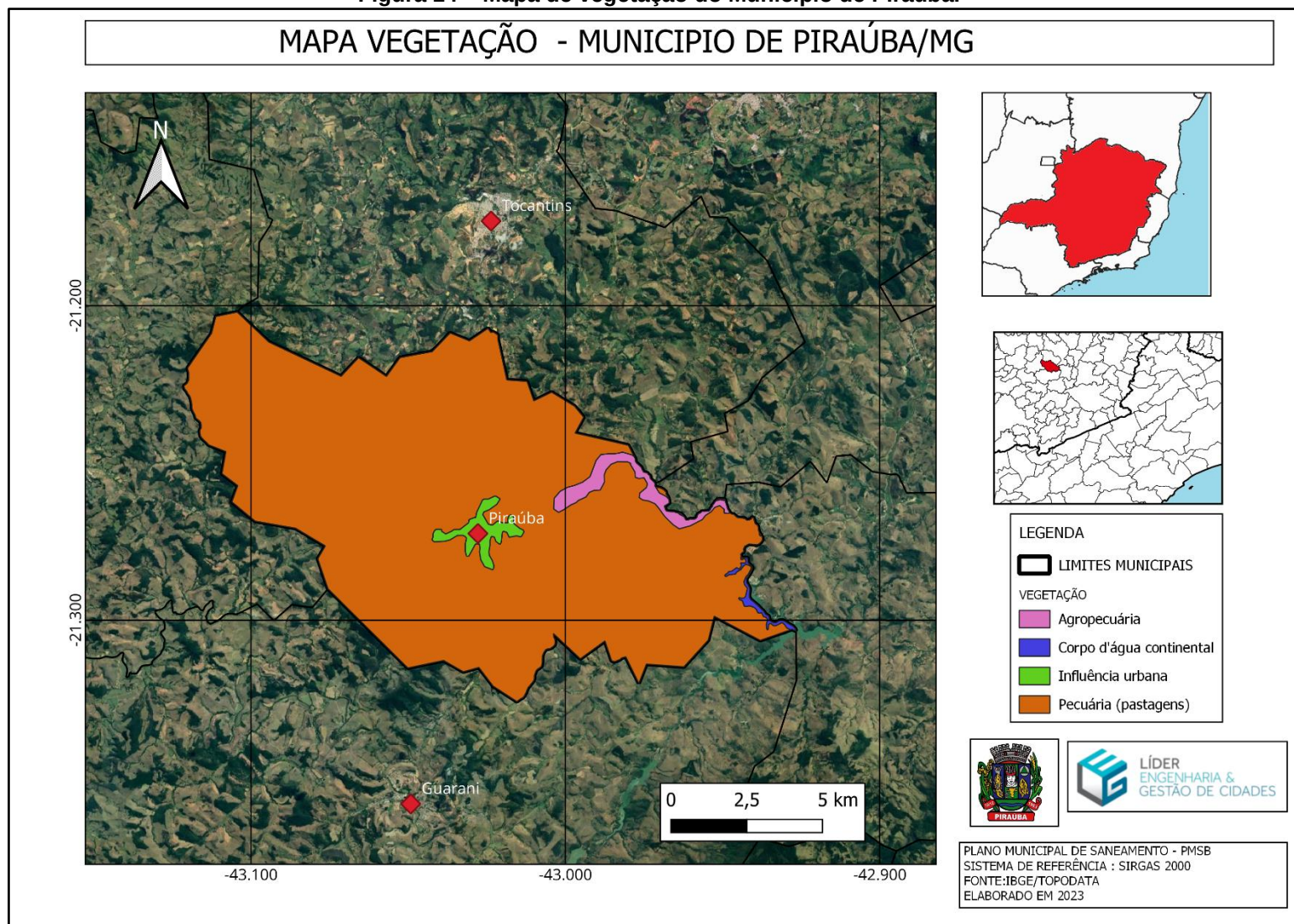
2.2.7. Vegetação

O Estado de Minas Gerais é um dos estados brasileiros com o maior número de formações e variedades vegetais do país. A sua extensão territorial, associada a diversidade geológica, topográfica e climática explicam esta variedade de formações vegetais no estado.

Em Piraúba, através de informações obtidas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM e do Banco de Dados e Informações Ambientais – BdiA, constatou-se presença de vegetação Pecuária, Agropecuária.

Todo o restante da área territorial de Piraúba é composto por influência urbana que é um valor insignificante comparado aos outros sendo assim, o gráfico abaixo ilustra melhor a cobertura vegetal e as outras áreas do município e na figura abaixo pode-se ver a distribuição completa das camadas predominantes na região.

Figura 14 – Mapa de vegetação do Município de Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.3. Aspectos Socioeconômicos

Neste capítulo serão analisados os principais indicadores socioeconômicos do Município de Piraúba, com vista a compreender o processo de produção do espaço e a sua relação com a população e a economia do local, sendo:

- A caracterização demográfica;
- Os dados econômicos;
- Os indicadores de qualidade de vida.

2.3.1. Densidade Demográfica

Densidade demográfica, densidade populacional ou população relativa é a medida expressa pela relação entre a população e a superfície do território, geralmente aplicada a seres humanos e expressa em habitantes por quilômetro quadrado.

Sendo assim, no Município de Piraúba, de acordo com o IBGE, a densidade demográfica é de 75,28 hab/Km². O resultado da densidade demográfica permite que o município desenvolva políticas públicas para atender as necessidades sociais e econômicas de uma determinada população.

Este dado permite avaliar também os impactos causados ao ambiente pelo excesso de pessoas em um determinado local. Monitorando desta forma, o desmatamento, a poluição de rios e córregos e a geração de resíduos.

2.3.2. Distribuição Etária por gênero

A composição por sexo da população de Piraúba, focalizada segundo grupos etários, evidencia maior número de homens em relação às mulheres, ainda que há pouca diferença entre eles.

Na década de 2000, dos 11.140 habitantes de Piraúba, 5.635 eram homens e 5.505 eram mulheres, representando 50,58% e 49,41% respectivamente. No censo do IBGE de 2010, o número de homens em relação às mulheres mudou e inverteu sendo pouco mais baixo, apresentando 5.439, e 5.505, respectivamente.

Vale pontuar que a conformação etária constitui resultados dos efeitos combinados entre fecundidade, mortalidade e migração, gerando pressões de demanda diferenciadas sobre os serviços públicos de atendimento às necessidades básicas da população.

2.3.3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM

O cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, possui a finalidade de caracterizar a qualidade do desenvolvimento do cidadão através do estudo de três indicadores, sendo eles: a longevidade, a renda e a educação.

Para efeito de comparação, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNDU, indica que o valor desse índice deve variar de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo a 1, melhor é a qualidade do desenvolvimento do indivíduo e, quanto mais próximo a 0, pior é o seu desenvolvimento.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra a série histórica do IDHM do Estado de Minas Gerais e dos Municípios de Nova Lima e Piraúba. O Município de Nova Lima consta na tabela abaixo por ser o melhor IDHM do estado, servindo assim, como modelo de comparação para Piraúba.

Tabela 1 - Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.

ANO	IDH MINAS GERAIS	IDH NOVA LIMA	IDH PIRAÚBA
1991	0,478	0,532	0,440
2000	0,624	0,684	0,598
2010	0,731	0,813	0,684

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através da tabela acima percebe-se um aumento de 12,57% no IDHM do Município de Piraúba em dez anos. De 0,598 no ano de 2000 para 0,684 no ano de 2010. Enquanto que o IDHM de Minas Gerais passou de 0,624 para 0,731 em dez anos, sendo neste período a evolução do índice em 17,15%.

Ao considerar as dimensões que compõem o IDHM, também entre 2000 e 2010, verifica-se que o IDHM Longevidade apresentou alteração de 3,81%, o IDHM Educação apresentou alteração positiva 32,08% e IDHM Renda apresentou alteração 9,08%.

Em 2010, o IDHM do município ocupava a 2332ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros e a 323ª posição entre os municípios do Estado de Minas Gerais. Sendo assim, a figura abaixo ilustra o IDHM de Piraúba.

Figura 15 - Posição do IDHM do município no Estado.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Na tabela abaixo é apresentado a evolução do IDHM de Piraúba durante os censos realizados pelo IBGE nos anos de 2000 e 2010, sendo possível notar o grande salto de qualidade registrado pelo município com o IDHM aumentando de 0,598 para 0,684. Mostra-se também significância em cada setor individual com maior destaque para o IDHM referente a longevidade no município.

Tabela 2 - IDHM nos componentes nos censos de 2000 e 2010.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
IDHM	0,598	0,684
IDHM Educação	0,427	0,564
% de 18 anos ou mais de idade com ensino fundamental completo	27,17	37,60
% de 5 a 6 anos de idade na escola	86,75	93,50
% de 11 a 13 anos de idade nos anos finais de ensino fundamental ou om ensino fundamental completo	71,84	85,95
% de 15 a 17 anos de idade com ensino fundamental completo	40,71	64,82
% de 18 a 20 anos de idade com ensino médio completo	23,72	46,18
IDHM Longevidade	0,812	0,843
Esperança de vida ao nascer	73,71	75,56
IDHM Renda	0,617	0,673
Renda per capita	371,08	527,81

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

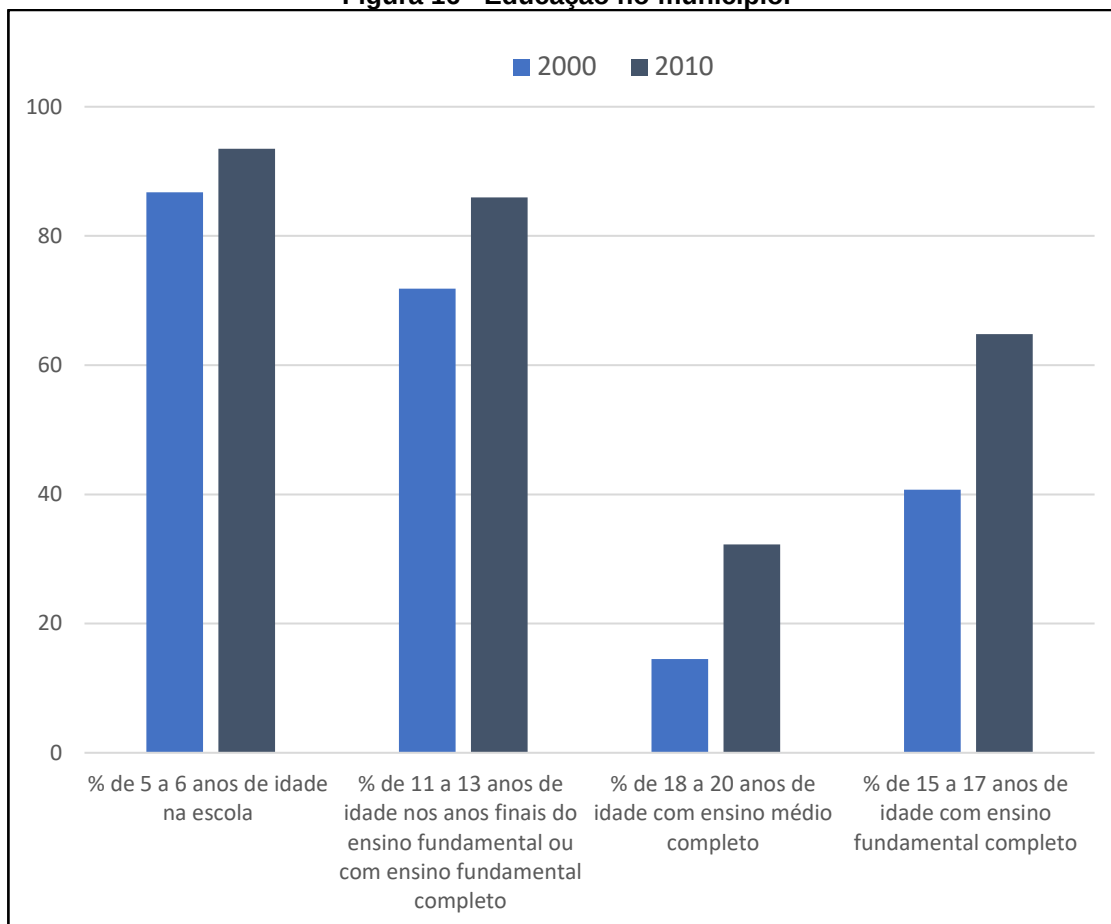
2.3.4. Educação

O Município conta com escolas em todas as regiões, em virtude da intensa urbanização e os habitantes da zona rural, possuem fácil acesso as escolas em bairros urbanos próximos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município em 2021 contava com aproximadamente 1311 matrículas, 84 docentes e 6 escolas nas redes públicas e particulares referente a educação de nível fundamental.

Dentre as escolas públicas e particulares do município pode-se citar a Escola Estadual Lafayette Mauricio Lopes, Escola Municipal Mons Ibrahim Gomes Caputo, Escola Municipal Dona Maria Duarte Braga, Escola Estadual Professora Francisca Pereira Rodrigues, Creche Municipal Maria Ferreira Xavier.

Desta forma, percebe-se que há no Município de Piraúba uma estrutura educacional que atende aos princípios de oferta de ensino para a sua população. A Secretaria Municipal de Educação, Cultura, Esportes e Lazer mantém a qualidade destes ensinios, contribuindo assim, para o desenvolvimento social de sua região. Sendo assim, a figura mostra o desenvolvimento das faixas etárias no município para 2000 e 2010.

Figura 16 - Educação no município.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.3.5. Saúde

O Município de Piraúba possui atualmente quatro Unidades Básicas de Saúde – UBS , com cada uma contendo uma sala de vacinação, consultores médicos e entre outros, além de um hospital sendo este, o Hospital São Vicente de Paulo que atende pelo Sistema Único de Saúde – SUS segundo dados do CNES.

Há também no município a Farmácia Pública Achiles Rodrigues Silva que faz a entrega de medicamentos fornecidos gratuitamente pelo SUS. As Unidades Básicas de Saúde de Piraúba são respectivamente:

- UBS Dr. Armando Xavier Vieira,
- UBS Dr. Ronaldo Furtado De Toledo,
- UBS Dra. Ana Lucia Boim De Freitas,
- UBS Prefeito Dr. Andre Carlos Ferreira Xavier.

Sendo assim, a tabela abaixo contém a relação dos serviços de saúde públicos e privados de Piraúba:

Tabela 3 -Serviços de saúde oferecidos no município.

Estabelecimento de Saúde	Natureza Jurídica	Atende pelo SUS
APAE DE PIRAUBA	ENTIDADES SEM FINS LUCRATIVOS	SIM
ASSOCIACAO DOS AMIGOS DO HOSPITAL DE PIRAUBA	ENTIDADES SEM FINS LUCRATIVOS	SIM
CENTER MOOVE	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
CENTRO DE SAUDE MANOEL XAVIER	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
ESCOLA ESTADUAL LAFAYETE MAURICIO LOPES	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
ESCOLA MUNICIPAL DONA MARIA DUARTE BRAGA	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
FARMACIA PUBLICA ACHILES RODRIGUES SILVA	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
FISIOCLIN	ENTIDADES EMPRESARIAIS	SIM
HUMANAE LABORATORIO DE ANALISES CLINICAS	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
LABORATORIO DE ANALISES CLIN LOUIS PASTEUR DE PIRAUBA LTDA	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
LABORATORIO DE PROTESE DENTARIA DE PIRAUBA	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
LAYS TAVARES CONDE	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
MINAS LAB	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
MOLINA ODONTOLOGIA	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
NUCLEO DE APOIO A SAUDE DA FAMILIA E ATENCAO PRIMARIA	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
ODONTOCOMPANY PIRAUBA	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
POSTO DE SAUDE CORREGO VERMELHO	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
POSTO DE SAUDE MANGUEIRAS	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
REABILITAR CLINICA DE FISIOTERAPIA	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
RENOVA	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
SECRETARIA MUNICIPAL DE SAUDE	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
SMARTFISIO	ENTIDADES EMPRESARIAIS	NÃO
UBS DR ARMANDO XAVIER VIEIRA	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
UBS DR RONALDO FURTADO DE TOLEDO	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
UBS DRA ANA LUCIA BOIM DE FREITAS	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM
UBS PREFEITO DR ANDRE CARLOS FERREIRA XAVIER	ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	SIM

Fonte: Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES, 2023. Secretaria Municipal

de Saúde, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em relação ao Centro de Referência de Assistência Social Vovó Mariana – CRAS Piraúba, este foi criado com o objetivo de fornecer apoio e proteção assistencial a pessoas que residem em áreas consideradas de vulnerabilidade social. Uma das atribuições do CRAS é viabilizar o acesso a projetos e benefícios governamentais. Sendo assim, abaixo seguem os serviços oferecidos pelo CRAS de Piraúba:

- PAIF - Proteção e Atendimento Integral à Família;
- SCFV - Serviço de Convivência e Fortalecimento de Vínculos.

O PAIF e o SCFV são conjuntos de atividades promovidas pelo CRAS que visam promover o ganho social e material dos cidadãos. Em outras palavras, são serviços de acompanhamento que visam direcionar as famílias para participar de planos assistenciais.

Além disto, o CRAS também trabalha para melhorar as condições do município para questões envolvendo o transporte, a violência, o trabalho infantil, os espaços públicos de lazer, pontos de cultura e entre outros. Desta forma, abaixo segue o tipo de público que o CRAS de Piraúba atende:

- Famílias e pessoas em situação de desproteção social;
- Pessoas com deficiência;
- Idosos;
- Crianças retiradas do trabalho infantil;
- Pessoas inscritas no Cadastro Único (sendo este, um dos principais motivos que levam as famílias a procurar o atendimento do CRAS);
- Beneficiários do Bolsa Família;
- Beneficiários do Benefício de Prestação Continuada – BPC.

2.3.6. Razão de dependência, taxa de mortalidade e esperança de vida

A razão de dependência é o percentual da população com menos de quinze anos de idade e da população com sessenta e cinco anos de idade ou mais, classificados como população dependente em relação à população de quinze anos a sessenta e quatro anos, ou seja, a população potencialmente ativa.

Enquanto que a taxa de envelhecimento é a razão entre a população com sessenta e cinco anos de idade ou mais em relação a população total. Segundo as informações do IBGE, a razão de dependência total no município passou de 50,99%, em 2000, para 44,9 % em 2010, e a taxa de envelhecimento, de 8,25% para 10,99%. A tabela abaixo mostra a estrutura etária do município entre os anos de 2000 e 2010, segundo o IBGE.

Tabela 4 – Estrutura etária da população do Município de Piraúba.

Estrutura etária	2000		2010	
	População	% do Total	População	% do Total
Menor de 15 anos	2843	25,52	2172	20,00
15 a 64 anos	7378	66,23	7496	69,01
65 anos ou mais	919	8,25	1194	10,99
Razão de dependência	50,99	-	44,9	-
Taxa de envelhecimento	8,25	-	10,99	-

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em se tratando de taxa de mortalidade infantil, esta taxa é definida como o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos. No Município de Piraúba, de acordo com o IBGE, o número de óbitos de crianças com menos de um ano de idade para cada mil nascidos vivos, passou de 18,52 por mil nascidos vivos em 2000 para 14,50 por mil nascidos vivos em 2010 no município.

No Estado de Minas Gerais essa taxa saiu de 27,75 para 15,08 óbitos por mil nascidos vivos no mesmo período. Enquanto que a esperança de vida ao nascer é o indicador utilizado para compor a dimensão Longevidade do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM.

Esta variável no município era de 73,71 anos em 2000, e de 75,56 anos em 2010. No Estado de Minas Gerais a esperança de vida ao nascer era 70,55 anos em 2000, e de 75,30 anos em 2010. A tabela abaixo mostra a taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no município.

Tabela 5 – Taxa de mortalidade infantil e esperança de vida ao nascer no Município de Piraúba.

Indicadores	2000	2010
Mortalidade infantil	18,52	14,50
Esperança de vida ao nascer	73,71	75,56

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4. Economia

A economia do Município de Piraúba está baseada nos setores da agropecuária e do comércio. No caso da agricultura, se destaca a produção de arroz, banana, cana, café entre outros. O município possui 9.498 hectares de área planta em seu território segundo dados do IBGE de 2017.

Mesmo que a pecuária leiteira na micro-região de Ubá, tenha sofrido um declínio na década de noventa, a sua presença ainda é muito importante para a economia local, com a presença de vários laticínios na região, a região continua como uma das principais produtoras de leite e derivados do estado, distribuindo os seus produtos em todo o território nacional. O município produz anualmente 4.250.000 litros de leite e 1.406 vacas ordenhadas de uma quantidade de 5.993 cabeças de gado.

Outro setor de grande destaque na produção agrícola do município é avicultura com uma notável quantidade de 235.000 de cabeças e 16 estabelecimentos agropecuários.

2.4.1. Produto Interno Bruto (PIB)

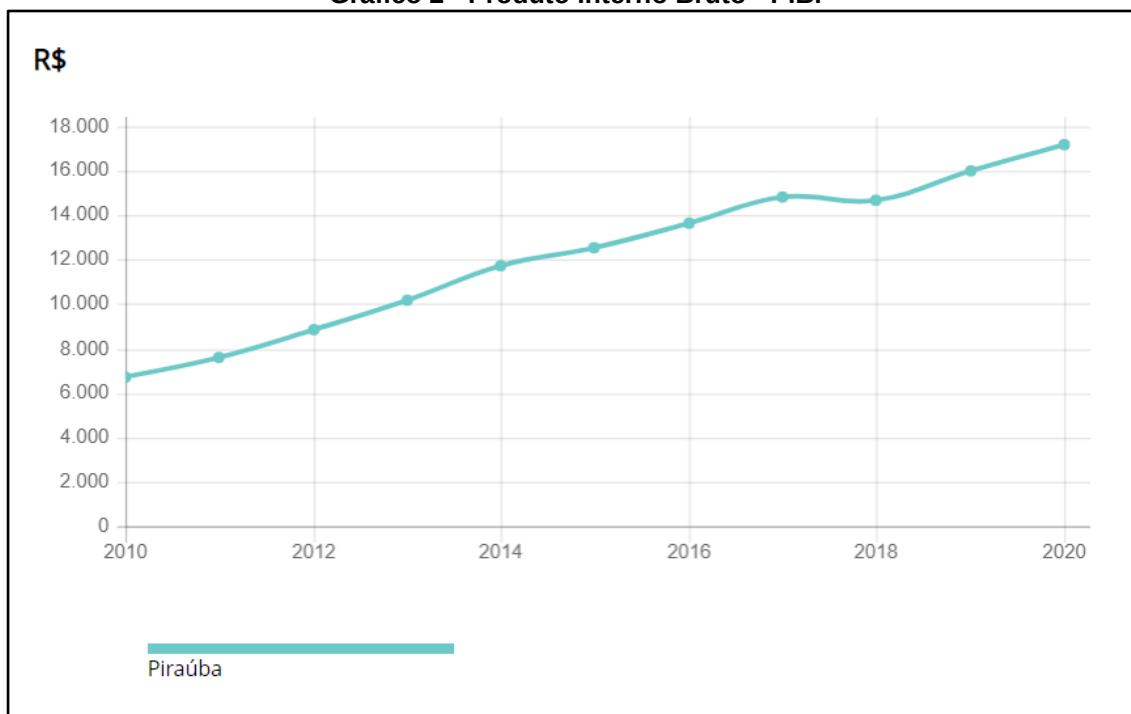
O Produto Interno Bruto – PIB, representa a soma em valores monetários de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região, sendo países, estados ou cidades, durante um período determinado de tempo. O PIB

é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de quantificar a atividade econômica de uma região.

Entretanto o PIB é apenas um indicador síntese de uma economia. Ele ajuda a compreender um país, mas não expressa importantes fatores, como distribuição de renda, qualidade de vida, educação e saúde. Um país tanto pode ter um PIB pequeno e ostentar um altíssimo padrão de vida, como registrar um PIB alto e apresentar um padrão de vida relativamente baixo.

De acordo com o IBGE, em 2010, o PIB per capita do Município de Piraúba era de R\$ 17.212,09 enquanto que o do estado de Minas Gerais era de R\$ 32.066,73. O gráfico abaixo mostra de forma ilustrada a evolução do PIB de Piraúba entre os anos de 2010 e 2020.

Gráfico 2 - Produto Interno Bruto - PIB.



Fonte: IBGE, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.2. Renda

Os valores da renda per capita mensal registrados nos anos de 2000 e 2010, evidenciam que houve crescimento da mesma no Município de Piraúba entre os anos mencionados. A renda per capita mensal no município era de R\$ 371,08, em 2000, e de R\$ 527,81, em 2010, a preços de agosto de 2010.

No Atlas do Desenvolvimento Humano são consideradas extremamente pobres, pobres e vulneráveis à pobreza as pessoas com renda domiciliar per

capita mensal inferior a R\$70,00, R\$140,00 e R\$255,00 (valores a preços de 01 de agosto de 2010), respectivamente.

Dessa forma, no ano de 2000 10,91% da população do município eram extremamente pobres, 30,58% eram pobres e 59,39% eram vulneráveis à pobreza. Em 2010 essas proporções eram respectivamente de 0,55%, 3,56% e 21,88% mostrando uma considerável melhora durante o período analisado.

Analisando as informações do Cadastro Único - CadÚnico do Governo Federal, a proporção de pessoas extremamente pobres com renda familiar per capita mensal inferior a R\$ 70,00 inscritas no CadÚnico, após o recebimento do Bolsa Família passou de 12,03% em 2014, para 22,63% em 2017.

Enquanto que a proporção de pessoas pobres com renda familiar per capita mensal inferior a R\$ 140,00, inscritas no cadastro após o recebimento do Bolsa Família, era de 41,91%, em 2014, e 53,02% em 2017. Contudo, a proporção de pessoas vulneráveis à pobreza com renda familiar per capita mensal inferior a R\$ 255,00, também inscritas no cadastro, após o recebimento do Bolsa Família era de 45,87% em 2014 e 77,96% em 2017.

2.4.3. Vulnerabilidade Social

O Índice de Vulnerabilidade Social – IVS, é um indicador que permite aos governos um detalhamento sobre as condições de vida de todas as camadas socioeconômicas do país, identificando àquelas que se encontram em vulnerabilidade e risco social.

A Vulnerabilidade Social diz respeito à suscetibilidade à pobreza, e é expressa por variáveis relacionadas à renda, à educação, ao trabalho e à moradia das pessoas e famílias em situação vulnerável. Para estas quatro dimensões de indicadores mencionadas, destacam-se para o Município de Piraúba os resultados apresentados na tabela abaixo.

Tabela 6 – Vulnerabilidade social do Município de Piraúba.

Indicadores	Ano	
	2000	2010
Crianças e Jovens		
% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	69,11	61

% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	21,95	7,02
% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	18,73	1,51
Adultos		
% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	8,21	9,97
% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	61,14	44,89
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	4,12	2,06
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0,16
Condição de Moradia		
% da população que vivem em domicílios com banheiro e água encanada	95,86	99,69

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

2.4.4. Projeção Populacional

As metas para a universalização do acesso e a promoção da saúde pública que serão previstas no Plano Municipal de Saneamento Básico, visam o horizonte de planejamento de vinte anos. Para isso se faz necessário conhecer a população do município no final do período determinado.

Diversos são os métodos aplicáveis para o estudo do crescimento populacional. Neste estudo foram utilizados o método do Crescimento, o Aritmético, o da Previsão e o Geométrico. Foram utilizados os levantamentos dos

anos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

Com base nos dados do IBGE, realizou-se o estudo da evolução da população total do município por meio dos métodos citados. Os valores na tabela a seguir apresentam os dados de população urbana e rural do município, dos anos de 1970 até 2010.

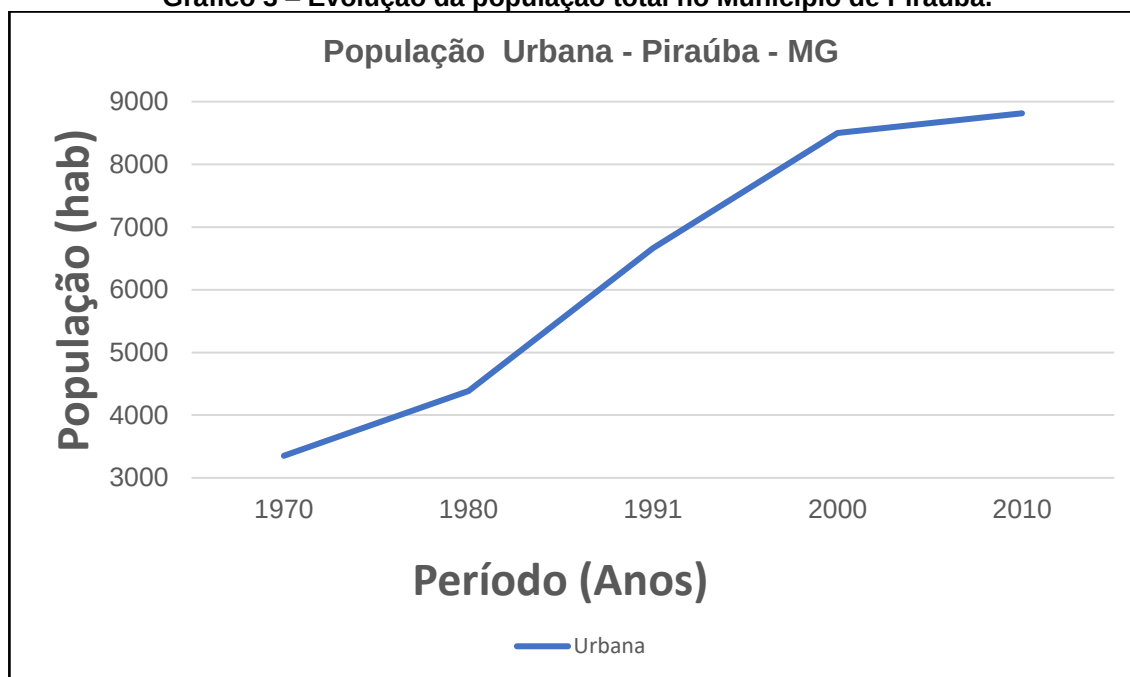
Tabela 7 – População total do Município de Piraúba.

Situação do Domicílio	Ano				
	1970	1980	1991	2000	2010
Total	10274	10251	9142	11140	10862
Urbana	3353	4386	6660	8502	8814
Rural	6921	5865	2482	2638	2048

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No gráfico a seguir nota-se a linha de tendência dessas alterações nas populações total, rural e urbana de Piraúba, apresentando a distribuição da população do município entre os anos de 1970 a 2010, conforme dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

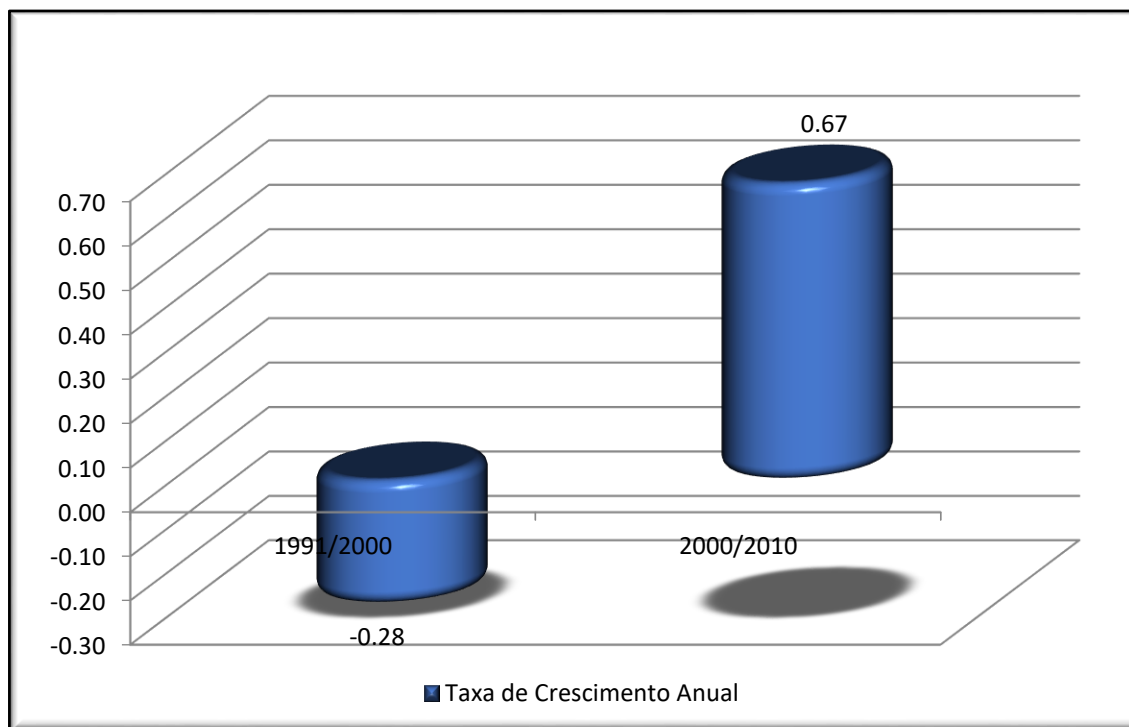
Gráfico 3 – Evolução da população total no Município de Piraúba.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Já no gráfico a seguir é demonstrado a taxa de crescimento urbano anual em cada período intercensitário a partir de 1991.

Gráfico 4 – Taxa de crescimento urbano.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através da análise dos dados populacionais do município é possível afirmar que há uma tendência a se urbanizar cada vez mais, através da migração do campo para a cidade.

A utilização da estatística nos diversos ramos de atuação é cada vez mais acentuada, independentemente de qual seja a atividade profissional. Um estudo estatístico é uma metodologia desenvolvida para o tratamento de dados coletados, objetivando a classificação, a apresentação, a análise e a interpretação desses dados quantitativos e sua utilização para a tomada de uma decisão.

Através do uso de certas medidas-sínteses, mais comumente conhecidas como estatísticas, um estudo de projeção populacional pode se resumir a um número, que sozinho descreve uma característica de crescimento da população de um dado local. Evidentemente, ao resumir um conjunto de dados, através do uso de estatísticas, muitas informações fatalmente irão se perder existindo, também, a possibilidade da obtenção de resultados distorcidos com o uso indiscriminado do resultado. Portanto, é necessária muita precaução, quando da análise dos resultados.

Através dos levantamentos censitários realizados pelo IBGE, referentes às décadas de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 é possível compreender a

dinâmica populacional do município e, dessa maneira, avalia-se o crescimento populacional e suas respectivas taxas de crescimento.

Por meio das taxas anuais de crescimento populacional estima-se a curva que determina a evolução populacional no município, durante o período entre 1970 e 2010.

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adequam a realidade de Piraúba, puderam-se obter as linhas de tendência para os dados do IBGE, através do Software EXCEL, utilizando-se quatro tipos diferentes de curvas: logarítmica, linear, polinomial e exponencial.

O método dos mínimos quadrados é utilizado para averiguar o grau de correlação entre a curva determinada através da série histórica e a linha de tendência, sendo que o maior coeficiente de determinação (R^2) é o adotado e que, no caso, deverá estar mais próximo de 1.

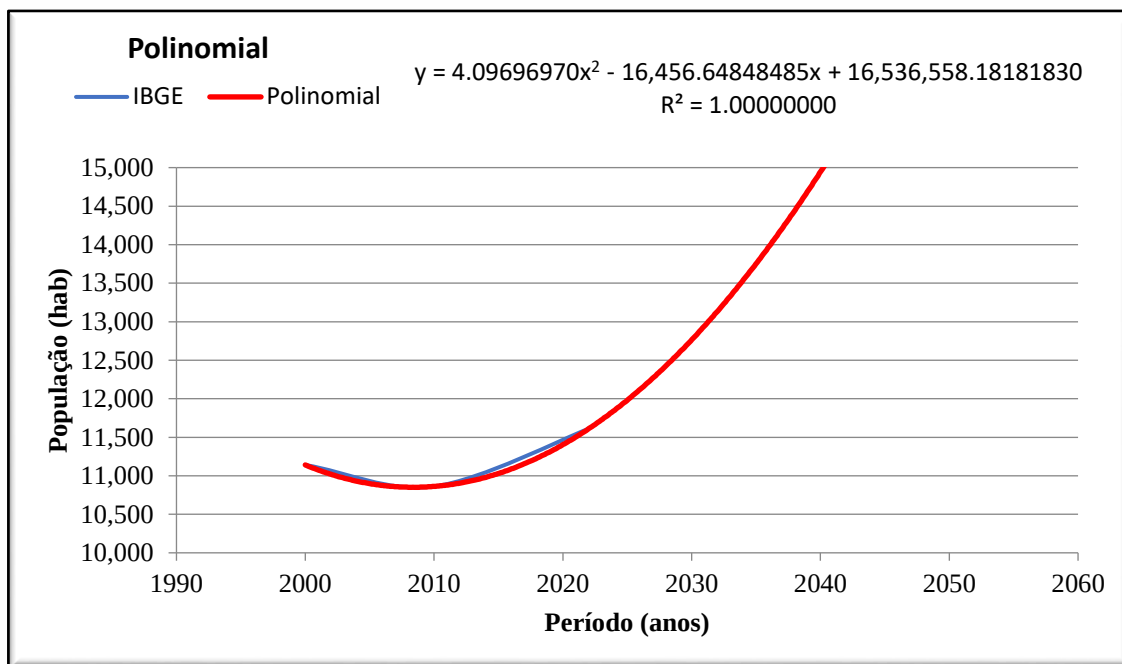
Dessa maneira, pode-se verificar qual das funções gera a curva de tendência mais próxima do crescimento populacional ocorrido no passado e assim definir o método para adotar as taxas de crescimento da projeção populacional.

Nas projeções através dos métodos aritmético, geométrico, previsão e crescimento, são feitos os cálculos utilizando sempre dois Censos como base, podendo ser de 1970 e 2010, 1980 e 2010, 1991 e 2010 ou de 2000 e 2010. Portanto, para cada método são feitas 2 projeções, as quais são comparadas à linha de tendência cujo R^2 mais se aproxima de 1.

A primeira taxa de crescimento adotada refere-se a taxa de crescimento anual dos períodos censitários citados acima, sendo que é escolhida a taxa que mais se aproxima daquelas que foram calculadas através dos métodos supracitados. A população a partir do ano de 2011 é inserida aplicando-se as taxas de crescimento calculadas através da metodologia explicada.

A seguir, tem-se o gráfico para ilustrar o método do estudo populacional e o desvio padrão (R^2) que mais se ajustou aos dados.

Gráfico 5 – Ajustamento de curvas de projeção populacional pelo método polinomial.



Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sendo assim, a linha de tendência que melhor se ajustou (menor desvio padrão) aos dados do IBGE foi a linha polinomial, que apresentou um R^2 no valor de 1,00000000 resultando na equação:

$$y = 4,09696970x^2 - 16.456,64848485x + 16.536.558,18181830$$
$$R^2 = 1,00000000$$

Onde “y” é a população em um determinado tempo “t” e “x” é o ano no mesmo tempo “t”. Após definidas as taxas de crescimento da linha de tendência compara-se os valores com os obtidos por cada método de crescimento. Dessa forma, foi indicado como o mais aplicável ao comportamento do município, o método Geométrico, que retratou melhor a evolução da população e permitiu estima-la no futuro. Este método apresentou a população para os próximos vinte anos, conforme a tabela e gráfico a seguir.

Tabela 8 – Projeção da população do Município de Piraúba até o ano 2043.

Ano	População
2023	11.672
2024	11.735
2025	11.797
2026	11.859



2027	11.922
2028	11.984
2029	12.046
2030	12.109
2031	12.171
2032	12.233
2033	12.296
2034	12.358
2035	12.420
2036	12.483
2037	12.545
2038	12.607
2039	12.670
2040	12.732
2041	12.794
2042	12.857
2043	12.919

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ao considerarmos as projeções populacionais realizadas ou mesmo as informações fornecidas pelo IBGE, é possível perceber o baixo crescimento populacional do município.

Entretanto, percebe-se através dos dados expostos na tabela acima que a população tem procurado cada vez mais as áreas urbanas para se residir, buscando postos de trabalho, melhores condições de moradia e de prestação de serviços. Sendo assim, é necessário que o Município de Piraúba esteja preparado para um contingente futuro garantindo desta forma, uma boa qualidade de vida para seus habitantes.

Além de proporcionar para as áreas rurais condições para que esta população permaneça em suas propriedades, contribuindo para o desenvolvimento do município, e que a saída do campo por estas pessoas seja uma opção e não uma necessidade de melhoria de condição de vida.

3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DE SANEAMENTO

A Lei Federal nº 11.445 de 2007, atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento, define como serviços de saneamento básico os relativos a sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos e sistemas de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Os serviços de água e esgoto, essenciais em todos os centros urbanos, usam a água, sobretudo, de duas formas: para o abastecimento da população e para a diluição de efluentes. O fator captação da água encontra-se diretamente ligado à ideia do lançamento das águas servidas. Parte da água captada é devolvida ao corpo hídrico após o uso, o que implica submetê-la a tratamento antes da devolução para não prejudicar a qualidade do corpo receptor.

Os esgotos domiciliares se caracterizam pela grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável pela depleção de oxigênio nos cursos de água, como resultado da estabilização que as bactérias realizam. Estes efluentes líquidos apresentam, ainda, nutrientes e organismos patogênicos que podem dificultar, ou mesmo inviabilizar, o seu uso para outros fins.

Núcleos urbanos sem atendimento, coleta parcial e sem tratamento eficiente de águas residuárias, podem constituir uma fonte de poluição difusa, vinculada às alternativas inidôneas à demanda, como lançamentos diretos no solo, fossas negras, secas e sépticas. O mesmo problema pode ocorrer em zonas rurais, mesmo que em dimensões menores, dada a dispersão das moradias em relação às áreas de ocorrência.

A regulamentação das áreas de interesse de proteção de manancial municipal será regida pelas disposições da Lei supracitada e dos regulamentos dela decorrentes, tendo em vista ambas legislações Estadual e Federal, com o intuito de zelar pela manutenção da capacidade de infiltração da água no solo, em consonância com as normas federais e estaduais de preservação dos seus depósitos hídricos naturais.

Sendo assim, no Estado de Minas Gerais a regulação e a fiscalização dos serviços são de responsabilidade da Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais –



ARSAE - MG. A ARSAE - MG, foi criada através da Lei Estadual nº 18.309, de 03 de agosto de 2009, que também estabelece as normas relativas aos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Estado.

A ARSAE – MG, também está em consonância com a Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, atualizada pela Lei Federal nº 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento.

Ressalta-se, que a ação de fiscalização visa determinar o grau de conformidade do sistema auditado em consonância com as legislações e normas técnicas pertinentes, especialmente as Resoluções Normativas expedidas pela ARSAE - MG, bem como, a adequação da prestação dos serviços, no que tange à regularidade, continuidade, eficiência, segurança, generalidade e atualidade.

Desta forma, no presente diagnóstico serão abordados dados e informações referentes ao Sistema de Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Gestão de Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana do Município de Piraúba, tanto na sede quanto na área rural. Para que posteriormente possam ser propostos ações que visam a boa funcionalidade dos serviços de saneamento básico, garantindo a excelência da qualidade de vida da população.

3.1. Sistema de Abastecimento de Água

Os serviços de saneamento, em todos os seus eixos, dependem diretamente da disponibilidade de recursos hídricos. Além deste fato, a inexistência de tais serviços impacta significativamente a qualidade do recurso natural, que é essencial para a manutenção da vida e demais atividades cotidianas.

Assim, a análise da disponibilidade hídrica torna-se um importante instrumento de planejamento, utilizado para previsão das ações futuras que visam a universalização dos serviços de saneamento.

3.1.1. Identificação de Mananciais para Abastecimento Futuro

3.1.1.1. Mananciais Superficiais

O conhecimento adequado do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é essencial para sua gestão. Desta forma, faz-se necessários estudos que apontem a variabilidade temporal e espacial dos indicadores ambientais.

Sendo assim, como dito em capítulos anteriores, os rios que cortam o Município de Piraúba são o Ribeirão Piraúba, rio Turvo Grande, rio Córrego Maçaranduba ou Vermelho, Córrego Canadá. A tabela abaixo mostra a disponibilidade hídrica superficial da Bacia Rio Paraíba do Sul em que estão localizados esses rios.

Tabela 9 – Valores de referência das vazões médias e mínimas em m³/s.

Bacia	Q ₉₅	Q _{MLT}
Bacia do Rio Paraíba do Sul	353,77	1.118,40

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do o Rio Paraíba do Sul –PDRH PSR-010, 2006. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ressalta-se, que os dados contidos na tabela acima são importantes para a emissão de outorgas d'água e conciliar os múltiplos usos do recurso.

3.1.1.2. Mananciais Subterrâneos

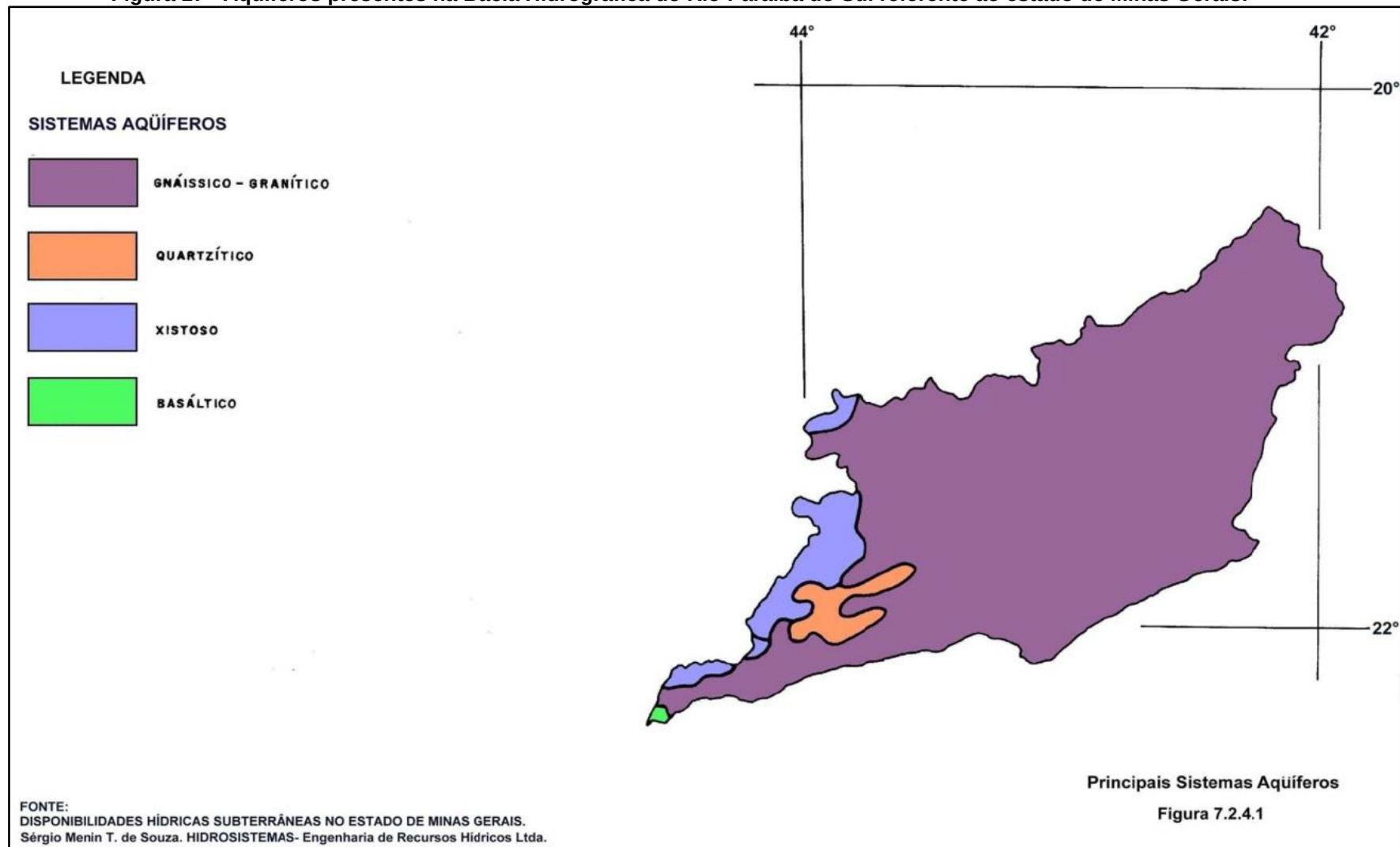
Em casos de carência de mananciais superficiais com qualidade para abastecimento da população, a água subterrânea passa a ser a principal fonte de abastecimento local. Entretanto, a locação de poços profundos para a obtenção de água subterrânea é dificultada pela natureza fissurada encontrada em aquíferos de determinadas regiões do país.

O cenário de escassez de recursos superficiais, tanto em grandes cidades como em pequenas comunidades rurais, desencadeou a necessidade de melhoria do arcabouço legal para o controle da exploração do recurso. Em função da demanda por água subterrânea, pode acontecer a superexploração, ou seja, a extração de água em volume maior do que a recarga natural, alterando a dinâmica do ciclo hidrológico.

A quantidade, a qualidade e o fluxo das águas subterrâneas são determinados pelas características geotécnicas das rochas e dos sedimentos. Estas determinam a possibilidade de aproveitamento da água pelo homem em quantidade economicamente viável.

A Partir da figura a seguir, extraída do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – PSR-010, 2006, pode-se observar quais são os aquíferos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Ressalta-se, que o Município de Piraúba se encontra inserido na nesta mesma Bacia Hidrográfica e a imagem é referente aos aquíferos presentes dentro do Estado de Minas Gerais.

Figura 17 - Aquíferos presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul referente ao estado de Minas Gerais.



Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do o Rio Paraíba do Sul –PDRH PSR-010, 2006. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os sistemas aquíferos individualizados na Bacia do Rio Paraíba do Sul, segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos - PDRH Rio Paraíba do Sul 2006, estão condicionados, fundamentalmente, às características litoestratigráficas, estruturais e geomorfológicas, que compõem o arcabouço geológico regional. Assim, nas diferentes associações de litossomas que ocorrem na Bacia, é possível definir cinco categorias de aquíferos:

- Granulares ou porosos;
- Fissurados em rochas predominantemente xistosas;
- Fissurados em rochas predominantemente quartzíticas;
- Fissurados em rochas cristalinas (graníticas-gnáissicas e assemelhadas);
- Cársticos-fissurados.

Esses sistemas aquíferos apresentam distribuição espacial e comportamentos distintos, diferenciados pela estrutura física da rocha, modo de circulação da água e condições de armazenamento que permitem agrupá-los em dois grandes grupos: os sistemas porosos, que têm como principal característica a percolação das águas subterrâneas por meio de porosidade e permeabilidade primárias; e os sistemas fissurados, em que a circulação da água se faz em porosidade e permeabilidade de naturezas secundárias, desenvolvidas nas rochas pelos eventos tectônicos e/ou sedimentares deposicionais.

3.1.2. Regulação de Uso dos Recursos Hídricos

A outorga é o instrumento de gestão das águas que assegura ao usuário o direito de utilizar os recursos hídricos, no entanto, essa autorização não dá ao usuário a propriedade da água. A outorga de direito de uso de recursos hídricos deve assegurar o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, bem como garantir que existam múltiplos usos nas bacias hidrográficas.

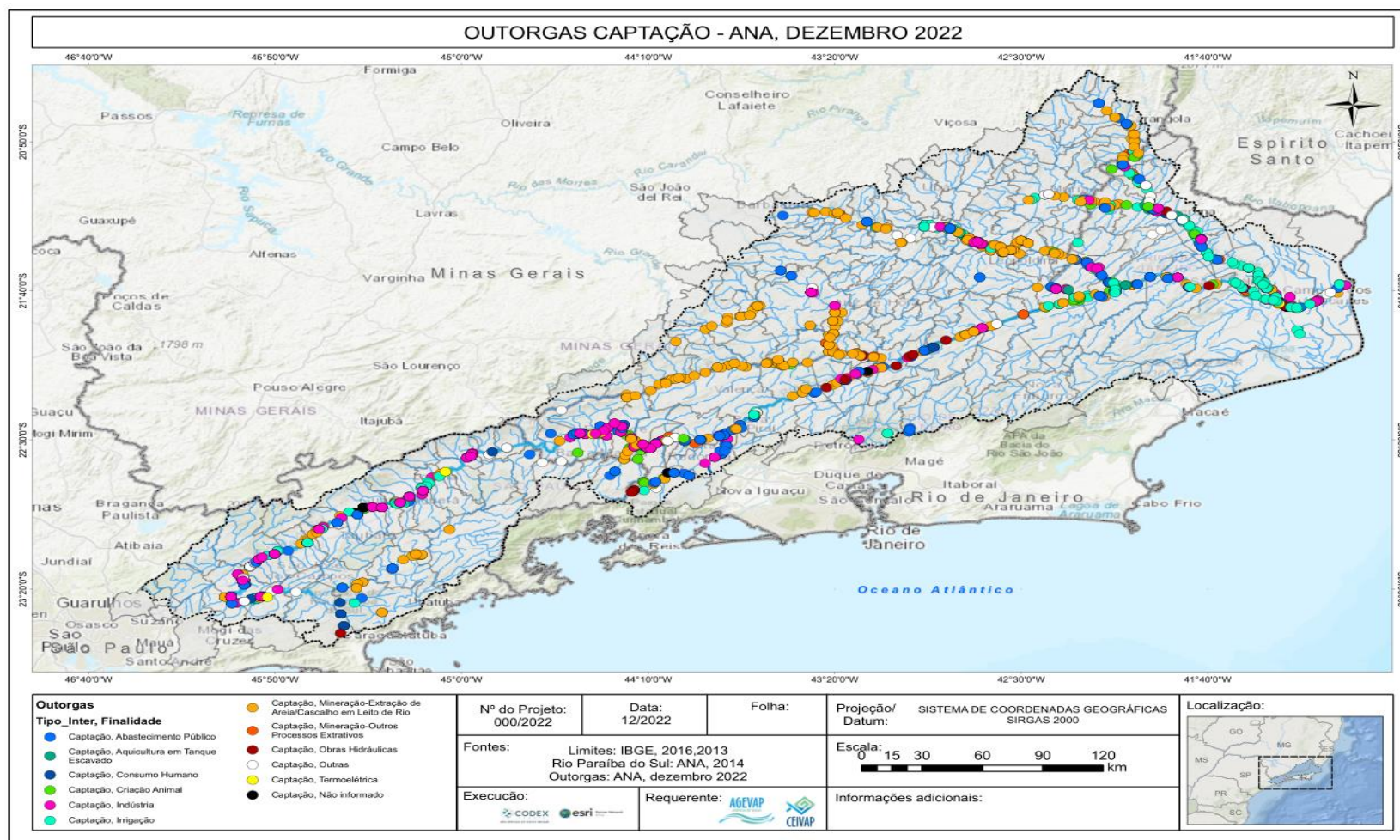
A correta aplicação do instrumento da outorga, mais do que um ato de regularização ambiental, se destina a disciplinar a demanda crescente das águas superficiais e subterrâneas. Existem dois tipos de outorga:

- Autorização - Obras, serviços ou atividades que forem desenvolvidas por pessoa física ou jurídica de direito privado, quando não se destinarem a finalidade de utilidade pública. Validade de até cinco anos.
- Concessão - Obras, serviços ou atividades que forem desenvolvidas por pessoa jurídica ou direito público ou quando se destinarem a finalidade de utilidade pública. Validade de até trinta e cinco anos.

Algumas captações de águas superficiais e subterrâneas, bem como de acumulações, não estão sujeitas à outorga sendo passível de Cadastro de Uso Insignificante. Desta forma, no Estado de Minas Gerais há duas legislações que garantem ao usuário o direito de se enquadrar como uso insignificante, a Deliberação Normativa CERH – MG, nº 09/2004, que define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no estado e, a Deliberação Normativa CERH – MG, nº 34/2010, que define o uso insignificante de poços tubulares localizados nas Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos e dá outras providências.

Sendo assim, a figura abaixo mostra um mapa detalhando as outorgas de captação no âmbito do Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no ano de referência de 2022.

Figura 18 - Mapa de outorgas de captação concedidas na Bacia Hidrográfica do Alto do Rio Grande.



Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande – PDRH Alto Rio Grande, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.1.2.1. Segurança Hídrica

O conceito de segurança hídrica, segundo a Organização das Nações Unidas – ONU/2014, é dado como a capacidade de a população ter acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para a manutenção da vida e do bem estar humano, garantindo o desenvolvimento das atividades econômicas, a proteção contra doenças de veiculação hídrica e desastres associados à água, bem como a preservação dos ecossistemas.

A concepção de segurança hídrica é o objetivo central da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei n.º 9.433/1997. O conceito de segurança hídrica também se alinha com os objetivos da ONU, cujas metas visam erradicar a pobreza, proteger o planeta, garantir a paz e a prosperidade.

Dentro dessa perspectiva, foram elaborados os dezessete objetivos do desenvolvimento sustentável - ODS, e dentre estes, pode-se destacar as ações para ampliar a segurança hídrica brasileira em vista do objetivo seis. O objetivo 6 do Desenvolvimento Sustentável estabelece que é preciso:

- Melhorar a qualidade da água;
- Reduzir a poluição;
- Eliminar despejos;
- Minimizar a liberação de produtos químicos e materiais perigosos;
- Reduzir à metade a proporção de águas residuais não tratadas;
- Aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores;
- Assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água;
- Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais para melhorar a gestão da água e do saneamento;
- Reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água;
- Aumentar substancialmente a reciclagem e reutilização de água, entre outras.

Deve-se ainda considerar a Lei Estadual nº 13.199/1999, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, responsável por regulamentar o regime de outorga de águas no Estado de Minas Gerais e, o Decreto nº 45.565/2011, que aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais.

Em Piraúba não há legislações específicas sobre a questão hídrica, o município segue as determinações estaduais e federais. Os serviços de água são geridos pela COPASA e os serviços de esgoto são geridos pela prefeitura municipal.

3.1.3. Descrição dos Sistemas de Abastecimento de Água Atuais

No Município de Piraúba o sistema de abastecimento de água é administrado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA. O sistema é na sua maioria abastecido por captação subterrânea. De acordo com Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS 2021, a população total abastecida no município é de 7.805 habitantes.

No município há problemas relacionados com a falta de água, e também problemas relacionados a qualidade da mesma. Sobre o tratamento da água em Piraúba não uma ETA central para tratar a água proveniente da captação subterrânea. Sendo o tratamento descentralizado nos poços de captação.

Na área rural não foi relatado problemas com o abastecimento de água para a população. Não há por parte da Prefeitura ações de monitoramento da água da zona rural usada para o abastecimento humano.

Entre as deficiências encontradas no sistema de abastecimento de água do Município de Piraúba está o elevado consumo de água que há no local. Contudo, há ainda questões as quais devem ser exploradas ao longo do presente Diagnóstico, para que as medidas cabíveis sejam tomadas em função de suprir as necessidades locais do município quanto ao sistema de abastecimento de água.

3.1.4. Indicadores Operacionais

Os indicadores representam uma ferramenta fundamental para construção de panoramas e cenários, de modo a transmitir informações de forma precisa e de fácil entendimento para a população. Além dessa função, indicadores são utilizados para registrar o acompanhamento e avaliação dos serviços, facilitando as tomadas de decisões.

O uso de indicadores e o acompanhamento periódico de sua variação são necessários, pois, permitem o monitoramento do sistema de abastecimento de água. O incremento e disponibilização de um banco de dados para calcular o maior número de indicadores para acompanhamento do sistema é desejável.

Sendo assim, abaixo segue a tabela especificando os principais indicadores utilizados para analisar a eficiência do SAA do Município de Piraúba, ressaltando, que estes indicadores são elaborados pelo Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento – SNIS, e preenchidos pelos responsáveis técnicos da COPASA.

Tabela 10 - Sistema de indicadores do SNIS utilizados na avaliação dos serviços do SAA.

ITEM	INDICADOR	VALOR	VALOR	UNIDADE	RESPONSÁVEL	FONTE:
AG001	População total atendida com abastecimento de água	7.805		Habitante	COPASA	SNIS
AG002	Quantidade de ligações ativas de água	3.932		Ligação	COPASA	SNIS
AG003	Quantidade de economias ativas de água	4.343		Economia	COPASA	SNIS
AG005	Extensão da rede de água	40,03		km	COPASA	SNIS
AG006	Volume de água produzido	667,75		1.000m³/ano	COPASA	SNIS
AG007	Volume de água tratada em ETAs	0		l/s	COPASA	SNIS
AG008	Volume de água micromedido	497,86		1.000m³/ano	COPASA	SNIS
AG010	Volume de água consumido	497,86		1.000m³/ano	COPASA	SNIS
AG011	Volume de água faturado	497,91		1.000m³/ano	COPASA	SNIS
AG021	Quantidade de ligações totais de água	4.511		Ligação	COPASA	SNIS
AG028	Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água	574,68		1.000kWh/ano	COPASA	SNIS
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado	4,88	0,28	R\$/m³	COPASA	SNIS



IN004	Tarifa média praticada	5,5	0,22	R\$/m³	COPASA/PMP	SNIS
IN005	Tarifa média de água	5,5		R\$/m³	COPASA/PMP	SNIS
IN006	Tarifa média de esgoto		0,22	R\$/m³	COPASA	SNIS
IN009	Índice de hidrometração	100		Percentual	PMP	SNIS
IN012	Indicador de desempenho financeiro	112,56	77,32	Percentual	COPASA	SNIS
IN013	Índice de perdas faturamento	25,06		Percentual	COPASA/PMP	SNIS
IN015	Índice de coleta de esgoto	-	-	Percentual	COPASA	SNIS
IN016	Índice de tratamento de esgoto		0	Percentual	PMP	SNIS
IN021	Extensão da rede de esgoto por ligação		12,42	m/lig	PMP	SNIS
IN022	Consumo médio percapita de água	173,42		l/hab./dia	PMP	SNIS
IN023	Índice de atendimento urbano de água	89,62		Percentual	COPASA	SNIS
IN024	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água		98,59		COPASA	SNIS
IN044	Índice de micromedicação relativo ao consumo	100		Percentual	PMP	SNIS
IN046	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	-	-	Percentual	COPASA	SNIS
IN049	Índice de perdas na distribuição	25,07		Percentual	PMP	SNIS
IN050	Índice bruto de perdas lineares	12,15		Percentual	COPASA	SNIS
IN051	Índice de perdas por ligação	116,55		m³/dia/Km	COPASA	SNIS
IN053	Consumo médio de água por economia	9,58		l/dia/lig.	COPASA	SNIS
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	0,86		m³/mês/econ.	COPASA	SNIS

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

De acordo com os parâmetros citados na tabela acima, percebe-se que na questão da hidrometração o Município de Piraúba apresenta 100% de índice medido. O índice de hidrometração está diretamente ligado ao índice de perdas no sistema de abastecimento de água, seja por problemas na própria medição,

falta de hidrômetros, ligações clandestinas ou até mesmo a falta ou a cobranças pelo uso da água ineficientes.

De acordo também com o Art. 29 da Lei nº 11.445/2007, atualizada pelo Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei nº 14.026/2020, “a hidrometração interfere nas diretrizes para fixação de tarifas dos serviços de saneamento básico, entre quais, pode-se citar:

- Inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;
- Recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;
- Estímulo ao uso de tecnologia modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;
- Incentivo à eficiência dos prestadores de serviço”.

Com a atualização periódica do Plano Municipal de Saneamento Básico, prevista por exigência legal, este sistema poderá ser complementado com outros indicadores que no decorrer do processo forem considerados relevantes para o acompanhamento da evolução do serviço de abastecimento de água no município.

Desta forma, a Lei Federal nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento, determina que os municípios brasileiros estabeleçam um sistema de informações sobre os serviços articulados com SNIS. O SNIS representa o principal sistema de coleta, armazenamento, geração e divulgação dos dados de saneamento no Brasil.

Sendo assim, nos capítulos específicos para cada tópico relacionado ao SAA do município, contidos neste Diagnóstico, será apresentado o indicador responsável e seus respectivos valores. Pois, desta maneira, há uma melhor compreensão da atual situação e através desta compreensão, apontamentos podem ser realizados visando melhorias no sistema de abastecimento de água.

3.1.5. Panorama da Situação Atual dos Sistemas Existentes--

3.1.5.1. Captação

Como dito em capítulos anteriores, a captação de água para o abastecimento público no Município de Piraúba ocorre através de captação subterrânea, esta realidade também ocorre para a população rural, mas, em algumas propriedades rurais a captação acontece através de vertentes. Sendo assim, a tabela abaixo mostra as características físicas do ponto de captação de água para o abastecimento urbano existentes em Piraúba.

Tabela 11 - Características físicas dos pontos de captação subterrânea.

Nome	Nº de BOMBAS	Clorador	Profundidade	Latitude	Longitude
POÇO C-02	01 instalado e reserva	Sim	120 m	-21° 17' 7.76" S	-43° 1' 21.56" O
POÇO C-03	01 instalado e reserva	Sim	120 m	-21° 16' 14.33" S	-43° 1' 31.97" O
POÇO C-04	01 instalado e reserva	Sim	120 m	-21° 15' 38.32" S	-43° 1' 51.77" O
POÇO C-06	01 instalado e reserva	Sim	140 m	-21° 16' 22.52" S	-43° 0' 34.45" O
POÇO C-07	01 instalado e reserva	Sim	138 m	-21° 15' 57.82" S	-43° 1' 44.8" O
POÇO C-08	01 instalado e reserva	Sim	130 m	-21° 16' 25.78" S	-43° 2' 31.26" O
POÇO C-09	01 instalado e reserva	Sim	132 m	-21° 15' 47.85" S	-43° 1' 5.11" O
POÇO E-01	01 instalado e reserva	Sim	Não aferido	-21° 16' 13.61" S	-43° 1' 30.49" O
POÇO E-05	01 instalado e reserva	Sim	Não aferido	-21° 16' 19.16" S	-43° 1' 49.42" O
POÇO E-09	01 instalado e reserva	Sim	Não aferido	-21° 15' 48.89" S	-43° 1' 40.95" O

Fonte: COPASA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 19 - Captação subterrânea em Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 traz ainda em Art. 4°, a classificação dos corpos hídricos da seguinte forma:

I - Classe Especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - Classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) à dessedentação de animais.

V - Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística.

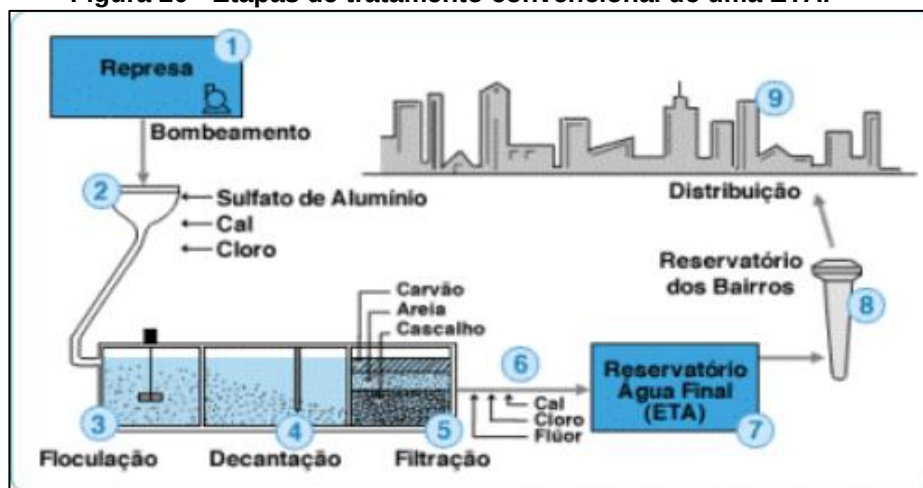
3.1.5.2. Tratamento

No Município de Piraúba não há uma ETA – Estação de Tratamento de Água central, pois não há captação superficial. O tratamento é feito in loco nos pontos de captação subterrânea. Segundo a COPASA todos os poços possuem tratamento in loco.

De acordo ainda com informações dos técnicos da COPASA, o sistema de tratamento existente nos poços é do tipo convencional, com um clorador automatizado.

Todos os meses a Vigilância Sanitária encaminha amostras de água para análise e não há relatos de problemas de saúde relacionado a água tratada. Sendo assim, a figura abaixo mostra as etapas do funcionamento uma ETA convencional.

Figura 20 - Etapas de tratamento convencional de uma ETA.



Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ressalta-se, que a Portaria da Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, em seu Anexo XX, estabelece padrões de qualidade de água para consumo humano. Segundo a referida norma é dever e obrigação das Secretarias Municipais de Saúde a avaliação sistemática e permanente de risco à saúde humana do sistema de abastecimento de água ou solução alternativa, considerando diversas informações especificadas na portaria.

Para isso, considera-se como solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontais e verticais, dentre outras.

A Portaria da Consolidação nº 05/2017, também especifica atribuições aos responsáveis pela operação do sistema de abastecimento de água. A Portaria determina um número mínimo de amostras para controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas, microbiológicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida por cada sistema e do tipo de manancial.

Sendo assim, a tabela abaixo indica, de acordo com a Portaria da Consolidação nº 05/2017, as análises quantitativas que devem ser feitas a fim de assegurar a qualidade da água.

Tabela 12 - Apresentação quantitativa das análises exigidas pela Portaria nº05/2017 - MS.

Parâmetro	Tipo de Manancial	Saída do Tratamento		Sistema de Distribuição					
		Nº de Amostras	Frequência	nº de Amostras			Frequência		
				< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.	< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	>250.000 hab.
Cor	Superficial	1	A cada 2h	10	1 por 5.000 hab.	40 + 1 por 25.000 hab.	Mensal		
	Subterrâneo	1	Semanal	5	2 por 10.000 hab.	40 + 1 por 50.000 hab.	Mensal		
Turbidez, CRL ¹ , Cloraminas, Dióxido de Cloro	Superficial	1	A cada 2h	Para todas as Amostras Microbiológicas Realizadas			Para todas as Amostras Microbiológicas Realizadas		
	Subterrâneo	1	2 x por semana						
pH e fluoreto	Superficial	1	A cada 2h	Dispensa Análise			Dispensa Análise		
	Subterrâneo	1	2 x por semana						
Gosto e Odor	Superficial	1	Trimestral	Dispensa Análise			Dispensa Análise		
	Subterrâneo	1	Semestral						
Cianotoxinas	Superficial	1	Semanal se >20.000 células/mL	Dispensa Análise			Dispensa Análise		
Produtos Secundários da Desinfecção	Superficial	1	Trimestral	1	4	4	Trimestral		
	Subterrâneo	Dispensa análise	Dispensa análise	1	1	1	Anual	Semestral	Semestral
Demais Parâmetros ²	Superficial ou subterrâneo	1	Semestral	1	1	1	Semestral		
Coliformes Totais	Superficial ou subterrâneo	2	Semanal	30 + 1 por 2.000 hab.		105 + 1 por 5.000 hab	Semanal		
(1) Cloro Residual Livre, (2) Agrotóxico ou Toxinas específicas.									

Fonte: Portaria nº 05/2017 MS – Anexo XX. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano está detalhado na Portaria, além de orientações quanto ao procedimento de

análise no caso de detectadas amostras com resultado positivo, assim como para amostragens individuais, por exemplo, de fontes e nascentes.

Tabela 13 - Padrão microbiológico de potabilidade da água.

Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.	
Parâmetro	Valor máximo permitido (vmp)
Água para consumo humano:	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento:	
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede):	
<i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes	Ausência em 100 mL
Coliformes Totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL

Fonte: Portaria nº 05/2017 MS. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Dentre as recomendações, condições, e orientações dadas na norma, os seguintes itens também podem ser destacados:

- Nos sistemas de distribuição, em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais deve ser feita a contagem de bactérias heterotróficas e, quando excedidas 500 Unidades Formadoras de Colônia (UFC) por mL, deve-se providenciar imediata coleta e inspeção local, sendo tomadas providências cabíveis no caso de constatação de irregularidade;
- Para turbidez, após filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) ou simples desinfecção (tratamento da água subterrânea), a norma estabelece o limite de 1,0 uT (Unidade de Turbidez) em 95% das amostras. Entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores ao valor máximo permitido citado, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 uT. Para isso, o atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, deve ser verificado mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada

quatro horas para filtração rápida, preferivelmente no efluente individual de cada unidade de filtração;

- A água deve ter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L após a desinfecção, mantendo no mínimo 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, sendo recomendado que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e o tempo de contato mínimo seja de 30 minutos;
- Em qualquer ponto do sistema de abastecimento, o teor máximo de cloro residual livre recomendado é de 2,0 mg/L;
- O pH da água deve ser mantido no sistema de distribuição na faixa de 6,0 a 9,5;
- A água potável também deve atender o padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, conforme relação apresentada na Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX;
- Parâmetros radioativos devem estar dentro do padrão estabelecido, porém a investigação destes apenas é obrigatória quando existir evidência de causas de radiação natural ou artificial;
- Monitoramento de cianotoxinas e cianobactérias deve ser realizado, seguindo as orientações de amostragem para manancial de água superficial e padrões e recomendações estabelecidos na norma;
- A água potável também deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo humano, o qual está determinado na norma, sendo destacados na tabela abaixo os valores para os parâmetros mais comumente analisados.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra os parâmetros básicos e o seu valor máximo permitido de aceitação, da qualidade da água para o consumo humano.

Tabela 14 - Parâmetros básicos de aceitação para o consumo humano.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (VMP)
Amônia (como NH ₃)	1,5 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Cor Aparente	15 uH (Unidade Hazen – padrão de platina-cobalto)
Dureza	500 mg/L
pH	6,0 a 9,5
Fluor	1,5 mg/L
Cloro Residual Livre (CRL)	2,0 mg/L
Odor	Não objetável
Gosto	Não objetável
Sólidos dissolvidos totais	1000 mg/L
Turbidez	5 uT (Unidade de Turbidez)

Fonte: Portaria nº 05/2017 MS. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Dentro do contexto apresentado, as seguintes definições são consideradas:

- **Cianobactérias:** microrganismos procarióticos autotróficos, também denominados cianofíceas ou algas azuis, que podem ocorrer em qualquer manancial superficial, especialmente nos com elevados níveis de nutrientes, podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde;
- **Cianotoxinas:** toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo microcistinas, cilindrospermopsina e saxitoxinas;
- **Cloreto:** presente nas águas naturais em maior ou menor escala, contém íons da dissolução de minerais. Em determinadas concentrações confere sabor salgado à água. Ele pode ser de origem natural (dissolução de sais e presença de águas salinas) ou de origem antrópica (despejos domésticos, industriais e águas utilizadas em irrigação);

- **Cloro Residual Livre:** deve permanecer na água tratada até a sua utilização final. No tratamento o cloro é utilizado como oxidante de matéria orgânica e para destruir microrganismos. Quando aplicado, parte dele é consumido nas reações de oxidação e quando as reações se completam, o excesso que permanece é denominado cloro residual. Teores positivos são desejáveis, pois é garantia de um processo de desinfecção eficiente;
- **Coliformes totais:** bactérias do grupo coliforme, bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo, podendo existir bactérias que fermentam a lactose e podem ser encontradas tanto nas fezes como no meio ambiente (águas ricas em nutrientes, solos, materiais vegetais em decomposição). Nas águas tratadas não devem ser detectadas bactérias coliformes, pois se isso ocorre o tratamento pode ter sido insuficiente, ocorreu contaminação posterior ou a quantidade de nutrientes é excessiva. Espécies dos gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella* podem persistir por longos períodos e se multiplicarem em ambientes não fecais;
- **Coliformes termotolerantes:** a definição é a mesma de coliformes, porém restringem-se as bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;
- **Contagem de bactérias heterotróficas:** determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades

formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas;

- **Cor:** resulta da existência de substâncias dissolvidas, provenientes de matéria orgânica (principalmente da decomposição de vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos), metais como ferro e manganês, resíduos industriais coloridos e esgotos domésticos. No valor da cor aparente pode estar incluída uma parcela devido à turbidez da água, sendo está removida obtém-se a cor verdadeira;
- **Dureza:** resultante da presença de sais presentes com exceção de sódio e potássio. Nas águas naturais a dureza é predominantemente devido à presença de sais de cálcio e magnésio, no entanto sais de ferro, manganês e outros também contribuem para a dureza das águas. A dureza elevada causa extinção de espuma do sabão, sabor desagradável e produzem incrustações nas tubulações e caldeiras;
- **Escherichia coli (E. Coli):** é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas (CONAMA nº 357/2005);
- **pH:** abreviação de potencial hidrogeniônico, que é usado para medir acidez ou alcalinidade de soluções através da medida de concentração do íon hidrogênio (logaritmo negativo da concentração na solução). O pH 7 é considerado neutro sendo abaixo de 7 ácido e acima alcalino. É um parâmetro importante por influenciar diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente na água ou em unidades de tratamento de água;
- **Turbidez:** medida da capacidade de uma amostra de água em impedir a passagem de luz. Grau de atenuação de intensidade que

um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias etc.

3.1.5.3. Análise da Ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica

Há uma série de doenças epidemiológicas relacionadas a diversos fatores vinculados a condições ambientais e sanitárias inadequadas. Dentre as possíveis enfermidades estão as doenças infectocontagiosas como é o caso da esquistossomose e da hepatite A, relacionadas à carência de boas condições habitacionais.

Estas doenças podem estar associadas em maior ou menor grau, difusa ou heterogeneamente, a deficiências do sistema de abastecimento de água, inidoneidades no sistema de esgotamento sanitário, contaminação por resíduos sólidos ou condições precárias de habitação. As doenças potencialmente determinadas por estas condições são denominadas de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado - DRSAl, que seriam evitáveis ou passíveis de controle por ações adequadas de saneamento ambiental.

A precariedade nos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e destinação final dos resíduos sólidos, drenagem urbana, bem como a higiene inadequada, são aspectos que colocam em risco a saúde da população, sobretudo para populações em situação de precariedade sanitária como em países em desenvolvimento, afetando diretamente na qualidade e expectativa de vida dessas pessoas.

Neste sentido, torna-se de extrema importância a análise minuciosa de cada doença derivada da falta de saneamento básico, desde os modos de transmissão até as formas de proliferação e técnicas de controle. Para gerar um diagnóstico da saúde é importante especificar as principais doenças relacionadas ao saneamento que assolam países em desenvolvimento, como o Brasil. Dentre as principais doenças relacionadas com veiculação hídrica a tabela abaixo explicitam as principais formas de transmissão.

Tabela 15 - Doenças de veiculação hídrica.

Doenças relacionadas com a água.			
Grupo de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças	Formas de Prevenção
Transmitidas por vias feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico, agente causador da doença é ingerido	Diarreias e desinterias, como a cólera e a giardíase; Febre tifoide e paratifoide; Leptospirose; Amebíase; Hepatite infecciosa; Ascaridíase (lombriga).	Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar o uso de fontes contaminadas; fornecer água em quantidade adequada e promover higiene pessoal, doméstica e dos alimentos.
Controladas pela higienização (associadas ao abastecimento de água)	A falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para a sua disseminação.	Infecção na pele e olhos, como tracoma e o tifo relacionado com piolhos e a escabiose.	Fornecer água em quantidade adequada e promover higiene pessoal e doméstica;
Associadas a água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose	Evitar o contato de pessoas com águas infectadas; Proteger mananciais; Adotar medidas adequadas para a deposição de esgotos; Combater o hospedeiro intermediário.
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	Malária; Febre amarela; Dengue; Filariose (elefantíase).	Combater os insetos transmissores; Eliminar condições que possam favorecer criadouros; Evitar contato com criadouro; Utilizar meios de produção individual.

Fonte: BARROS, R.T. de V. et. al., 1995. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em relação a ocorrência de doenças de veiculação hídrica no Município de Piraúba, de acordo com técnicos da Prefeitura, não há casos de transmissões entre a população, pois, o Poder Público local garante para os seus habitantes a potabilidade da água servida, através do atendimento a todas as Normas e Resoluções que determinam o seu padrão de qualidade.

Além, de haver entre a Vigilância Sanitária Municipal, Secretaria de Saúde Municipal e a COPASA uma cooperação mutua para garantir a qualidade do abastecimento de Piraúba.

3.1.5.4. Reservação

Em relação ao sistema de reservação de água para o abastecimento público de Piraúba, de acordo com informações da COPASA, o total é de 550m³ divididos entre sete reservatórios. Sendo assim, a tabela abaixo mostra as características físicas dos reservatórios existentes no município e as imagens abaixo mostram alguns destes reservatórios.

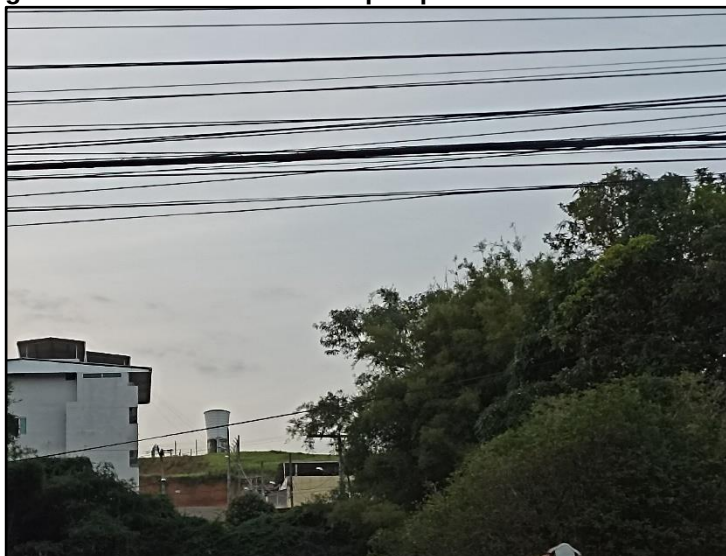
Tabela 16 - Sistema de reservação em Piraúba.

Reservatório	Tipo de Construção	Capacidade	Local	Bairro
Central	Alvenaria	250 m ³	Rua Rubi	Centro
Ouro Park	Elevado de Fibra	2 de 25 m ³	Rua Platina	Ouro Park
Bom Clima	Elevado de Fibra	25 m ³	Rua Santa Luzia	Bom Clima
Bom Jardim	Elevado tipo Taça	55 m ³	Rua Jose Lopes Conde	Bom Jardim
Piraubinha	Alvenaria	150 m ³	Rua Apolo XI	Piraubinha
Joao Gonçalves da Neiva	Fibra semienterrado	3 de 15 m ³	Rua Alvorada	João Gonçalves da Neiva
Distrito Industrial	Fibra semienterrado	2 de 15 m ³ e 1 de 20 m ³	Av. Oscar Filgueiras	Distrito Industrial

Fonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Após a etapa de tratamento diretamente na captação os reservatórios são abastecidos, e por gravidade estes reservatórios atendem o centro da cidade e o restante dos bairros do município. Sendo assim, a figura abaixo mostra um dos reservatórios existentes em Piraúba que compõem o sistema público de abastecimento de água.

Figura 21 - Reservatórios do tipo apoiado de fibra em Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.1.5.5. Distribuição

Após a etapa de captação, tratamento e reservação, ressaltando que o tipo de tratamento de água para o abastecimento público no Município de Piraúba é do tipo convencional, a água passa pelo sistema de distribuição, o qual é composto por uma malha de partilha da água tratada. No município, de acordo com a COPASA, há um alto índice de atendimento, servindo 7.805 habitantes, abrangendo desta forma 98,59 % da população urbana.

O sistema é operado por bombas de distribuição localizado no ponto de captação, sendo a captação do tipo subterrânea, como já mencionado anteriormente. O sistema conta com etapas de distribuição de água por gravidade não havendo no município problemas com pressão insuficiente para atender os bairros da área urbana, apesar de relatos da população de falta de águas recorrentes.

De acordo ainda com informações da COPASA, Piraúba possui 3.932 ligações, sendo que 100% destas ligações possuem micromedição. A importância do diagnóstico e da avaliação dos índices de perdas nos sistemas de abastecimento e distribuição de água, se deve ao poder de aferir a eficiência dos prestadores em atividades como distribuição, planejamento, investimentos e manutenção. Ressalta-se, que no município o índice de perdas está abaixo da média estadual e nacional.

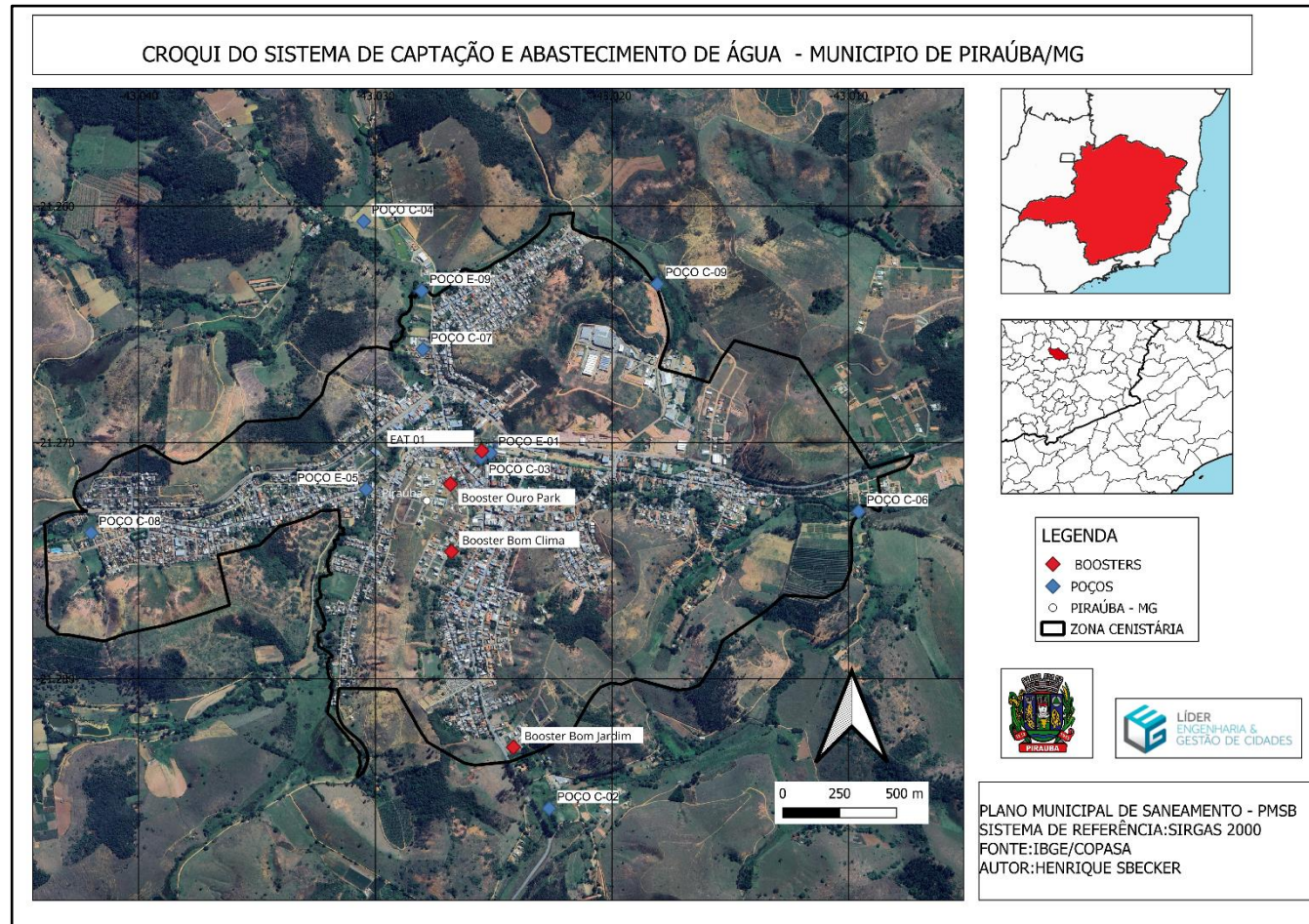
Em relação a distribuição de água tratada, o mesmo se encontra sintetizado na tabela a seguir com dados fornecidos pela COPASA de Piraúba.

Tabela 17 – Boosters e Adutoras de Piraúba.

Nome	Nº DE BOMBAS	Potência	Longitude	Latitude
EAT 01	02 conjuntos	15 cv	43° 1' 31.81" O	21° 16' 13.3" S
Booster Ouro Park	02 conjuntos	5 cv	43° 1' 36.57" O	21° 16' 18.34" S
Booster Bom Clima	02 conjuntos	3 cv	43° 1' 36.43" O	21° 16' 28.63" S
Booster Bom Jardim	02 conjuntos	5 cv	43° 1' 27.00" O	21° 16' 58.44" S

Fonte: COPASA, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 22 - Croqui do sistema de captação e abastecimento de água.



Fonte: Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A International Water Association – IWA, classifica as perdas levando em conta a sua natureza como reais ou aparentes. As perdas reais equivalem ao volume de água perdido durante as diferentes etapas de produção, como: a captação, o tratamento, o armazenamento e a distribuição antes de chegar ao consumidor final.

Estas possuem efeito direto sobre os custos de produção e a demanda hídrica. Neste sentido, um elevado nível de perdas reais equivale a uma captação e a uma produção superior ao volume efetivamente demandado, gerando ineficiências nos seguintes âmbitos:

Produção:

- maior custo dos insumos químicos, energia para bombeamento, entre outros fatores de produção;
- maior custo de manutenção da rede e de equipamentos;
- desnecessário uso da capacidade de produção e distribuição existente;
- maior custo pela possível utilização de fontes de abastecimento alternativas de menor qualidade ou difícil acesso.

Ambiental:

- desnecessária pressão sobre as fontes de abastecimento do recurso hídrico;
- maior custo de mitigação dos impactos negativos desta atividade (externalidades).

Sendo assim, as fórmulas e a tabela abaixo avaliam os indicadores de perdas do Município de Piraúba, apresentando um comparativo também com valores do Estado de Minas Gerais e com o Brasil. Ressaltando, que os indicadores para avaliar as perdas de água são os indicadores do SNIS, sendo eles:

- índice de perdas no faturamento - IN013;

- índice de perdas na distribuição - IN049;
- índice de perdas por ligação - IN051.

$$IN013 = \frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratada Importado – de Serviço – Faturado)}}{\text{Volume de Água (Produzido + Tratada Importado – de Serviço)}}$$

$$IN049 = \frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado – de Serviço) – Volume de Água Consumido}}{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado – de Serviço)}}$$

$$IN051 = \frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratada Importado – Consumido – de Serviço)}}{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água}}$$

Tabela 18 - Comparação dos índices de perdas municipal, estadual e nacional.

Índice	Objetivo	Piraúba	Minas Gerais	Brasil
IN013 Índice de Perdas de Faturamento	Avaliar em termos percentuais o nível da água não faturada sem o volume de serviço (%)	25,06	35,3	37,39
IN049 Índice de Perdas na Distribuição	Avaliar em termos percentuais o nível de perdas da água efetivamente consumida em um sistema de abastecimento de água potável (%).	25,07	36,66	39,24
IN051 Índice de Perdas por Ligação	Avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários (l/lig./dia).	116,55	253,61	339,48

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

Observando os dados expostos na tabela acima, nota-se que o índice IN013 no Município de Piraúba é menor que a média estadual e do Brasil, ressaltando, que o consumo faturado medido corresponde ao volume de água registrado nos hidrômetros, e o volume não faturado corresponde a água extraída direto no ponto de captação.

Com os dados do índice IN013 a COPASA encontra possibilitada de aferir as perdas reais e de assim promover ações eficientes de combate as questões

relacionadas as perdas. Sendo assim, no índice IN049, comparando os valores verifica-se que o município também está abaixo do índice brasileiro e abaixo da média estadual.

Contudo, ressalta-se que esses valores podem não refletir a realidade, já que a macro e micromedicação podem ser deficitárias. Por fim, o Índice de Perdas por Ligação – IN051, está também abaixo do valor médio entre o apresentado pelo Estado de Minas Gerais e pelo Brasil, isto indica que o município se encontra em uma boa posição em nível estadual e nacional.

Desta forma, salienta-se a importância do monitoramento constante em todo o processo produtivo, incluindo a elaboração ou até mesmo, a manutenção de um cadastro técnico que relate a realidade da infraestrutura na rede de distribuição local, com avaliações periódicas no controle dos possíveis vazamentos e implantando uma gestão de perdas através de macromedidores e do gerenciamento das pressões na rede. Ressalta-se, que o procedimento citado neste parágrafo é realizado pela COPASA.

A incorporação deste conjunto de boas práticas, colabora para a continuação dos altos índices de qualidade, que foram constatados no município em relação a gestão do sistema de abastecimento de água como um todo.

3.1.5.1. Comunidade Rural dos Ferreiras

A comunidade rural dos Ferreiras é atendida por poços artesianos individuais em cada residência. Não foi informado se existe algum tipo de controle da qualidade da água por parte da COPASA ou da administração municipal.

Figura 23 - Comunidade Rural dos Ferreiras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.1.6. Balanço entre Consumos e Demandas de Abastecimento de Água na Área de Planejamento

Com base nos dados disponibilizados pelo SNIS 2021, foram calculadas as médias mensais dos volumes consumido, faturado e produzido. O volume faturado de água pode apresentar valor maior que o volume efetivamente consumido, pois, o seu cálculo adota parâmetros de consumo mínimo ou médio.

Desse modo, caso o usuário consuma qualquer volume abaixo do definido como valor faturado, este terá que pagar pelo volume determinado como consumo mínimo. O volume consumido de água é o volume anual de água que de fato foi servido nas ligações ativas.

Enquanto que o volume faturado de água é referente ao volume anual de água debitado ao total de economias, medidas e não medidas, para fins de faturamento, incluindo também o volume de água tratada exportado. O volume de água produzido se refere a quantidade anual de água captada disponível para o consumo. Sendo assim, a tabela abaixo mostra os valores do volume consumido, do volume faturado e do volume produzido do Município de Piraúba.

Tabela 19 - Volume, faturado e produzido em Piraúba.

Ano	Volume Consumido - m³/ano	Volume Faturado - m³/ano	Volume de água produzido – m³/ano
2021	497.860	497.910	667.750

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os dados acima mostram que o volume consumido é menor que o volume faturado e o volume produzido possui um alto valor, de acordo com o SNIS 2021. Desta forma, percebe-se através destes valores que há um alto índice de perdas no sistema de captação e distribuição do município, totalizando em 25,06% de perdas.

3.1.7. Estrutura de Tarifação, Índice de Inadimplência, Receita Operacional e Indicadores Operacionais

Taxa é o pagamento de imposto obrigatório ao Governo por serviços prestados e, a tarifa corresponde à forma de pagamentos por serviço ou benefício prestado, portanto, não sendo compulsória.

O regime tarifário do custo de serviço tem por objetivo evitar que os preços fiquem abaixo dos custos de manutenção e operação, além de garantir que o preço final seja estabelecido entre a receita bruta e a receita requerida para a remuneração de todos os custos de produção. Dentre os principais objetivos da tarifação, pode-se constatar os seguintes critérios:

- Evitar que o preço fique abaixo do custo;
- Evitar o excesso de lucro;
- Viabilizar a agilidade administrativa no processo de definição e revisão de tarifas;
- Impedir a má-alocação de recursos e a produção ineficiente;
- Estabelecer preços não discriminatórios entre os consumidores.

Quanto à aplicação dos recursos adquiridos em função da cobrança do uso da água, está previsto pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, o artigo 22, que trata sobre as aplicações prioritárias destes recursos na bacia hidrográfica em que foram gerados.

Em atendimento às diretrizes nacionais para o saneamento básico tem-se a Lei Federal nº 11.445/2007, alterada pela Lei nº 14026/2020 – Novo Marco Legal do Saneamento, os serviços desta área devem ser prestados em condições de sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro.

Assim, as tarifas e taxas devem ser adequadas de forma justa considerando o balanço entre receitas, despesas e investimentos necessários para manter a qualidade e a universalização dos serviços, com subsídios tarifários à população de baixa renda, tendo em vista a equidade social no atendimento.

O Plano de Saneamento Básico deve discutir estes critérios a fim de respaldar o município quanto aos interesses internos de investimentos. Especificamente em Piraúba de acordo com informações do SNIS a cobrança pelo uso da água é realizada mensalmente, com cobrança da tarifa média de água é no valor de cinco reais e nove centavos aproximadamente.

Desta forma, com o intuito de apresentar mais informações sobre os custos operacionais realizados para o Município de Piraúba, abaixo segue a

tabela com as informações do SNIS – 2021 e, a metodologia de cálculo para os principais indicadores.

Tabela 20 - Indicadores do sistema de abastecimento de água - SAA.

ITEM	INDICADOR	VALOR	VALOR	UNIDADE	RESPONSÁVEL	FONTE:
FN002	Receita operacional direta de água	2.737.758,19	-	R\$/ano	COPASA	SNIS
FN005	Receita operacional total (direta + indireta)	2.772.155,93	99.051,00	R\$/ano	COPASA/PMP	SNIS
FN006	Arrecadação total	2.765.462,79	102.162,40	R\$/ano	COPASA/PMP	SNIS
FN013	Despesa com energia elétrica	470.317,77	-	R\$/ano	COPASA	SNIS
FN014	Despesa com serviços de terceiros	37.944,72	850	R\$/ano	COPASA/PMP	SNIS
FN015	Despesas de exploração	1.568.112,30	97.200,00	R\$/ano	COPASA/PMP	SNIS
IN003	Despesa total com os serviços por m³ faturado	4,88	0,28	R\$/m³	COPASA/PMP	SNIS
IN004	Tarifa média praticada	5,5	0,22	R\$/m³	COPASA/PMP	SNIS
IN005	Tarifa média de água	5,5	-	R\$/m³	COPASA	SNIS

Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O IN003 - Despesa Total com os serviços por m³ faturado de água e esgoto, é calculado através do valor das despesas totais com os serviços dividido pelo volume total faturado (Água e Esgoto). Sendo assim, para se calcular o IN003 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN003 = \frac{\text{Despesas Totais com os Serviços (DTS)}}{\text{Volume Total Faturado (Água + Esgoto)}}$$

O IN004 – Tarifa Média Praticada, corresponde ao cálculo da divisão da receita operacional direta total, pela soma do volume de água faturado com o volume de esgotos faturado. Este indicador apresenta o valor gasto por metro cúbico de água ou de esgoto faturado. Sendo assim, para se calcular o IN004 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN004 = \frac{\text{Receita Operacional Direta Total}}{\text{Volume de Água Faturado} + \text{Volume de Esgotos Faturado}} \times \frac{1}{1.000}$$

O IN005 - Tarifa Média de Água, corresponde ao valor da receita operacional direta de água, dividido pelo valor obtido entre a subtração do volume de água faturado e o volume de água exportado. Sendo assim, para se calcular o IN005 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN005 = \frac{\text{Receita Operacional Direta de Água}}{\text{Volume de Água Faturado} - \text{Volumes de Água Exportados}}$$

Contudo, a tabela abaixo mostra os valores dos índices IN003, do IN004 e do IN005 do Município de Piraúba, do Município de Itanhomi, utilizado como município de comparação, como dito em capítulos anteriores, do Estado de Minas Gerais e do Brasil. Lembrando que a unidade dos valores apresentados é em R\$/m³.

Tabela 21 - Comparativo de valores praticados.

Índice	Piraúba	Itanhomi	Minas Gerais	Brasil
IN003	5,16	4,89	3,52	3,89
IN004	5,72	5,51	3,92	4,31
IN005	5,50	5,51	4,22	4,53

Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Analisando-se os dados contidos na tabela acima, observa-se que o Município de Piraúba, no índice de despesa total – IN003, apresentou um valor de 5,16 R\$/m³, sendo este valor, maior que Município de Itanhomi, e superior ao Estado de Minas Gerais e ao Brasil.

No índice da tarifa média praticada – IN004, o valor foi de 5,09 R\$/m³, também maior ao Município de Itanhomi que possui o valor de 5,51R\$/m³, e superior aos valores praticados no Estado de Minas Gerais e no Brasil.

Enquanto que no índice da tarifa média de água – IN005, o valor no Município de Piraúba foi 5,50 R\$/m³, inferior ao Município de Itanhomi, com tarifa média de água de 5,51 R\$/m³ e com valor superior ao Estado de Minas Gerais e

ao Brasil. Um outro índice muito importante é o IN058 - Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água, correspondendo à quantidade de quilowatts por hora para a produção de um metro cúbico de água.

Este indicador é importante para a avaliação dos custos com energia elétrica, sendo possível avaliar se o sistema demanda de muita energia para manter o abastecimento da população, além de possibilitar um comparativo com outros sistemas. Sendo assim, para se calcular o IN058 é utilizada a fórmula abaixo:

$$IN058 = \frac{\text{Consumo Total d Energia Elétrica em Sistemas de Água}}{\text{Volume de Água (Produzido – Tratada Importado)}}$$

Contudo, através de todos os dados expostos e analisados nos parágrafos anteriores, observa-se que há receita gerada de 1,72 no SAA do Município de Piraúba. De acordo com SNIS 2021, é possível visualizar o superávit gerado no sistema através dos indicadores FN006 – arrecadação total e, FN015 – Despesas de exploração.

O FN006 apresentou um valor de R\$ 2.867.625,19, e o FN015 apresentou um valor de R\$ 1.665.312,30, gerando um valor positivo de R\$ 1.202.312,89 ao SAA do município.

3.1.8. Análise Crítica do Sistema de Abastecimento de Água de Piraúba

As principais deficiências que podem ser citadas no SAA de Piraúba são:

- Baixa frequência ou inexistência de análises da qualidade da água na área rural;
- Captação e reservação das comunidades rurais desprovidas de cercamento e sinalização.
- Falta de água recorrente na zona urbana de Piraúba;
- Tratamento inadequado com água com cor amarelada e cheiro desagradável;

- Água com lodo e sólidos causando entupimento em caixas de água e tubulações;

A partir das deficiências levantadas serão apresentadas propostas mitigatórias na etapa de Prognóstico. Assim, deve-se apresentar soluções para os problemas apontados no presente produto.

Figura 24 - Água com coloração turva na zona urbana de Piraúba.



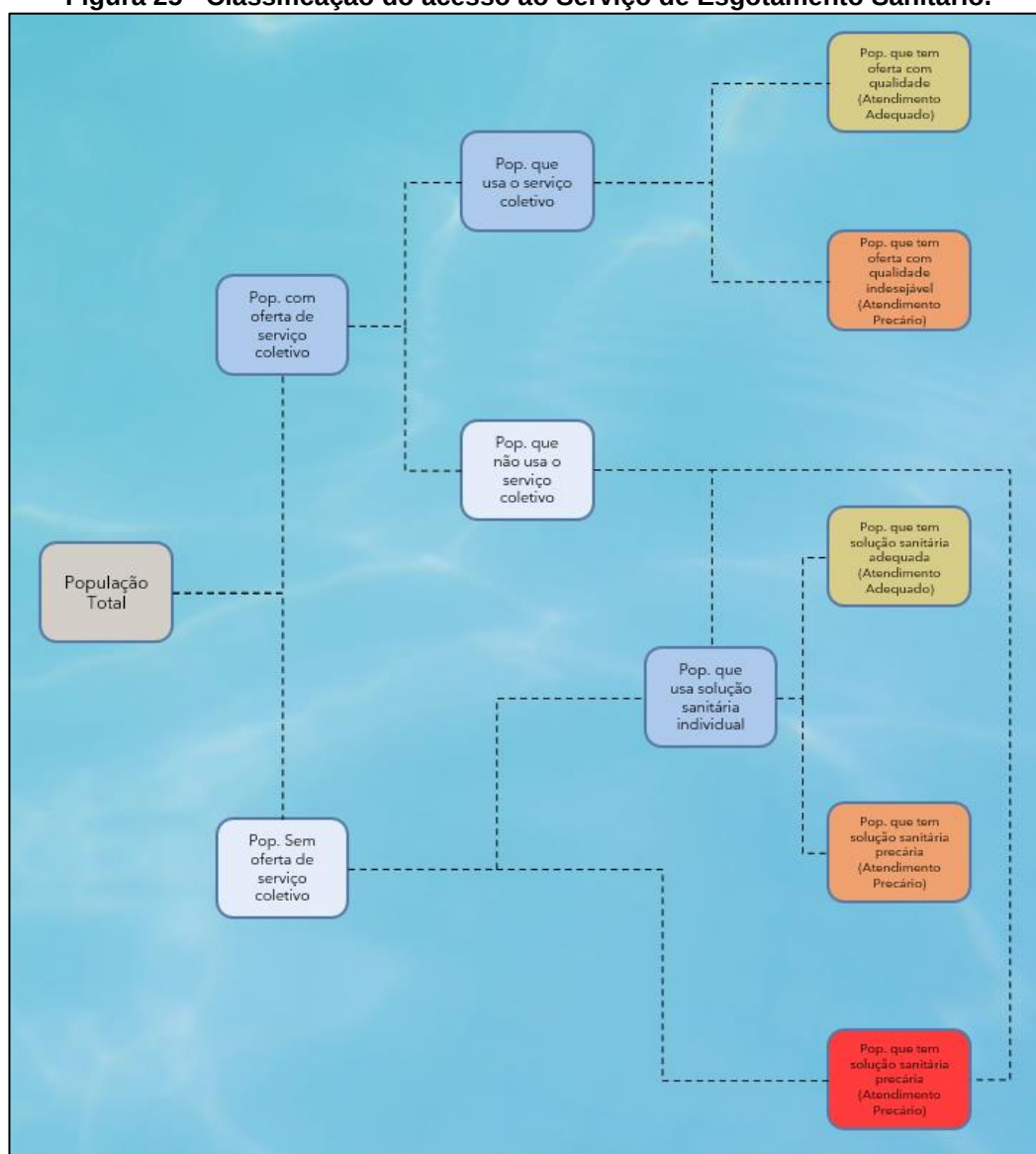
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

Tendo em vista a situação atual do Esgotamento Sanitário de Piraúba, observa-se que o déficit deste serviço pode ser definido em virtude da falta de investimentos e/ou da oferta de soluções sanitárias individuais ou coletivas.

A carência na oferta deste serviço também pode ser relacionada ao crescimento aliado a falta de planejamento e investimento nesse eixo. Dentro dessa perspectiva, o fluxograma abaixo, extraído do relatório “Panorama do Saneamento no Brasil – Vol. 2”, ilustra esta classificação.

Figura 25 - Classificação do acesso ao Serviço de Esgotamento Sanitário.



Fonte: Panorama do Saneamento Básico no Brasil, 2011. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A zona urbana de Piraúba, não conta com Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs operadas pela concessionária COPASA, então todo o esgoto é direcionado para os corpos receptores. Entretanto, possui 46,85 km de extensão de rede de coleta de esgoto e segundo o SNIS 2021 a população não tem acesso ao tratamento de esgotos sanitários no município.

O restante da população nas comunidades dispõe seus efluentes domésticos em fossas rudimentares ou diretamente no solo ou na rede que por sua vez é direcionada aos corpos hídricos. A figura abaixo ilustra a situação atual.

Figura 26 - Disposição de esgotos domésticos diretamente no rio.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O quadro abaixo mostra os indicadores do sistema de esgotamento sanitário do município de Piraúba presentes no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Tabela 22 - Indicadores do sistema de esgotamento sanitário.

Sistema de Esgotamento Sanitário do Município	
Ano de referência	2021
ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário [habitante]	10.032
ES002 - Quantidade de ligações ativas de esgoto [ligação]	3.698
ES003 - Quantidade de economias ativas de esgoto [economia]	3.698
ES004 - Extensão da rede de esgoto [km]	46,85
ES005 - Volume de esgoto coletado [1.000 m³/ano]	470,06
ES006 - Volume de esgoto tratado [1.000 m³/ano]	0
ES007 - Volume de esgoto faturado [1.000 m³/ano]	415,2
ES008 - Quantidade de economias residenciais ativas de esgoto [economia]	3.675
ES009 - Quantidade de ligações totais de esgoto [ligação]	3.760
ES026 - População urbana atendida com esgotamento sanitário [habitante]	8.586
ES028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos [1000 kWh/ano]	0
IN015 - Índice de coleta de esgoto [percentual]	-
IN016 - Índice de tratamento de esgoto [percentual]	0
IN021 - Extensão da rede de esgoto por ligação [m/lig.]	12,42
IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água [percentual]	98,59
IN046 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida [percentual]	-
IN047 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto [percentual]	98,59
IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água [percentual]	93,48

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

De acordo com a Lei Federal n.º 11.445 de 2007, atualizada pela Lei 14.026 de 2020, deve-se estabelecer um sistema de informações sobre os serviços, articulado com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Com a atualização periódica do Plano Municipal de Saneamento Básico, que deve ser revisto por exigência legal em prazo não superior a dez anos, este sistema poderá ser complementado com outros indicadores que no decorrer do processo forem considerados relevantes para acompanhamento do serviço de esgotamento sanitário no município.

Comparando o percentual de atendimento do serviço de esgotamento sanitário na área urbana de Piraúba com as outras regiões do país, constata-se que o município se encontra em posição desprivilegiada, apresentando índices de atendimento muito menores que dos demais.

Nota-se a necessidade de grandes investimentos neste setor, para priorizar a saúde ambiental do município e, conseqüentemente, dos cidadãos residentes no mesmo. Abaixo, é possível visualizar os dados de cobertura de coleta e tratamento dos esgotos, em âmbito Nacional, Regional e Municipal.

Tabela 23 - Panorama da coleta e tratamento de esgotos.

Macrorregião	Coleta de Esgotos		Tratamento de Esgotos	
	Total (%)	Urbano (%)	Gerados (%)	Coletados (%)
	IN056	IN024	IN046	IN016
Norte	12,3	15,8	22	82,8
Nordeste	28,3	36,7	33,7	82,7
Sudeste	79,5	83,7	55,5	73,4
Sul	46,3	53,1	47	94,6
Centro-Oeste	57,7	63,6	56,8	93,2
Brasil	54,1	61,9	49,1	78,5
Piraúba	93,48	98,59	0	0

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

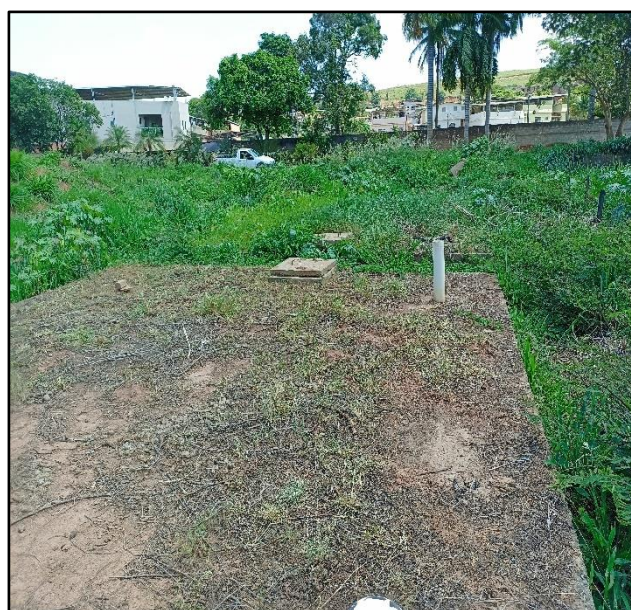
De acordo com os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações do Saneamento, observa-se que o Brasil atende 54,1% da população brasileira com rede de esgotamento sanitário e que 49% do esgoto gerado é tratado. O índice de coleta de esgotos urbanos para a Região Sudeste é de 83,7%, enquanto o de Piraúba é 93,48 segundo SNIS SNIS , porém conforme SNIS se denota que parte do esgoto gerado na cidade é coletado porém não é tratado.

Analisando os indicadores apresentados, observa-se que o município deve estabelecer uma política de investimento massiva para minimizar o quadro atual precário em que se encontra. Portanto, devido a isso, a degradação do meio ambiente, somada aos recursos financeiros disponibilizados para saúde para sanar as doenças causadas pelos baixos índices de saneamento adequado, bem como incapacidade de valorização imobiliária, atrasarão o desenvolvimento econômico do município e diminuirão a qualidade de vida da população.

Considerando a inexistência de tratamento de esgotos sanitários por parte da concessionária, áreas que possuem risco de contaminação são aquelas não atendidas por este serviço e, notoriamente, com maior potencial, àquelas onde apresentam maior densidade populacional. No caso de Piraúba, essa situação é

generalizada em todo o município, além da falta de investimento em um sistema público de tratamento dos esgotos domésticos, esse despejo irregular, acaba se tornando prejudicial ao meio ambiente. O município não possui Estações de Tratamento operadas pela concessionária, entretanto a municipalidade possui Estações de tratamento descentralizadas oriundas de empreendimentos imobiliários que foram doadas para administração municipal. As mesmas não possuem monitoramento e por consequência baixa eficiência. As estações visitadas se encontram em mau estado de conservação e apresentam manutenção adequada, não foi informado se as mesmas possuem um monitoramento do efluente tratado ou algum cronograma de manutenção.

Figura 27 - Estações de tratamento de esgoto descentralizadas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O conceito de acesso e cobertura devem considerar as diversidades tecnológicas e buscar a cobertura dos serviços através das adaptações e utilização da melhor tecnologia para cada ambiente. Com essa diretriz, busca-se a universalização do esgotamento sanitário através da viabilidade técnica, econômica e social.

3.2.1. Características gerais dos Sistemas de Esgotamento Sanitário

3.2.1.1. Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's)

Segundo Von Sperling (1996), o tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia), enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Nestes dois tipos de tratamento, predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes. Por outro lado, no tratamento secundário, predominam mecanismos biológicos (sistemas anaeróbios, filtros biológicos, lagoas de estabilização, lodos ativados, dentre outros), tendo como objetivo principal a remoção de matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes (nitrogênio e fósforo).

O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário, nutrientes e patógenos. A remoção de nutrientes e patógenos também pode ser considerada integrante do tratamento secundário dependendo do sistema, visto que o tratamento terciário é bastante raro no Brasil.

Em Piraúba não existem estações de tratamento de esgotos operadas pela COPASA, portanto infere-se que todo o esgoto coletado acaba por ser lançado *in natura* nos corpos hídricos que cortam a cidade, ou, nos locais onde não há rede coletora, diretamente no solo, galerias pluviais ou fossas rudimentares. No que tange as estações oriundas em empreendimentos imobiliários como loteamentos e condomínios, as mesmas com manutenção deficiente e péssimas condições de uso.

3.2.2. Corpo Hídrico Receptor

A Resolução CONAMA nº 430 de 2011 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Segundo o artigo 10 desta resolução, os valores máximos estabelecidos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento, deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência.

Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

Esta resolução também estabelece que, os valores máximos admissíveis dos parâmetros relativos às formas químicas de nitrogênio e fósforo, nas condições de vazão de referência, poderão ser alterados em decorrência de condições naturais ou quando estudos ambientais específicos, que considerem também a poluição difusa, comprovem que esses novos limites não acarretarão prejuízos para os usos previstos no enquadramento do corpo de água.

A resolução citada estabelece metas obrigatórias através de parâmetros para o lançamento de efluentes, de forma a preservar as características do corpo de água. Para os parâmetros não inclusos nas metas obrigatórias, os padrões de qualidade a serem obedecidos são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado. Na ausência de metas intermediárias progressivas obrigatórias, devem ser obedecidos os padrões de qualidade da classe em que o corpo receptor estiver enquadrado.

A Resolução CONAMA nº 430 de 2011, através do Artigo 21 define os padrões de lançamento, modificando os limites estabelecidos para alguns parâmetros definidos anteriormente pela Resolução nº 357 de 2005, e acrescenta um parágrafo onde especifica que o parâmetro nitrogênio amoniacal total não é mais aplicável em sistemas de tratamento de esgotos sanitários.

Na prática, quanto aos valores estabelecidos pela Legislação Federal referente aos lançamentos de esgotamento sanitário, é fixado a taxa máxima de

120 mg/l para DBO₅, sendo permitido concentração superior a essa apenas quando o sistema tiver eficiência de 60%.

O corpo hídrico que recebe os efluentes domésticos em Piraiúba é o Rio São Domingos e o Ribeirão Piraiúba que é um afluente da margem direita do rio Paraopeba e, portanto, um subafluente do rio Pomba . O ribeirão Piraiúba corta toda a zona urbana de Piraiúba,

Diante das informações levantadas, pode-se afirmar que os usos preponderantes das águas da sub-bacia do rio Rios Pomba e Muriaé, eram de águas destinadas:

- ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- ao abastecimento para consumo humano, com filtração e desinfecção;
- à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral (PQE Nova Baden)
- à recreação de contato primário;
- a aquicultura e pesca;
- à dessedentação animal

Como potenciais fontes de poluição:

➤ Difusas rurais:

- A sub-bacia tem sua cobertura vegetal alterada em grande parte para pastagem, foram visualizadas grandes áreas para a criação de gado, o que aumenta o potencial da poluição das águas por coliformes. Além disso, as pastagens degradadas são grandes fontes de sedimentos para os cursos d'água dado o aumento do escoamento superficial das chuvas.
- As estradas de terra, que são muitas na sub-bacia, também são grandes fontes de sedimentos para os cursos d'água, e também devem ser consideradas.

- As áreas de cultivo com a utilização de agrotóxicos podem ser consideradas como fontes difusas de poluição no meio rural, e foram identificadas em grande escala na sub-bacia.

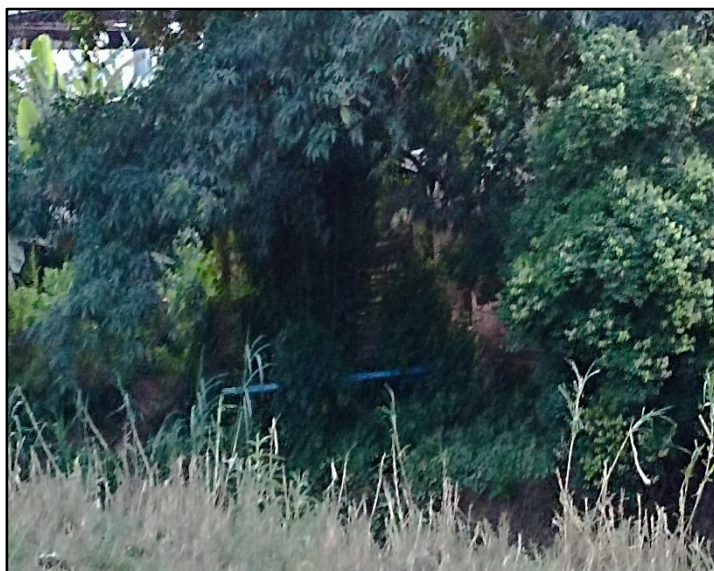
➤ Difusas urbanas:

- Lançamentos de esgotos in natura pela sede urbana de Arantina;
- Lançamentos de esgotos in natura pela sede urbana de Piraúba em vários pontos do rio turvo;

Não há análises de montante e jusante nos pontos de lançamento principais da rede coletora de esgotos no referido corpo hídrico, bem como são desconhecidas as localizações exatas dos pontos de poluição difusa oriundos do lançamento indiscriminado de efluentes domésticos no rio e córregos menores da cidade que desaguam no ribeirão Piraúba, o exposto acima também se enquadra para Estações descentralizadas da municipalidade.

A figura abaixo relata alguns pontos que podem haver indícios de contaminação, em virtude de conterem um índice considerável de imóveis próximos as margens dos córregos, bem como topografia favorável para descarga.

Figura 28 - Risco de contaminação por esgoto.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.3. Sistemas Individuais

Apesar da falta de acesso a serviços de esgotamento sanitário também existir em grandes centros urbanos, há uma enorme disparidade da situação entre as áreas urbanas e as rurais. Sabe-se que a cada dez pessoas sem acesso a práticas adequadas de saneamento, sete vivem em áreas rurais (WHO/UNICEF, 2015).

Nessas regiões, 49% da população ainda convive com práticas consideradas inadequadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), como o uso de banheiros compartilhados, a defecação ao ar livre ou ainda o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água (WHO/UNICEF, 2015).

Apesar do baixo índice de cobertura das áreas rurais do Brasil por redes coletoras de esgotos, isso por si só não é um agravante para as condições sanitárias (SOUSA, 2004; FUNASA 2015). Os sistemas locais de tratamento de esgoto (também chamados de descentralizados) — se bem projetados, construídos e operados — são boas alternativas para garantir a saúde da população e, ao mesmo tempo, manter a integridade ambiental dessas localidades (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009), especialmente de áreas menos densamente habitadas (USEPA, 2002).

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

É evidente que o despejo de esgoto sanitário sem tratamento nos mananciais piora a qualidade da água, sendo de extrema importância tratar e dispor adequadamente o esgoto. Em algumas áreas, essa questão é complicada devido ao afastamento em relação às estações de tratamento de esgoto, à geografia do local, ou mesmo, à falta de infraestrutura. Neste contexto, uma solução é a descentralização do tratamento do esgoto doméstico, com a implantação, por exemplo, de fossas sépticas, filtros e sumidouros.

Desenvolvidos para atender as comunidades mais isoladas, os sistemas individuais, quando bem executados e operados, se tornam uma opção efetiva

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

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

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

Segundo CHERNICHARO (2007), as fossas sépticas, ou tanques sépticos, são unidades de forma cilíndrica ou prismática retangular, de fluxo horizontal, destinadas principalmente ao tratamento primário de esgotos de residências unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por redes coletoras.

No tratamento, cumprem basicamente as seguintes funções:

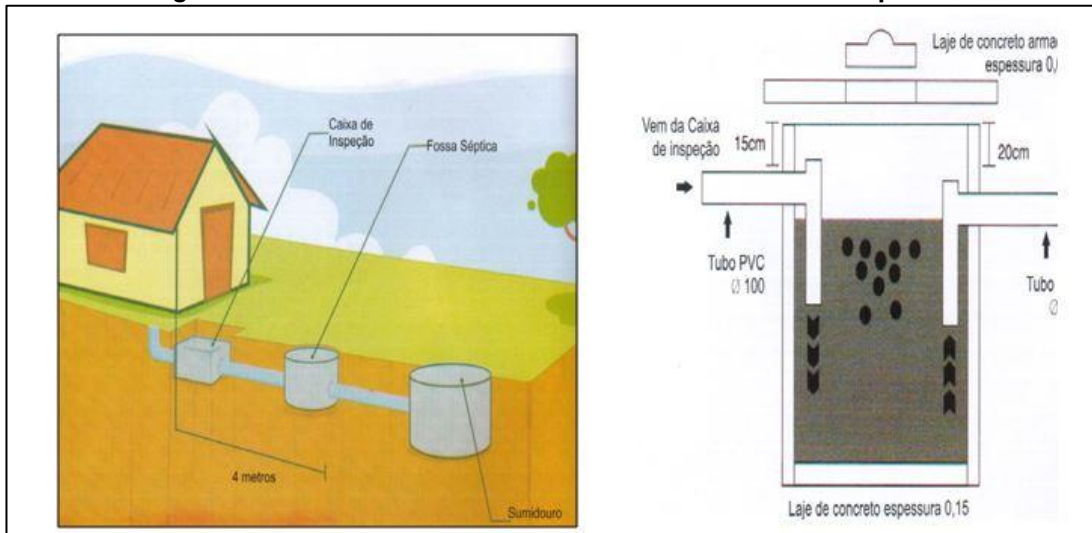
- Separação gravitacional da espuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo projeto. A falta de retirada do lodo leva a sua acumulação excessiva e à redução do volume reacional do tanque, prejudicando sensivelmente as condições operacionais do reator.

As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em 4 metros a fim de evitar mau odor, nem muito longe, para evitar tubulações muito longas. Estruturas construídas próximas ao banheiro também tendem a evitar curvas nas canalizações, o que beneficia o bom funcionamento. Também, sugere-se a instalação num nível mais baixo em relação ao terreno, favorecendo o escoamento.

Uma exigência importante é que este tipo de sistema seja construído longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água, pelo menos 30 metros de distância, para evitar contaminações, no caso de um eventual vazamento. Abaixo segue as imagens do sistema de Fossas Sépticas.

Figura 29 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 30 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 1m de diâmetro e mais de 3m de profundidade, para simplificar a construção.

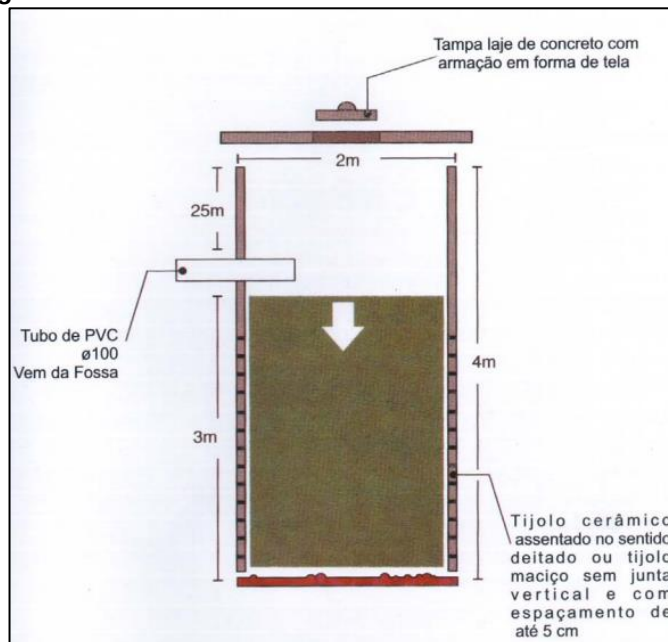
Os sumidouros podem ser construídos de tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto. A construção de um sumidouro começa pela escavação de buraco, a cerca de 3 m da fossa séptica e um nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade. A profundidade do buraco deve ser 70 cm 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 20 cm, 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 do Meio Ambiente do Município, em parceria com a Vigilância Sanitária deveria cobrar e informar sobre a exigência de sumidouro apenas para casos onde não há existência de rede de esgotamento. No entanto, o sistema mais utilizado para suprir a coleta e o tratamento dos esgotos são os sistemas

de tratamento individual, caracterizados com fossas, filtro e sumidouro ou fossas diretamente ligadas na rede pluvial.

Figura 31 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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

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

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

- Área de implantação até 50% inferior aos sistemas convencionais.

Figura 32 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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

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

Não há em Piraúba um programa de acompanhamento ou fiscalização para os sistemas individuais tampouco as estações descentralizadas, aumentando assim a potencialidade de contaminação dos solos, águas subterrâneas e superficiais.

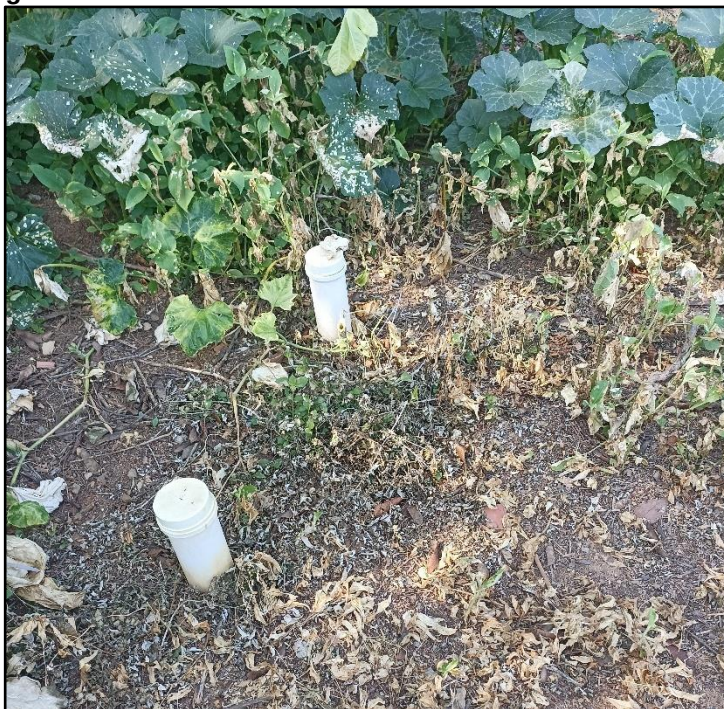
- Comunidade Rural dos Ferreiras

Figura 33 - Ponto de lançamento na Comunidade dos Ferreiras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 34 – Fossa rustica na comunidade rural dos Ferreiras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.4. Geração Atual de Esgoto

A contribuição de esgoto está diretamente correlacionada ao consumo de água, sendo assim, utiliza-se normalmente o consumo per capita usado para projetos de sistemas de abastecimento de água para se projetar o sistema de esgotos. No sistema de esgoto sanitário, porém, considera-se o consumo efetivo per capita, não incluindo as perdas de água. O consumo per capita de água varia em função do local. Em locais onde não há dados referentes ao consumo per capita de água, a literatura recomenda a adoção de valores de comunidades com características semelhantes.

Para que possa ser estabelecida a contribuição per capita de esgoto, o consumo de água efetivo per capita é multiplicado pelo coeficiente de retorno. O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgotos recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente fornecido à população de acordo com a NBR 9649 que diz para se adotar o valor de 80% para o coeficiente de retorno.

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

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

Na falta de valores obtidos através de medições, a NBR 9649 da ABNT recomenda o uso de $K1 = 1,20$, $K2 = 1,50$ e $K3 = 0,50$. A seguir a tabela mostra os valores de vazão anual do município de Piraúba para o cenário do último SNIS.

Tabela 24 - Geração atual de esgotos domésticos.

Ano	População urbana atendida com abastecimento de água (hab)	Volume de água consumido (m³/ano)	Volume de esgoto gerado anual (m³/ano)	Volume de esgoto gerado per capita anual (m³/hab)	Volume diário per capita de esgoto gerado (L/hab.dia)
2022	11.610	847,53	678,02	58,40	160

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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. É preciso levantamentos de campo na área, incluindo amostragens dos poluentes, análises de laboratórios, medição de vazões e outros. Caso não seja possível a execução de todos estes itens, pode-se complementar com dados de literatura (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Von Sperling (2005), vários cálculos a quantificação dos poluentes devem ser mostrados em termos de cargas. A carga é retratada em termos de massa por unidade de tempo, podendo ser calculada por um dos seguintes métodos, dependendo do tipo de problema em análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis.

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

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

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

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

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

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

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

Sendo:

E: eficiência de remoção (%);

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

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

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO_{5,20}. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

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

A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc.

A carga de DBO é produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. No caso de esgotos sanitários, é tradicional no Brasil a adoção de uma

contribuição “per capita” de DBO_{5,20} de 54 gramas por habitante por dia. Assim sendo apresentam-se, na Tabela abaixo, as cargas orgânicas (DBO) previstas para o período do SNIS, referentes ao Município de Piraúba.

Tabela 25 - Projeção da carga orgânica.

Ano	População Atendida	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) sem Tratamento.
2020	11.610	626,94

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.2.5. Análise Crítica do Sistema de Esgotamento Sanitário de Piraúba

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao Sistema de Esgotamento Sanitário de Piraúba, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Inexistência de mapeamento da rede consolidado;
- Inexistência de programa de fiscalização de ligações pluviais irregulares à rede de esgoto ou;
- Inexistência de cadastro ou fiscalização na disposição dos efluentes na zona rural;
- Inexistência de projeto para a instalação de Dispositivos de Tratamento de Esgoto;
- A falta de manutenção nas estações de esgoto descentralizadas e um programa de monitoramento de efluente das mesmas;
- Falta de Investimentos para o eixo de Esgotamento Sanitário;
- Inexistência de Estação de Tratamento de Esgoto em comunidades ou alternativas descentralizadas;

- Precariedades no sistema de esgotamento nas comunidades rurais;

3.3. Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos

Neste capítulo serão apresentadas e discutidas as características dos resíduos sólidos urbanos gerados no Município de Piraiúba e as suas devidas classes de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305/ 2010, assim como a sua destinação final.

Ressalta-se que não há no município um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS, e também não há uma legislação própria para tratar especificamente sobre as questões dos resíduos, pautando-se apenas em normas federal e estadual para a gestão deste eixo do saneamento básico. Ressalta-se também, que em Piraiúba a Secretaria de Obras é a responsável por gerir o sistema de limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos.

Desta forma, é importante também apresentar um panorama sobre os serviços de gestão de resíduos sólidos e limpeza pública da região sudeste, no qual, os seus 1.304 municípios, incluindo o Município de Piraiúba, geraram 28,23 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos – RSU, no ano de 2021, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

Sendo assim, a tabela abaixo mostra o total da população urbana nas cinco regiões brasileiras e a quantidade de resíduos coletados no ano de 2021.

Tabela 26 - Quantidade de resíduos gerados nas regiões do Brasil no ano de 2020.

Macrorregião	Qtd. Municípios da Amostra	População Urbana	Massa coletada per capita - kg/hab./dia	Quantidade de RDO+RPU em função da pop. urb. (milhões de ton./ano)
Norte	239	13.606.102	0,97	4,82
Nordeste	859	41.971.407	1,21	18,54
Sudeste	1.304	82.276.710	0,94	28,23
Sul	996	25.642.279	0,85	7,96
Centro-Oeste	314	14.512.251	1,05	5,56
Total 2017	3.432	175.588.503	0,95	61,91
Total 2018	3.468	176.539.719	0,96	62,78
Total 2019	3.712	178.011.749	0,99	65,11

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder

Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

De acordo com os dados da ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, no ano de 2019, 98,1% de todo o resíduo gerado na região sudeste foi coletado. Destes, 27,6% foram encaminhados para lixões e aterros controlados. De acordo ainda com a ABRELPE, no mesmo ano de 2019, na região sudeste, o total de recursos aplicados no serviço de limpeza urbana por habitante foi de 5,12 R\$/hab/mês.

Para o Município de Piraúba, de acordo com o SNIS 2021, a geração per capita de resíduos é de 0,86kg/hab.dia, e o total de resíduos sólidos domiciliares e de limpeza pública coletados no mesmo ano foi de 2.400 toneladas, atendendo a 7.640 habitantes entre a área urbana e a área rural do município.

O cálculo para estimar a geração per capita é fundamentado através de dados disponibilizados pelo próprio SNIS, sendo:

- CO050: Pop urbana atendida no município abrangendo o distrito-sede e localidades;
- CO119 - Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes.

3.3.1. Classificação de Resíduos

A PNRS - Política Nacional dos Resíduos Sólidos, em seu Artigo 3º, define resíduos sólidos da seguinte forma:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Lei nº 12.305/ 2010).

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a sua origem, tipo, composição química e periculosidade. Enquanto que a sua caracterização tem por objetivo determinar a sua composição físico/químico. A classificação dos



resíduos é necessária para a obtenção de informações, sobre seus potenciais riscos ambientais e de saúde pública.

A NBR 10.004/04 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, dispõe sobre a classificação de resíduos. De acordo com esta Norma, os resíduos sólidos são classificados como resíduos no estado sólido e semi-sólido; resultantes de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de varrição. Inclui-se também nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, os lodos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, assim como, líquidos cujas particularidades tornem inviáveis seu lançamento ao ambiente.

A NBR nº 10.004/04 estabelece ainda a metodologia de classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Sendo assim, o Resíduo Classe I, ou Resíduo Perigoso, é o resíduo que apresenta característica de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

No que se refere ao Resíduo Classe II, considerado Não-Perigoso, estão inseridos os Resíduos Não-Inertes e Inertes. Os resíduos Não-Inertes são aqueles que podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água, geralmente são os resíduos úmidos, orgânicos.

Os Inertes, por outro lado, são aqueles que não se enquadram em nenhuma das classificações anteriores, sendo fortemente representados pelos resíduos recicláveis. A classificação dos resíduos, segundo sua origem, de acordo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS, Lei nº 12.305/2010, ocorre da seguinte forma:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;



e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

3.3.2. Inventários de Resíduos Gerados no Município

Neste capítulo serão apresentados os diferentes aspectos técnicos, institucionais, administrativos, legais, sociais e econômicos dos resíduos do serviço de limpeza pública, domiciliares, resíduos orgânicos, coleta seletiva, resíduos da construção civil – RCC, resíduos volumosos, resíduos dos serviços de saúde – RSS, logística reversa, resíduos agrossilvopastoris, resíduos do saneamento e a destinação final.

Para cada tipo de resíduo gerado no Município de Piraúba um panorama será mostrado, para que toda a população compreenda a dinâmica do sistema de limpeza urbana. Desta forma, com a população ciente dos problemas e de sua responsabilidade e principalmente das soluções que serão apresentadas nos trabalhos seguintes, o município poderá avançar para uma nova realidade repleta de bons hábitos e referência na questão do gerenciamento dos resíduos sólidos.

3.3.2.1. Limpeza Pública

A limpeza pública é caracterizada pela composição dos serviços de varrição, capina, roçagem, poda, corte de árvores e limpeza de bocas de lobo e galerias pluviais. Este conjunto de serviços tem crescido consideravelmente nos últimos anos no país, principalmente pela implantação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS. Sendo assim, a tabela abaixo traz a definição e os tipos de serviço de limpeza pública presente nos municípios brasileiros.

Tabela 27 - Definição e tipos de serviços que caracterizam a limpeza pública.

SERVIÇO	DEFINIÇÃO	FORMAS DE EXECUÇÃO
Varrição	A varrição pode ser considerada como uma das principais atividades de limpeza pública. Ela se estende para todos os tipos de vias públicas, como vias pavimentadas ou não, calçadas, praças, túneis, sarjetas, escadarias e qualquer outro tipo de logradouros públicos em geral.	A varrição pode ser realizada de forma manual ou mecanizada. No Brasil, a varrição manual é realizada por garis; podendo ser de empresas privadas contratadas para a execução dos serviços ou, da própria Prefeitura.
Roçagem	Conjunto de procedimentos concernentes ao corte, manual ou mecanizado, da cobertura vegetal arbustiva considerada prejudicial e que se desenvolve em vias e logradouros públicos, bem como em áreas não edificadas, públicas ou privadas, abrangendo a coleta dos resíduos resultantes.	A roçada pode ser realizada de forma manual ou mecanizada. Na forma mecanizada são utilizadas roçadeiras e na forma manual, são utilizadas enxadas ou enxadinhas.
Capina	Executada antes da roçada, a capina também consiste em um conjunto de procedimentos concernentes ao corte, manual ou mecanizado, ou à supressão por agentes químicos da cobertura vegetal rasteira, considerada prejudicial e que se desenvolve em vias públicas, bem como em áreas não edificadas, públicas ou privadas, abrangendo, eventualmente, a remoção de suas raízes e incluindo a coleta dos resíduos resultantes;	A capina é realizada de forma manual, utilizando enxada ou enxadinha, e quando autorizado, utiliza-se produtos químicos.
Poda	Utilizada na jardinagem para retirar folhas, ramos e galhos, com o objetivo de modificar a sua aparência e estética, para que os galhos cresçam de forma ordenada, evitando a danificação da rede elétrica ou a queda de galhos poderosos	Geralmente executada de forma mecânica, com o auxílio de motosserras
Limpeza das bocas de lobo e valas de drenagem	Conjunto de procedimentos para retirar os resíduos das galerias pluviais e redes de drenagem urbana, evitando desta forma as enchentes e acúmulo de resíduos nos rios e córregos.	A limpeza das bocas-de-lobo e valas de drenagem são realizadas de forma manual com pás, porém, quando há a presença de resíduos mais pesados, utiliza-se tratores ou caminhões munk.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para os serviços que caracterizam a limpeza urbana, descritos na tabela acima, no Município de Piraúba a Secretaria de Obras é a responsável pela execução destes serviços, com mão de obra própria totalizando em vinte e oito funcionários, divididos entre roçada, capina, varrição, limpeza de boca-de-lobo, coletadores e motoristas. Não foi encontrado no SNIS a quantidade de resíduos provenientes da limpeza urbana.

Estes serviços são executados através de ferramentas como enxadas, rastelos, pás, roçadeiras costais, motosserras, moto-poda, além, de um caminhão caçamba e uma retroescavadeira. A varrição ocorre com frequências de 5 a 7 dias em diferentes bairros das 5h as 11h no período matutino e o serviço é realizado através de forma manual, utilizando-se vassourão, sacos plásticos para o acondicionamento do resíduo varrido e o carrinho de lixo do gari. Desta forma, as figuras abaixo mostram locais do município com ruas, passeios e praças bem conservados.

Figura 35 - Locais com boa execução dos serviços de varrição, capina e poda.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Nos serviços relacionados a poda, capina, roçagem e limpeza de boca de lobo os mesmos ocorrem conforme a demanda.

Os resíduos destes serviços são recolhidos pelo caminhão basculante e são encaminhados para um local de despejo irregular. Salienta-se, que este procedimento requer autorização ambiental para ser executado e deve-se

procurar outras destinações para estes resíduos, como o reaproveitamento dos mesmos em fertilizante natural. Sendo assim, as figuras abaixo mostram o local irregular onde é despejado os resíduos provenientes do serviço de limpeza urbana. Se ressalta que a administração se propõe a fazer um aterro controlado nessa área , enterrando os materiais coletados, porém a população utiliza essa área como bota fora de resíduos.

Figura 36 - Local onde é despejado os resíduos dos serviços de poda, capina e roçagem.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 37 – Carrinhos, vassoura e caminhão utilizados na limpeza urbana de Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

3.3.2.1.1. Resíduos Verdes

Essa tipologia é composta por todos os resíduos resultantes dos processos de remoção ou poda da vegetação, especialmente de plantas e árvores. O conceito descreve os restos da arborização e engloba sobretudo os troncos, galhos e cascas de árvores, bem como folhas secas ou verdes e flores. Em outras palavras, trata-se do material orgânico originário da flora.

Esses resíduos vegetais, após o tratamento em ambientes naturais equilibrados, se degradam espontaneamente, contribuindo para o meio ambiente e reciclando seus próprios nutrientes nos processos da natureza. Por exemplo, restos de cascas, folhagens e capim seco (resíduos vegetais impróprios ao consumo humano e animal) podem ser destinados à produção de fertilizantes agrícolas, por meio da compostagem.

O resultado é um adubo orgânico rico em nutrientes, que substitui os fertilizantes minerais, aumentando a produtividade do solo e reduzindo custos extras. Quando descartado irregularmente, especialmente em ambientes urbanos, o “Lixo Verde” pode se tornar um sério problema ambiental devido ao grande volume gerado e aos locais inadequados em que são armazenados ou descartados. A disposição inadequada desses resíduos orgânicos, favorecem a proliferação de vetores de doenças.

Assim, faz-se necessária a adoção de métodos adequados de gestão e tratamento dos volumes de resíduos, para que a matéria orgânica presente seja estabilizada e possa cumprir seu papel natural de fertilizar os solos.

Vale destacar que a matéria vegetal que forma essa tipologia de resíduo pode ser usada de várias maneiras, levando inclusive à geração de empregos e renda nos mais diversos setores, como preparação de adubos orgânicos, produção de energia limpa e desenvolvimento de áreas de compostagem.

Desta forma, no Município de Piraúba não há coleta especial para os resíduos verdes, sendo a destinação destes resíduos abordada no tópico anterior, com a constatação de serem dispostos em uma área não licenciada e localizada no antigo lixão da cidade.

3.3.2.2. Resíduos Domiciliares

A Secretaria de Obras também é a responsável pela coleta e transporte dos resíduos sólidos domiciliares – RDO, do Município de Piraúba. Para este serviço a Prefeitura dispõe de um caminhão compactador, seis funcionários responsáveis por supervisionar e executar a atividade, um motorista e cinco auxiliares de serviços gerais, todos recebendo insalubridade referente a coleta de RDO.

Ressalta-se, que durante a visita técnica constatou-se que estes funcionários realizam as suas funções munidas de Equipamento de Proteção Individual - EPI. Desta forma, as figuras abaixo mostram o caminhão compactador de coleta de RDO.

Figura 38 - Caminhão compactador para a coleta de RDO.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em relação ao cronograma a Prefeitura dispõe de cronograma de coleta e o serviço funciona no sistema porta-a-porta, no período matutino e noturno com abrangência em todos os bairros do município durante seis dias por semana.

Sobre o percentual da população atendida com a coleta de RDO no Município de Piraúba, de acordo com o SNIS 2021 e de acordo também com informações da Prefeitura, este percentual é de 100%, totalizando 7.640 habitantes entre os moradores da área urbana. De acordo ainda com o SNIS 2021, e informações da Prefeitura o total coletado no município no ano de 2021 foi de 2.400 toneladas de RDO.

Ressalta-se, que há coleta de RDO na área rural do município abrangendo 80% da área rural, sendo a comunidade dos ferreiras atendida duas vezes na semana.

Para a população atendida com a coleta convencional de resíduos, esta, faz o acondicionamento dos mesmos em sacolas plásticas, dispostas diretamente no chão ou em suspensas em árvores. Desta forma, a figura abaixo mostra o acondicionamento de resíduos sólidos para a coleta de RDO na área urbana.

Figura 39 - Acondicionamento de resíduos sólidos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.2.2.1. Gestão dos Resíduos Orgânicos

Antes da aprovação de leis ambientais, como a Política Nacional de Resíduos, os resíduos orgânicos eram destinados a aterros sanitários. No

entanto, surgiram maneiras mais ecoeficientes para a gestão desses resíduos e uma delas é a reciclagem por meio de tratamento biológico.

Conforme a Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS, os resíduos orgânicos não devem ser descartados indiscriminadamente. É necessário que os geradores se esforcem para promover uma gestão de resíduos eficiente.

A gestão de resíduos orgânicos contribui para o desenvolvimento sustentável aumentando a vida útil de aterros sanitários, reduzindo a geração dos resíduos e os destinando de forma ambientalmente correta. Além disso, a gestão viabiliza as ações de triagem dos resíduos recicláveis e reutilizáveis, contribuindo assim para a redução dos níveis de poluição ambiental.

Fazer gestão de resíduos orgânicos significa adotar um conjunto de ações adequadas nas etapas de coleta, armazenamento, transporte, tratamento, destinação final e disposição final ambientalmente adequada. Objetivando a minimização da produção de resíduos, visando à preservação da saúde pública e a qualidade do meio ambiente. A compostagem, biodigestão e vermicompostagem se apresentam como as melhores e mais comuns práticas para gestão de resíduos orgânicos.

Contudo, através de todas estas explicações a respeito da gestão dos resíduos orgânicos, no Município de Piraúba não é realizada a coleta e tratamento diferenciados para estes resíduos, o que implica em diminuição da vida útil do aterro sanitário em que os resíduos são destinados, e também na perda de nutrientes e energia inseridos na composição dessa tipologia de resíduos.

3.3.2.3. Coleta Seletiva

A reciclagem é um conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo. É uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental quanto social, pois, a reciclagem reduz o consumo de recursos naturais, economiza energia e água e diminui o volume de resíduos sólidos e gera emprego a população.

A coleta seletiva é definida como o conjunto de procedimentos referentes ao recolhimento de resíduos recicláveis e/ou de resíduos orgânicos



compostáveis, que tenham sido previamente separados dos demais resíduos considerados não reaproveitáveis e separados na fonte. Considera-se, também como coleta seletiva, o recolhimento dos materiais recicláveis separados pelos catadores dentre os resíduos sólidos domiciliares disponibilizados para coleta.

A coleta de materiais recicláveis consiste no recolhimento dos resíduos que são previamente separados apenas dos resíduos orgânicos e dos rejeitos na fonte geradora e que podem ser reaproveitados, se diferenciando da coleta seletiva, onde os materiais são separados por tipo na fonte geradora dos resíduos. Essas separações buscam evitar a contaminação dos materiais reaproveitáveis e aumentar o valor a eles agregado.

De acordo com o estudo desenvolvido pelo IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, sob a encomenda do Ministério do Meio Ambiente, a reciclagem no Brasil vem movimentando cerca de doze bilhões por ano no país. Porém, ainda se perde cerca de oito bilhões anuais pelo fato de não reciclar os resíduos que são encaminhados para lixões e aterros sanitários. Isto ocorre, segundo o IPEA, devido ao fato que apenas oito por cento dos municípios brasileiros promoverem a reciclagem.

Em contrapartida, o Brasil é liderança mundial em reciclagem de alumínio. De acordo com dados disponibilizados para consulta da ABRELPE, 2019, as latas de alumínio utilizadas para o envase de bebidas alcança o índice de 260 mil toneladas recicladas, ou seja, um índice de 97,9%.

Sendo assim, no Município de Piraúba a coleta seletiva ainda não é uma realidade, e dever-se implementar um programa municipal de coleta seletiva abrangendo toda a área urbana e rural do município

Desta forma, atualmente no município o resíduo reciclável possui duas formas de destinação final, ou este resíduo é coletado por catadores informais, e posteriormente comercializado em um galpão que se encontra na área urbana, ou o resíduo reciclável é encaminhado para área de trasbordo em Astolfo Dutra-MG e transportado para o aterro sanitário localizado no Município de Leopoldina-MG.

3.3.2.4. Resíduos da Construção Civil

Os Resíduos de Construção Civil - RCC, também conhecidos como entulhos, são oriundos de resquícios das atividades de obras e infraestrutura tais como: reformas, construções novas, demolições, restaurações, reparos e outros inúmeros conjuntos de fragmentos como restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassas, aço, madeira e etc.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 307/2002, é o instrumento legal determinante no quesito dos resíduos da construção civil. Esta Resolução define quem são os geradores, quais são os tipos de resíduos e as ações a serem tomadas quanto à geração e a destinação destes. Desta forma, os resíduos, conforme a referida Resolução, são classificados em:

Classe A: são os reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

É fruto desta Resolução CONAMA nº 307/ 2002, a obrigação também dos municípios quanto à elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento dos

Resíduos da Construção Civil, que deverá estabelecer as diretrizes e técnicas para que os grandes geradores preparem o Plano de Gerenciamento de RCC – PGRCC, que deverá ser obrigatoriamente entregue antes do início das obras.

Além disto, no referido Plano é necessário contemplar o Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, com procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e código de posturas do município.

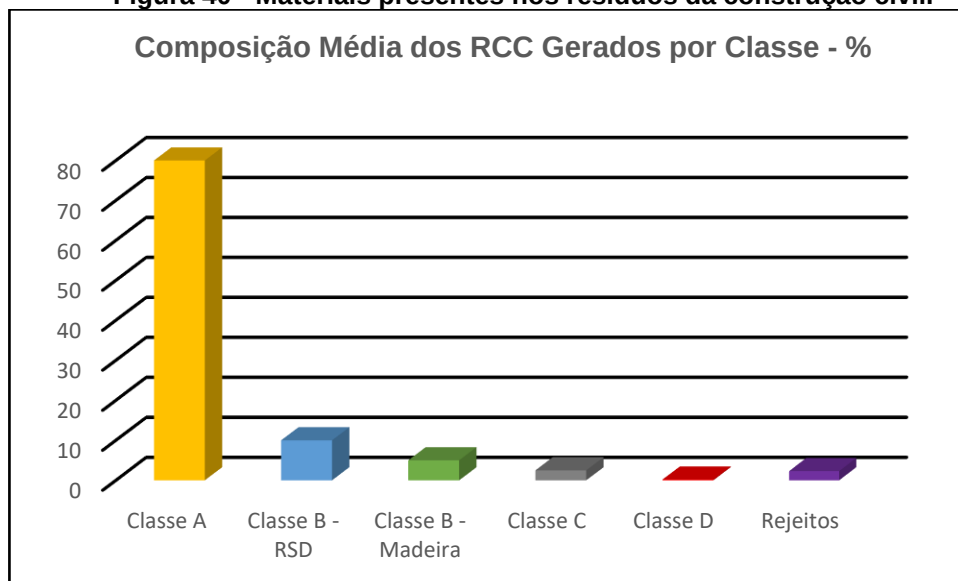
As Normas Brasileiras Regulamentadoras entram neste contexto com a deliberação das ABNT NBR 15112/2004 e 15116/2004, que estabelecem as diretrizes técnicas desde a construção até a implementação e operação de áreas de transbordo e triagem, reciclagem e reutilização de agregados. Sendo assim, a tabela e a figura abaixo mostram a composição média dos resíduos da construção civil.

Tabela 28 - Composição média do resíduo da construção civil.

Tipo	Porcentagem
Classe A	80
Classe B - RSD	10
Classe B - Madeira	5
Classe C	2,5
Classe D	0,2
Rejeitos	2,3

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 40 - Materiais presentes nos resíduos da construção civil.



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Como mostrado na figura acima pode-se observar que a maior porcentagem da composição dos RCC refere-se aos resíduos de classe A. Estes resíduos são reutilizáveis ou recicláveis como agregados da construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem, componentes cerâmicos como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto.

Já a menor composição percentual refere-se aos resíduos de classe D classificados como perigosos e oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Os resíduos de construção civil – RCC, se tornam um problema grave dentro dos centros urbanos, pois quando não existem programas específicos, estrutura ou falta de informações para este tipo de resíduo, a população acaba fazendo a disposição inadequada, acarretando em diversas complicações, dentre elas, a contaminação do solo e da água, afetando todo o ecossistema existente no local.

Sendo assim, em Piraúba a responsabilidade de gestão dos resíduos da construção civil - RCC, é da Secretaria de Obras sendo a coleta semanal toda a sexta-feira com uma equipe de 5 pessoas. O mesmo destinado na área onde se encontra o lixão desativado do município. Se reitera que a municipalidade cobra por este serviço conforme disposto na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Em se tratando ainda sobre a coleta e o local de descarte de RCC no município, o mesmo ocorre de forma irregular e sem nenhum tipo de fiscalização, ressaltando, que o Parágrafo Primeiro do Artigo 4º, da Resolução CONAMA nº 307/2002, diz que os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de bota-fora, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.

Tabela 29 - Taxa de RCC coletada e massa de RCC per capita.

Item	Indicador	Quantidade	Unidade
IN026	Taxa de RCC coletada pela Prefeitura em relação à quantidade total coletada	12,50	%
IN029	Massa de RCC per capita em relação à população urbana	35,14	Kg/hab/dia

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em relação a área onde ocorre o despejo irregular, feito pela população, a mesma não possui portaria, cercamentos e sinalizações, facilitando desta forma, a entrada de pessoas sem autorização que aproveitam a ocasião para também realizarem o descarte inadequado de RCC. Sendo assim, as figuras abaixo mostram o local de descarte de RCC.

Figura 41 - Descarte e local de recebimento irregular de RCC no antigo lixão.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

Entretanto, como alternativa de reutilização de RCC a Prefeitura de Piraúba os utiliza em vias da zona rural, como forma de melhorar as condições de trafegabilidade das estradas, o mesmo se encontra depositado ao lado do pátio da secretaria de obras. Contudo, a ausência de controle ou estimativa errônea da geração dessa tipologia de resíduo, além da inexistência de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil – PGIRCC, ausência de legislação municipal com ações de fiscalização e penalidades, contribuem para a continuação do descarte incorreto deste resíduo.

Figura 42 - Depósito de RCC ao lado do pátio da Secretaria de Obras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

Deve-se, portanto, responsabilizar toda a rede envolvida iniciando-se com a geração, o transporte, o receptor e o próprio município. Além, da implantação dos princípios que envolvem a redução, o reaproveitamento e a reciclagem de RCC.

3.3.2.5. Resíduos dos Serviços de Saúde

Os resíduos de serviços de saúde -RSS, são aqueles provenientes de qualquer atividade de natureza médico-assistencial humano ou animal, clínicas odontológicas, veterinárias, farmácias, centros de pesquisa - farmacologia e saúde, medicamentos vencidos, necrotérios, funerárias, medicina legal e barreiras sanitárias.

Segundo o Art. 13 da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS nº 12.305/ 2010, os resíduos de serviços de saúde estão inclusos na classificação dos resíduos sólidos, sendo sua gestão de responsabilidade do gerador obedecendo as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa.

Um importante marco na área de resíduos de serviços de saúde – RSS, ocorreu na década de noventa com a Resolução CONAMA nº 006/1991, que desobrigou a incineração dos resíduos provenientes deste tipo de atividade, passando a competência para os órgãos estaduais estabelecerem as normas de destinação final desses resíduos, portanto, os procedimentos técnicos de licenciamento, como acondicionamento, transporte e disposição final, realizados nos municípios que não optaram pela incineração são feitos por órgãos estaduais.



A Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, através da Resolução RDC nº306/2004, dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Esta resolução já atribuía aos geradores dos resíduos a obrigatoriedade e responsabilidade de elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS.

Conforme a Resolução CONAMA nº 358/2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências, é de responsabilidade dos geradores de resíduos de serviço de saúde, o gerenciamento dos resíduos, desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública e ocupacional.

Quanto à classificação, segundo as resoluções RDC ANVISA nº. 306/2004 e CONAMA 358/2005 os RSS são classificados em 5 grupos: **A**, **B**, **C**, **D** e **E**, sendo:

Grupo A: engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas (membros), tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue, dentre outras;

Grupo B: contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, dentre outros;

Grupo C: quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia etc.;

Grupo D: não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplos: sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas etc.;



Grupo E: materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares.

Os resíduos de serviços de saúde grupos A, B, C e E são caracterizados pela Norma ABNT NBR 10004/2004 como Resíduos de Classe I – Perigosos, tendo em vista suas características de patogenicidade, toxicidade, reatividade, corrosividade e inflamabilidade.

Ainda de acordo com a RDC ANVISA nº. 306/2004 e CONAMA 358/2005, todo gerador deve elaborar um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde. O PGRSS deve ser documentado, apontando e descrevendo as ações relativas ao manejo dos resíduos, abrangendo as etapas de geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final, bem como as ações desenvolvidas visando a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

A observação de estabelecimentos de serviços de saúde tem demonstrado que os resíduos dos Grupos **A, B, C e E** são, em conjunto, 25% do volume total. Os do Grupo **D** (resíduos comuns e passíveis de reciclagem, como as embalagens) respondem por 75% do volume.

Sendo assim, a gestão dos resíduos de serviços de saúde - RSS, de Piraúba é de responsabilidade da Secretaria Municipal de Saúde e da Secretaria de Obras. A fiscalização e o licenciamento dos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde de baixa e média complexidade é feita pela Vigilância Sanitária Municipal, e os de alta complexidade são licenciados e fiscalizados pela Vigilância Sanitária Estadual.

Segundo informações dos técnicos da Vigilância Sanitária Municipal, todas as unidades públicas de saúde de Piraúba possuem o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS, de suas unidades geradoras e o controle da massa gerada é realizada pela empresa contratada para coleta e o tratamento dessa tipologia de resíduo. Entretanto, sobre as unidades particulares de saúde não há informações sobre a elaboração de seus PGRSS. Ressalta-se, que é de responsabilidade da Vigilância Sanitária Municipal a fiscalização destes estabelecimentos particulares de saúde, quanto a elaboração de seus PGRSS.

A empresa que faz a coleta e o tratamento dos RSS públicos é a mesma que presta esse serviço para os estabelecimentos privados do município, com a coleta sendo realizada quinzenalmente. Os locais de armazenamento ocorrem em pontos distintos, com cada estabelecimento de saúde possuindo o seu próprio sistema de acondicionamento de RSS.

Após a coleta, o transporte e a destinação final é de responsabilidade da empresa SERQIQ, localizada no Município de Ubá, Estado de Minas Gerais sendo a frequência de 15 em 15 dias. Com o tratamento do RSS realizado por micro-ondas ou autoclave. Salienta-se, que a Prefeitura não cobre as despesas com o RSS gerados nas unidades particulares de saúde do município, apenas as unidades públicas.

Vale lembrar, que cada gerador, principalmente os privados, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, lei nº12.305/2010, são os responsáveis pela destinação correta de seus RSS gerados. Todas as atividades licenciadas pela Vigilância Sanitária Municipal necessitam ter um PGRSS como condicionante para a obtenção da licença, porém, muitos confundem o documento com o contrato de prestação de serviços da empresa coletora.

Figura 43 - Acondicionamento adequado de RSS no PF João Gonçalves da Neiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

Desta forma, de acordo com o SNIS 2021, o custo total do Município de Piraúba com a destinação final adequada de RSS no ano de 2021 foi de R\$6.776,64. Sendo assim, abaixo segue a tabela com a massa de RSS coletada



em relação a população total, e a taxa de RSS coletada em relação a quantidade total.

Tabela 30 - Massa e taxa de RSS coletada em relação à população urbana e a quantidade total coletada.

Item	Indicador	Qtidade	Unidade
IN036	Massa de RSS coletada per capita em relação à população urbana	1,89	Kg/1000 hab.dia
IN037	Taxa de RSS coletada em relação à quantidade total coletada	0,25	%

Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.2.6. Resíduos Industriais

O Artigo 20 da lei nº12.305/2010, determina que os estabelecimentos que estão sujeitos à elaboração do PGRS são aqueles que em alguma etapa de seu processo produtivo gerem resíduos perigosos ou um grande volume de resíduos de composições diferentes dos domiciliares, englobando as empresas de construção civil, os responsáveis por atividades agrossilvopastoris e os responsáveis por atividades mineradoras.

Desta forma, o Município de Piraúba possui como atividade principal a agropecuária, tendo uma representatividade expressiva no ramo da indústria, com destaque as indústrias de móveis. Os resíduos gerados por essas indústrias são geridos pelas mesmas conforme instruído nas suas devidas licenças ambientais e de acordo com as legislações pertinentes.

3.3.2.7. Resíduos de Atividades Agrossilvopastoris

A Política Nacional de Resíduos Sólidos em seu Art. 13 item I, subitem I, define resíduos agrossilvopastoris como aqueles gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nestas atividades. Estes resíduos são classificados ainda como orgânicos e inorgânicos, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos- SINIE que é um dos Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A atividade agropecuária gera uma grande quantidade de resíduos orgânicos, estes resíduos das atividades de cultivo e colheita não podem ser qualificados, mas, sabe-se que estes restos vegetais permanecem no local da

colheita, uma forma de oferecer matéria orgânica para o solo, felizmente, é costume agropecuário a reutilização ou reciclagem quase total do resíduo, não causando danos consideráveis ao ambiente ou a saúde humana.

Na atividade agrícola a produção de resíduos está mais associada ao acúmulo de embalagens de fertilizantes, produtos veterinários, agrotóxicos e maquinários de implementação. Vale ressaltar que para este tipo de resíduos, as embalagens, cabe a implantação e/ou utilização da logística reversa, onde os próprios distribuidores e fornecedores realizam o serviço de coleta e retorno das mesmas.

A Lei Federal nº 9.974/2000, conhecida como Lei do Agrotóxico, disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos determinando responsabilidades para o agricultor, para o revendedor e para o fabricante. Sendo assim, em Piraúba não há um controle formal sobre os resíduos agrossilvopastoris gerados no município. Porém os mesmos são armazenados num galpão na comunidade dos ferreiras onde a população descarta as embalagens vazias e as agropecuárias dos municípios recolhem as embalagens vazias.

Figura 44 - Local de armazenamento agrossilvopastoris na comunidade dos ferreiras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2023.

3.3.2.8. Resíduos de Saneamento

Os Resíduos do Saneamento são caracterizados como aqueles gerados a partir dos serviços prestados através do abastecimento de água ou esgotamento sanitário. O processo de tratamento de água ou esgoto, em sua grande maioria e técnicas comumente utilizadas, possui a geração de lodos como um subproduto.

A geração de lodos representa um problema ambiental sério, com diversos problemas diagnosticados para o meio ambiente, em virtude de possuir uma série de produtos químicos que traz o desequilíbrio ambiental da fauna e flora.

A operação de uma estação de tratamento de água para sua potabilização, dada a necessidade de remoção de sólidos e outros poluentes, produz um tipo de lodo que é considerado um resíduo durante o processo. A disposição final do lodo de ETAs, no Brasil é quase sempre um corpo hídrico.

Pode-se citar como impactos no corpo d'água que recebe o lodo de ETA como destino final o aumento da quantidade de sólidos, aumento de cor e turbidez, redução da penetração de luz e, conseqüentemente, diminuição da atividade fotossintética e concentração de oxigênio dissolvido, assoreamento, aumento da concentração de alumínio e ferro na água, dependendo do coagulante utilizado no tratamento da água bruta, entre outros. Portanto, o lodo caracteriza um passivo ambiental da indústria do saneamento.

Desta forma, os resíduos de saneamento gerados no Município de Piraúba são provenientes da ETA, visto que, não há ETE no local e, não há quantificação nem controle da destinação destes resíduos. Sendo assim, através da fórmula abaixo é possível quantificar a quantidade de lodo gerada pela ETA dos municípios.

$$P = 3,5 \times 10^{-3} \times Tu^{0,66}$$

Sendo:

P = produção de sólidos (Kg de matéria seca / m³ de água bruta tratada);

Tu = turbidez da água bruta (uT).

3.3.2.9. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória

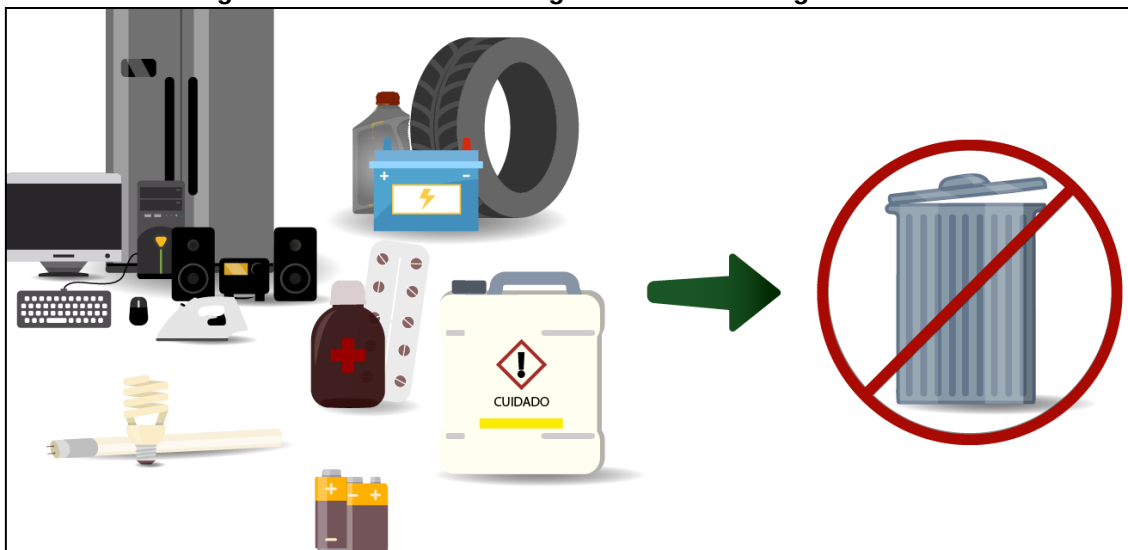
De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, a Logística Reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

O Artigo 3º da Política Nacional dos Resíduos Sólidos define a logística reversa da seguinte forma:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Desta forma, classificam-se como resíduos com logística reversa obrigatória todos os resíduos que demandam tratamento especial, como, as pilhas e baterias, os equipamentos eletrônicos, as lâmpadas fluorescentes, os pneus, os óleos lubrificantes e as suas embalagens e as embalagens de agrotóxicos. A figura abaixo ilustra melhor os resíduos com logística reversa obrigatória.

Figura 45 - Resíduos com logística reversa obrigatória.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sendo assim, o Artigo 33 da Lei Federal nº 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos, determina que após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, compete aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, estruturar e implementar a logística reversa. Porém, o Poder Público ainda não estabeleceu práticas que contribuem para a realização da logística reversa por parte dos responsáveis.

A Lei nº 12.305/2010, representa um marco para a sociedade brasileira em relação à sustentabilidade, pois apresenta uma visão avançada na forma como nos relacionamos com os resíduos sólidos que geramos. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS, além de introduzir a Logística Reversa, também preconiza o princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida dos Produtos.

Figura 46 - Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

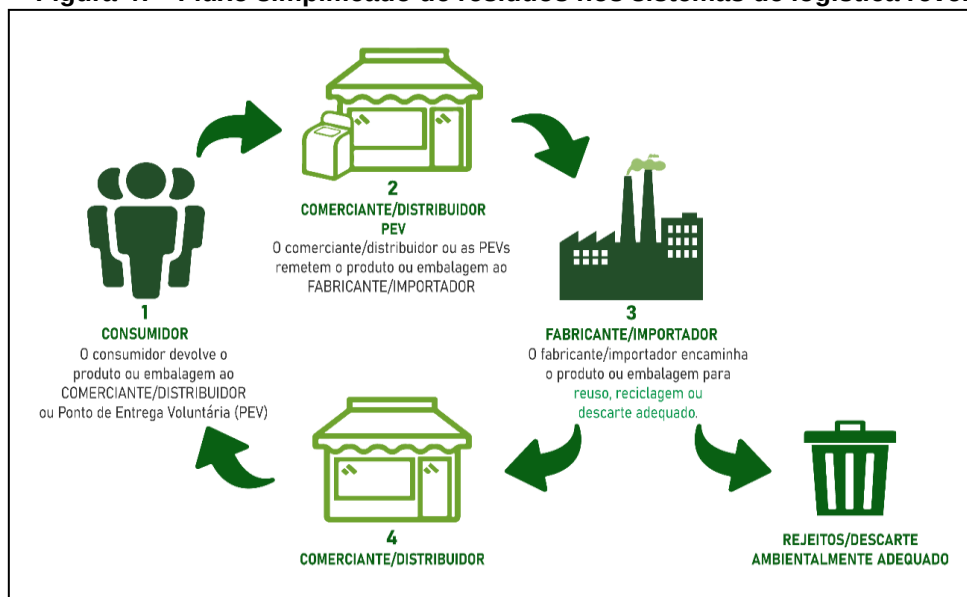


Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O cidadão, no papel de consumidor, é responsável por entregar os resíduos nas condições solicitadas e nos locais estabelecidos pelos sistemas de logística reversa. O setor privado, por sua vez, fica responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, pela sua reincorporação na cadeia produtiva, pelas inovações nos produtos que tragam benefícios socioambientais, pelo uso racional dos materiais e prevenção da poluição.

Por fim, cabe ao Poder Público a fiscalização do processo e, de forma compartilhada com os demais responsáveis pelo sistema, conscientizar e educar o cidadão. Consumidores, importadores, fabricantes, distribuidores e comerciantes agindo juntos e coordenados para que esses resíduos sejam reaproveitados, reciclados e tenham uma destinação ambientalmente adequada. A figura abaixo mostra de forma resumida como ocorre o sistema da logística reversa.

Figura 47 - Fluxo simplificado de resíduos nos sistemas de logística reversa.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os resíduos que possuem a logística reversa obrigatória podem ser considerados resíduos de grande dificuldade para a sua gestão, pois são resíduos considerados perigosos em sua grande maioria e de grande geração por parte da população. São resíduos que também possuem um alto custo para a sua reutilização ou reciclagem. Desta forma, é comum a população, de maneira geral, descartar estes resíduos juntos aos resíduos sólidos domiciliares ou, descartá-los de forma inadequada no ambiente.

No caso das embalagens de agrotóxicos, é essencial a participação efetiva do fabricante, revendedor e agricultor, para os processos relacionados à comercialização, utilização, lavagem, armazenamento e destinação final, com vistas à segurança da saúde humana e proteção do meio ambiente. Sendo assim, no Município de Piraúba não há programas formalizados de logística reversa para alguns resíduos desta categoria, como, os pneus inseríveis, pilhas e baterias e embalagens de agrotóxicos, que serão melhor explanados nos capítulos específicos para cada tipologia de resíduos.

3.3.2.9.1. Resíduos Eletrônicos

Ao longo do tempo, os resíduos sólidos urbanos vêm mudando suas características devido às inovações tecnológicas, como por exemplo equipamentos elétricos e eletrônicos, que frequentemente são atualizados no

mercado. Esses bens de consumo fazem parte, cada vez mais, da rotina do ser humano.

Entretanto, a diminuição da vida útil desses equipamentos faz com que se tornem rapidamente obsoletos. Computadores, televisores e seus periféricos são comumente encontrados nos resíduos coletados.

Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de correntes elétricas com tensão nominal não superior a 240 volts. Ao final de sua vida útil, tornam-se um resíduo que deve ser gerenciado de forma ambientalmente adequada.

Sendo assim, é muito importante que se estabeleçam mecanismos para que o consumidor possa efetuar a devolução destes produtos para que o setor empresarial se encarregue de sua destinação final ambientalmente adequada. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo de logística reversa dos eletroeletrônicos e seus componentes.

Figura 48 - Ciclo da logística reversa dos eletroeletrônicos e seus componentes.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo levantamento realizado em 2009 pelo Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research – EMPA, em parceria com a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, estima-se que, no Brasil, o valor



de produtos eletrônicos provenientes de telefones celulares e fixos, televisores, computadores, rádios, máquinas de lavar roupa, geladeiras e freezer é de 679 mil t/ano de resíduos.

O mesmo levantamento aponta a geração per capita anual, para o período compreendido entre 2001 e 2030, de 3,4 kg/habitante para o Brasil, se considerados todos os equipamentos eletroeletrônicos anteriormente listados.

Segundo dados da Associação Brasileira de Reciclagem de eletroeletrônicos e Eletrodomésticos – Abree, e da Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional – Green Eletron, em 2019, 384,5 toneladas de eletroeletrônicos foram recolhidos e 258 novos pontos de coleta foram instalados. Sendo assim, em Piraúba não há o controle por parte da administração pública sobre a gestão destes resíduos, porém, a Prefeitura promove em algumas datas do ano uma campanha junto à população para o recolhimento e posterior destinação correta porém sem um cronograma específico.

3.3.2.9.2. Pilhas e Baterias

Segundo o SINIR, as pilhas e baterias são equipamentos eletroquímicos que funcionam como miniusinas portáteis e possuem a habilidade de converter a energia química em energia elétrica. As pilhas e baterias podem ser classificadas de diversas formas, dependendo do formato, composição e sua finalidade.

Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pilhas e baterias devem disponibilizar aos consumidores locais para o recebimento das pilhas e baterias inservíveis. Os consumidores que desejam descartar suas pilhas devem levá-las até o ponto de entrega mais próximo.

Os Pontos de Entrega armazenam as pilhas recebidas e, ao atingir determinada quantidade, encaminham o material para o sistema de coleta e triagem. Pontos de entrega primários são pequenos estabelecimentos comerciais, que poderão disponibilizar coletores portáteis para receber (gratuitamente) pilhas e baterias descartadas do consumidor doméstico.

São estabelecimentos comerciais como: padarias, bancas de jornal, farmácias de bairro, loja de construção de bairro, papelarias entre outros. Pontos

de entrega secundários são estabelecimentos comerciais (de médio e grande porte), que poderão disponibilizar coletores para receber (gratuitamente) pilhas e baterias descartadas do consumidor doméstico e também de pequenos estabelecimentos cadastrados como pontos de entrega primário.

Tais pontos podem estar localizados em grandes mercados, redes de materiais de construção e outros. Dos pontos de entrega e de triagem e consolidação o material é transportado para empresas de reciclagem. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo da logística reversa das pilhas e baterias.

Figura 49 - Ciclo da logística reversa de pilhas e baterias.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo Gestora para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos Nacional – Green Eletron, até setembro de 2020, 1.755,79 toneladas de pilhas foram coletadas e existem 4.453 pontos de coleta no Brasil. Em Piraúba há o controle da massa desses resíduos coletada e destinada.

São realizadas campanhas semestrais para a entrega por parte da população e também existe um Ponto de Entrega Voluntária - PEV, na própria Prefeitura. Os resíduos entregues neste ponto são recolhidos por empresas especializadas sob demanda e solicitação da administração municipal porém sem um cronograma definido



3.3.2.9.3. Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio, Mercúrio e Luz Mista

A produção brasileira de lâmpadas é ínfima comparada à atual importação, a grande quantidade de lâmpadas no mercado brasileiro é oriunda de importações principalmente da China. Não existem pesquisas conclusivas sobre a quantidade de lâmpadas comercializadas, portanto, os dados podem apresentar diferenças a partir de cada fonte.

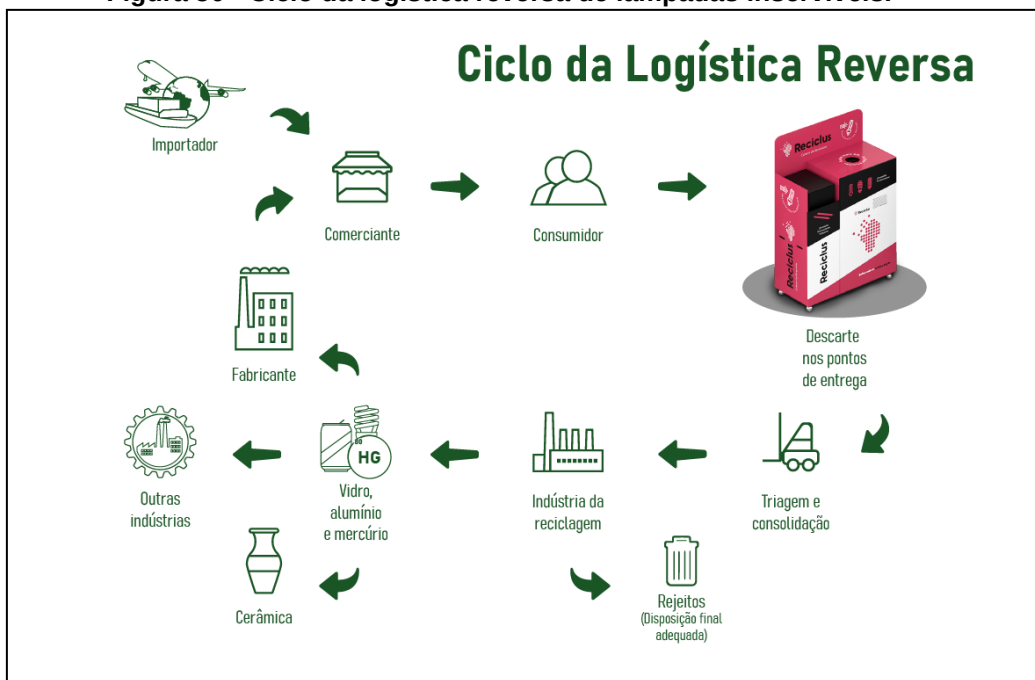
A Avant e outras fontes trabalham com os seguintes números em comum: Compactas fluorescentes 190 milhões/ano; fluorescentes tubulares 95 milhões/ano e fluorescentes compactas sem reator integrado 18 milhões/ano. Todas essas lâmpadas devem ser recicladas, pois são chamadas lâmpadas mercuriais, isso é, contém pequena dosagem de mercúrio para permitir o seu acendimento.

Devido à necessidade da descontaminação das lâmpadas fluorescentes, no Brasil existem 08 principais empresas responsáveis pelo serviço, sendo elas: Apliquim Brasil Recicle, Naturalis Brasil, Tramppo, Hg Descontaminação, Recitec, Sílex, Mega Reciclagem e RL Higiene.

As lâmpadas inservíveis devem ser colocadas, preferencialmente, na posição vertical. Caso não seja possível reutilizar as embalagens originais, deverá ser utilizado papelão, papel ou jornal e fitas adesivas para embalar as lâmpadas e protegê-las contra choques mecânicos. Após estarem embaladas individualmente, as lâmpadas devem ser acondicionadas em recipiente portátil ou caixa resistente apropriada para o transporte, de forma a evitar a quebra das mesmas.

Depois de embaladas, devem ser identificadas e encaminhadas para empresas de reciclagem licenciadas pelos órgãos ambientais competentes. As lâmpadas que se quebram acidentalmente devem ser separadas das demais e acondicionadas em recipientes herméticos, como os tambores de aço. Estes devem apresentar tampas em boas condições para que a vedação seja adequada. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo da logística reversa das lâmpadas.

Figura 50 - Ciclo da logística reversa de lâmpadas inservíveis.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo a Associação Brasileira para a Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação – Reciclus, até o ano de 2019, 644 toneladas de lâmpadas foram recolhidas e 1930 pontos de coleta foram instalados em 429 municípios brasileiros. Em Piraúba não há coleta de lâmpadas queimadas ou quebradas por parte do Poder Público ou por alguns estabelecimentos comerciais.

3.3.2.9.4. Pneus Inservíveis

Desde 1999, antes mesmo da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os pneus já deveriam ser submetidos à logística reversa. Isso se deve pelo fato de os pneumáticos inservíveis abandonados ou dispostos inadequadamente constituírem um passivo ambiental que resulta em sérios riscos ao meio ambiente. São inúmeros os problemas ambientais ocasionados pela disposição irregular dos pneumáticos.

Ao serem dispostos em ambiente aberto, por exemplo, sujeito a chuvas, podem acumular água servindo de criadouro para mosquitos transmissores de doenças como a dengue. O SINIR informa que para cada pneu novo

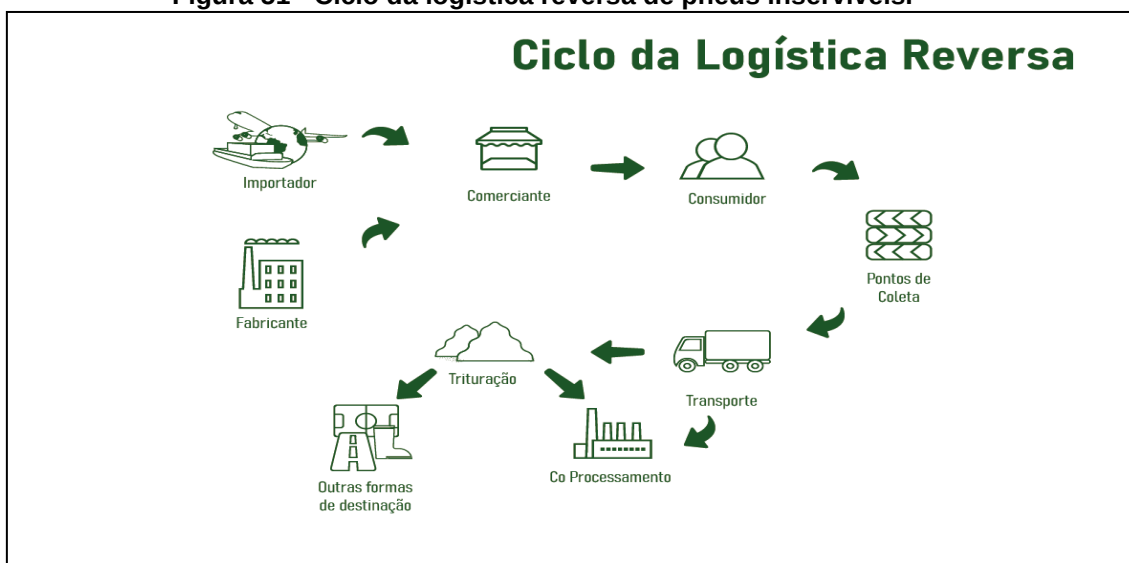
comercializado para o mercado de reposição, as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um pneu inservível.

- Cabe aos Fabricantes e importadores: Realizar a coleta, dar destinação adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida.
- Cabe aos Distribuidores, Revendedores, Destinadores, Consumidores e Poder Público: atuar em articulação com os fabricantes e importadores para implementar os procedimentos para a coleta dos pneus inservíveis existentes no país.

Os fabricantes e os importadores de pneus novos, devem implementar pontos de coletas de pneus usados, podendo envolver os pontos de comercialização de pneus, os municípios, borracheiros e outros. O sistema de logística reversa funciona por meio de parcerias, em geral com prefeituras, que podem disponibilizar áreas de armazenamento temporário para os pneus inservíveis.

Os pneus dispostos inadequadamente constituem passivo ambiental que pode resultar em sério risco ao meio ambiente e à saúde pública. O ideal é que este resíduo seja destinado o mais próximo possível de seu local de geração, de forma ambientalmente adequada e segura. A figura abaixo ilustra resumidamente como ocorre a logística reversa de pneus inservíveis.

Figura 51 - Ciclo da logística reversa de pneus inservíveis.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.

Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os fabricantes e importadores de pneus novos deverão declarar ao IBAMA, numa periodicidade máxima de um ano, por meio do CTF, a destinação adequada dos pneus inservíveis.

Segundo a Associação Brasileira de Importadores e Distribuidores de Pneus - ABIDIP, houve a destinação de 419 mil toneladas de pneus em 2019 e, no mesmo ano, existiam 1.149 pontos de coleta em todo o Brasil. No Município de Piraúba a Prefeitura armazena os pneus inservíveis em um galpão nos fundos do Pátio da Secretaria de Obras e posteriormente, são leiloados.

Sendo assim, as figuras abaixo mostram o local de armazenamento de pneus inservíveis no município.

Figura 52 - Local de armazenamento de pneus inservíveis.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.3.2.9.5. Embalagens de Agrotóxicos

Os agrotóxicos são insumos agrícolas, produtos químicos usados na lavoura, na pecuária e até mesmo no ambiente doméstico como: inseticidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, herbicidas, bactericidas e vermífugos. As embalagens de agrotóxicos são resíduos oriundos dessas atividades e possuem tóxicos que representam grandes riscos para a saúde humana e de contaminação do meio ambiente. Grande parte das embalagens possui destino final inadequado.

A Lei Federal nº 9.974/2000, conhecida como Lei do Agrotóxico, disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos determinando responsabilidades para o agricultor, para o revendedor e para o fabricante.

De acordo com o Decreto nº 4.074/2002, que regulamenta a Lei dos Agrotóxicos, a gestão de todo o processo de logística reversa desses resíduos é feita pelos produtores e comerciantes, os quais devem manter o controle das quantidades, dos tipos e das datas de vendas de produtos, além das embalagens devolvidas pelos usuários, devendo tais controles estar disponíveis para a fiscalização.

O fluxo logístico da operação inicia-se no ato da venda do produto, em que o usuário (agricultor) deve ser informado sobre os procedimentos de lavagem, acondicionamento, armazenamento, transporte e devolução de embalagens vazias. Assim, cabe ao Poder Público Municipal fiscalizar quanto ao cumprimento dessas ações.

Os usuários de agrotóxicos e afins deverão efetuar a devolução das embalagens vazias, e respectivas tampas, aos estabelecimentos comerciais em que foram adquiridos, no prazo de até um ano, contado da data de sua compra.

Após o uso, antes da devolução, cabe ao agricultor realizar a lavagem das embalagens no campo, armazenando-as temporariamente para entrega posterior na unidade de recebimento indicada. A norma técnica ABNT NBR nº 13968 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, define a chamada "tríplice lavagem" e a lavagem sob pressão, técnica que permite que os resíduos contidos nas embalagens possam ser diluídos em diferentes concentrações e reutilizados na lavoura.

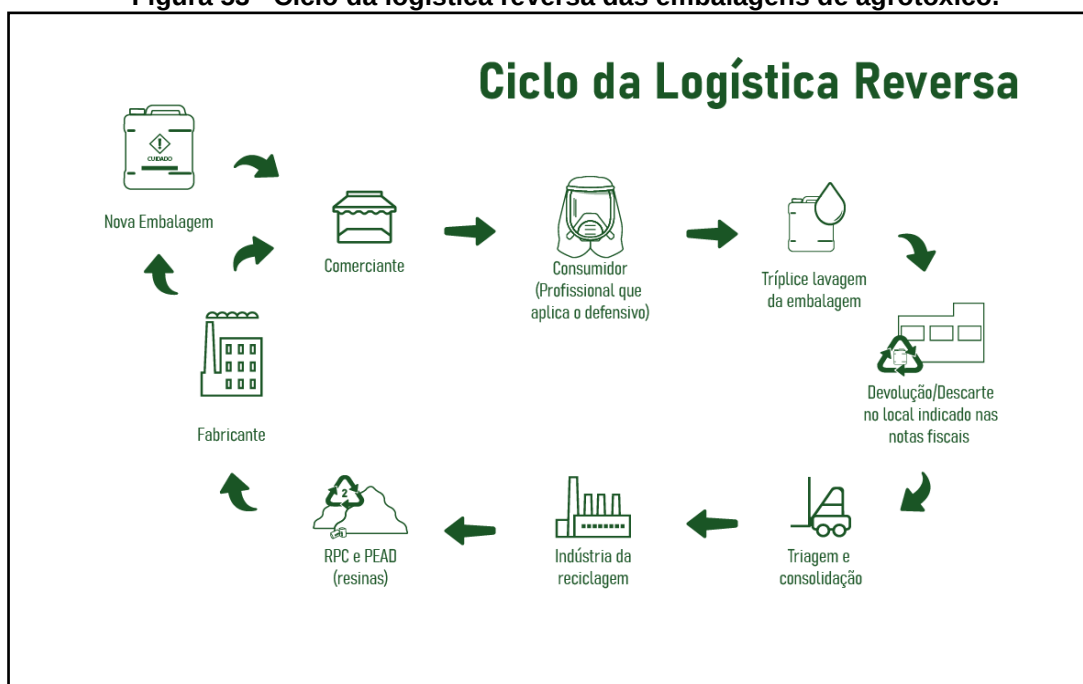
Os estabelecimentos comerciais deverão dispor de instalações adequadas para recebimento e armazenamento das embalagens vazias devolvidas pelos usuários, até que sejam recolhidas pelas respectivas empresas titulares do registro, produtoras e comercializadoras, responsáveis pela destinação final dessas embalagens.

Os estabelecimentos comerciais, postos de recebimento e centros de recolhimento de embalagens vazias fornecerão comprovante de recebimento das embalagens. Os estabelecimentos destinados ao desenvolvimento de atividades que envolvem embalagens vazias de agrotóxicos, componentes ou afins, bem como produtos em desuso ou impróprios para utilização, deverão obter licenciamento ambiental.

As empresas titulares de registro, produtoras e comercializadoras de agrotóxicos, seus componentes e afins, são responsáveis pelo recolhimento, pelo transporte e pela destinação final das embalagens vazias, devolvidas pelos usuários aos estabelecimentos comerciais ou aos postos de recebimento, bem como dos produtos por elas fabricados e comercializados.

Quando o produto não for fabricado no país, a pessoa física ou jurídica responsável pela importação assumirá, com vistas à reutilização, reciclagem ou inutilização, a responsabilidade pela destinação. A figura a seguir ilustra resumidamente o ciclo da logística reversa das embalagens de agrotóxicos.

Figura 53 - Ciclo da logística reversa das embalagens de agrotóxico.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.



Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias – inpEV, 550 mil toneladas de embalagens vazias foram destinadas desde 2002, 45.563 apenas em 2019. Sendo assim, 94% das embalagens plásticas primárias comercializadas no Brasil têm destinação ambientalmente adequada.

Em 2019 existiam 411 unidades de recebimento no país (304 postos e 107 centrais) e, foram realizadas 4,5 mil ações de recebimento itinerantes em 2019, evitando a emissão de 752 mil toneladas de CO². Desta forma, em Piraúba a logística reversa é realizada pelas casas agropecuárias que comercializam estes produtos e a comunidade dos ferreiros possui um galpão onde os mesmos são armazenados conforme mencionado em capítulos anteriores. No total são três casas agropecuárias no município e as embalagens vazias, são recolhidas pelo Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias - inpEV, porém, estes estabelecimentos não souberam informar a quantidade recolhida, apenas a periodicidade, ocorrendo duas vezes por ano.

3.3.2.9.6. Resíduos de Óleos Lubrificantes

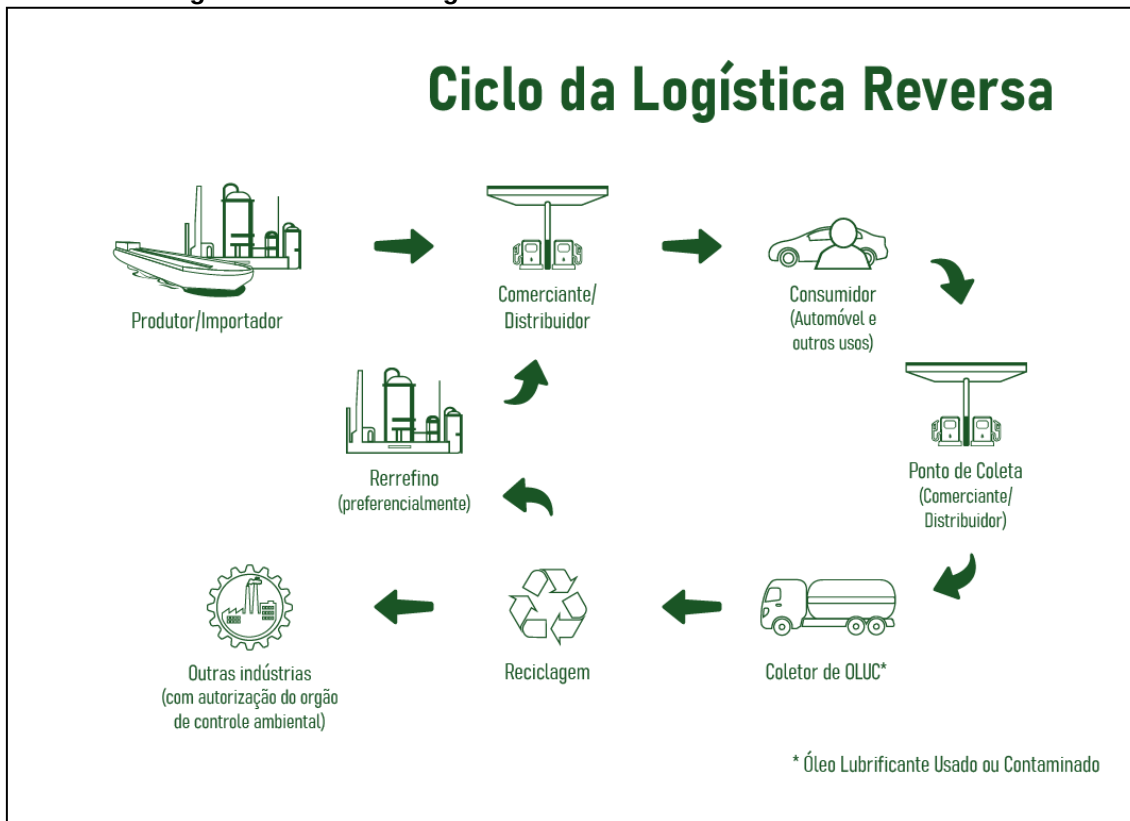
Os óleos lubrificantes usados ou contaminados possuem em seus compostos metais pesados nos quais são muito prejudiciais à saúde e ao ambiente, devido aos riscos e a falta de informação o governo tem criado legislações para regulamentar o transporte, armazenamento e principalmente a destinação correta do óleo lubrificante usado ou contaminado.

A troca de óleo lubrificante dos automóveis geralmente é realizada em concessionárias, postos de gasolina e oficinas. Para que um estabelecimento possa realizar a troca de óleo lubrificante, é necessário estar adequado às leis que regulamentam tanto o manuseio quanto a armazenagem deste produto. Salientando ainda que é indispensável, conforme Resolução nº 362/2005, do CONAMA, o armazenamento de óleos lubrificantes usados e contaminados de forma segura, em local de fácil coleta evitando vazamentos ou que se misturem com outros produtos.

A coleta e a destinação dos óleos usados e contaminados, de acordo com a Resolução nº20/2009 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Naturais e Combustíveis (ANP), deve ser realizada apenas por empresas credenciadas

junto ao órgão responsável, nas quais devem cumprir com diversas obrigações, como emissão do certificado de coleta, notas fiscais, armazenagem e destinação correta, entre outras. A figura abaixo ilustra como ocorre o ciclo da logística reversa dos óleos lubrificantes.

Figura 54 - Ciclo da logística reversa de óleos lubrificantes.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR, 2022.
Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Segundo dados da ABRELPE, 2019, o instituto Jogue Limpo, criado pelo Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes (Sindicom), é a entidade responsável pelo cumprimento do primeiro Acordo Setorial assinado com o ministério do Meio Ambiente, ao final do ano de 2012. Atualmente, o programa está presente em quinze estados e no Distrito Federal, cobrindo 4.153 municípios com 41.755 geradores cadastrados e 25.780 geradores ativos.

No ano de 2017, o programa recebeu 4.742 toneladas de embalagens plásticas, e enviou 4.551 toneladas para reciclagem. O número de óleos lubrificantes pós-uso coletadas entre 2010 a 2017 registrou uma queda de 1,1% na quantidade de unidades processadas de 2016 para 2017.

Em Piraúba não há controle sobre o reaproveitamento e a destinação final dos óleos lubrificantes usados ou contaminados. Ressalta-se, que os geradores

deste tipo de resíduo, também estavam cientes de que estas embalagens se manejadas incorretamente podem contaminar os outros resíduos recicláveis, inviabilizando sua recuperação.

3.3.3. Destinação Final e Medidas Mitigatórias

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2008), as seguintes definições são consideradas:

- Lixão: vazadouro a céu aberto, sem controle ambiental e nenhum tratamento ao lixo, onde pessoas têm livre acesso para mexer nos resíduos e até montar moradias em cima deles. Sendo, ambientalmente e socialmente, a pior situação encontrada ao se tratar de resíduos. É o mesmo que descarga a “céu aberto”, sendo considerada inadequada e ilegal, segundo a legislação brasileira.

Figura 55 - Exemplo de lixão.



Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

- Aterro controlado: instalação destinada à disposição de resíduos sólidos urbanos, na qual alguns ou diversos tipos e/ou modalidades objetivas de controle sejam periodicamente exercidos, quer sobre o maciço de resíduos, quer sobre seus efluentes. Admite-se, desta

forma, que o aterro controlado se caracterize por um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário;

Figura 56 - Exemplo de aterro controlado.



Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

- Aterro sanitário: instalação de destinação final dos resíduos sólidos urbanos por meio de sua adequada disposição no solo, sob controle técnico e operacional permanente, de modo a que, nem os resíduos, nem seus efluentes líquidos e gasosos, venham a causar danos à saúde pública e/ou ao meio ambiente.

Figura 57 - Exemplo de aterro sanitário.



Fonte: Foto de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



A Constituição Federal de 1988, Cap. VI, Art.225 estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, atribuindo ao Poder Público, e também à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2003).

A disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos representa um grave passivo ambiental para a maioria dos municípios brasileiros, configurando-se, inclusive, como um problema ambiental e de saúde pública, contrariando assim o Art. 225. Atualmente, a maior parte dos municípios brasileiros dispõe de uma coleta regular dentro nas áreas urbanas, serviço esse que é de fácil controle da população, visto que sua não realização gera grande transtorno à cidade e a seus moradores. Porém, a disposição final dos resíduos sólidos urbanos, na maioria das vezes, é colocada em um segundo plano.

No mundo, vários episódios de contaminação de solos e águas subterrâneas são atribuídos aos depósitos de lixo, até mesmo aqueles onde foram implantadas medidas de controle, como drenos, impermeabilizações, etc.

Assim, o correto gerenciamento desses resíduos, incluindo uma cadeia de ações visando à redução da geração, à coleta seletiva, ao transporte seguro, ao reaproveitamento de materiais recicláveis ou com potencial energético, até a disposição final em sistemas projetados e operados sob critérios técnicos adequados, deve ser tema cada vez mais presente na tomada de decisão dos gestores públicos municipais.

Sendo assim, no Município de Piraúba utilizou-se durante muito tempo a modalidade de lixão para o descarte e destinação final dos resíduos sólidos gerados no município. Atualmente são duas áreas que possuem passivo ambiental e as mesmas estão em processo de recuperação, através de projeto específico que busca melhorar a qualidade e as propriedades físico-químicas do local.

A Prefeitura, ao realizar a coleta de RDO destina os mesmos para uma área de transbordo licenciada, localizada no município de, Astolfo Dutra-MG. Após este procedimento, estes resíduos são transportados pela empresa UNIAO RECICLAVEIS RIO NOVO LTDA, sob o CNPJ: 07.711.109/0001-86, para a Central de Tratamento de Resíduos – CTR, localizada Leopoldina, na BR116 ,

tanto o transbordo quanto a destinação final são de responsabilidade da empresa União. Este aterro é distante 79 Km do Município de Piraúba.

Não há nenhum tipo de triagem entre os resíduos da coleta convencional de RDO, como dito em capítulos anteriores. É necessário que haja um Programa Municipal de Educação Ambiental, e que seja implementado a coleta seletiva, para que isto se torne uma realidade em Piraúba, além, de se implantar também uma coleta diferenciada de resíduos orgânicos.

Pois, através de uma coleta seletiva de resíduos sólidos bem estruturada e uma coleta diferenciada de resíduos orgânicos, o retorno financeiro para o município ocorre com a diminuição do volume destinado para o aterro. Com ganhos também para a toda sociedade que poderá conviver em ambientes mais saudáveis e melhor educados.

3.3.4. Análise Financeira

A tabela abaixo mostra os custos e os valores arrecadados os serviços de manejo dos resíduos sólidos e limpeza pública do Município de Piraúba no ano de 2020, de acordo com informações do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS.

Tabela 31 - Análise financeira da gestão dos resíduos sólidos de Piraúba.

Análise Financeira da Gestão dos Resíduos - Exercício de 2021	
Despesa total com serviços de manejo de RSU	R\$ 1.405.570,62
Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU	R\$0,00
Déficit	R\$ -1.405.570,62

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Através do balanço financeiro do setor, observou-se que não há arrecadação com os serviços prestados para cobrir os custos operacionais. Dessa forma a Prefeitura Municipal deve buscar as diretrizes do PMSB para atender as determinações da Política Nacional de Saneamento Básico, no que tange a obrigatoriedade de tornar sustentável economicamente os serviços de saneamento.

Esses valores podem ser obtidos por meio de reajuste na taxa cobrada pelos serviços, da melhor fiscalização e cobrança sobre os grandes geradores, adequação dos serviços prestados buscando a melhor eficiência, e entre outros.



3.3.5. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

As principais deficiências da gestão dos resíduos sólidos no Município de Piraúba referem-se à coleta seletiva, que ainda é insipiente no município, à gestão dos resíduos orgânicos, que não é realizada separadamente dos outros resíduos, melhor fiscalização da gestão dos resíduos de construção civil.

A limpeza pública também carece de maior controle, principalmente no que se refere a destinação dos resíduos verdes, melhorando também a questão da fiscalização sobre as empresas coletoras de RCC.

Os resíduos com logística reversa obrigatória, exceto os pneus, como as embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias, não tem controle sobre a sua geração, manejo e destinação final, necessitando de uma campanha de conscientização da população em geral, mostrando a existência da cadeia da responsabilidade compartilhada e o seu papel no gerenciamento destes resíduos, concomitantemente deverá haver uma maior fiscalização do Poder Público local sobre a questão da logística reversa obrigatória no município.

As medidas a serem tomadas para sanar tais deficiências serão apresentadas e detalhadas na fase de prognóstico.

3.4. Sistema De Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

3.4.1. Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

O estudo da drenagem possui foco principal na predição dos resultados dos hidrogramas de picos de vazões, que elevam diretamente com a intensa ocupação urbana nas bacias hidrográficas e consequente aumento da impermeabilização da superfície.

Desse modo, o crescimento urbano das cidades brasileiras provoca impactos na população e no meio ambiente, aumentando a frequência e gravidade das inundações, prejudicando a qualidade da água e gerando um aumento da presença de materiais sólidos no escoamento pluvial. Assim, existem fatores a serem atribuídos: a falta de planejamento, uso impróprio do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem ineficientes.

O município de Piraúba, possui déficit em seu sistema de microdrenagem composto por bueiros, galerias e bocas de lobo com caixas coletoras, a rede está subdimensionada acarretando em problemas em áreas devido a ocorrência de chuvas.

Em nível de macrodrenagem, o município possui o rio que passa margeando e dentro perímetro urbano.

O município não conta com a rede de cadastro de drenagem. O Cadastro Técnico das Redes de Drenagem forma um sistema de informações definido por dois aspectos básicos, sendo o primeiro a criação de um banco de dados com um histórico de informações de muitos anos, visando a organização, cadastramento e aprimoramento das redes instaladas, enquanto o segundo aspecto visa o destaque e a disponibilização dessas informações para setores e equipes de trabalho.

O sistema tradicional de drenagem é geralmente dividido em dois componentes, o da microdrenagem e o da macrodrenagem. Ambos os sistemas devem ser planejados e projetados sob critérios diferenciados. O sistema de microdrenagem, composto por pavimentos das ruas, guias, sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas pluviais e de canais de pequenas proporções, deve ser dimensionado para o escoamento de vazões de dois a dez anos de período de retorno. Já o sistema de macrodrenagem, composto por canalização de corpos hídricos, limpeza e desassoreamento de córregos, diques de

contenção e readaptação de obras de galeria e de travessias, deve ser dimensionado para inundações de cinquenta a cem anos de período de retorno. (PMSP, 1999).

De acordo com a análise das microbacias urbanas, o Município de Piraúba, apresenta sistemas de microdrenagem em parte da área urbana, e um sistema de bueiros e galerias próximos ao rio que se encontra na área urbana. Contudo, observa-se ainda a necessidade de implantação de dispositivos que contemplem toda a área urbana, principalmente visando o amortecimento das águas pluviais com uma rede de drenagem mais completa, em visita in loco, identificou uma obra para otimizar esses problemas.

Figura 58 - Obras na macrodrenagem.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Outro fator expressivo que é observado como agravante do sistema de drenagem urbana é a concepção equivocada de projetos, os quais, em sua maioria, não preveem a expansão da área urbana e o aumento da impermeabilidade do solo do município, bem como investir em ações estruturais ao invés de estruturantes. Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas condutas que tendem a agravar ainda mais a situação:

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;
- As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos como zona de passagem da inundação, têm sido ocupadas pela população com construções, reduzindo a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas de risco resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu leito maior.

Além desses dois sistemas tradicionais, cada vez mais, difunde-se o uso de medidas sustentáveis, que buscam o controle do escoamento na fonte através da infiltração ou retenção no próprio lote ou loteamento das águas pluviais, de modo a manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um risco definido.

Neste plano, a componente drenagem e manejo de águas pluviais, em sua fase de diagnóstico, pretende analisar os sistemas de microdrenagem, macrodrenagem e de drenagem natural, apontar problemas existentes e potenciais e, além disso, elaborar cartas temáticas com base nos dados secundários e cartografia disponível da região, destacando temas de hidrografia, uso e ocupação dos solos, cobertura vegetal, estações pluviométricas e fluviométricas, características dos solos e topografia. Além disso, através do estudo das microbacias urbanas, será apresentada a identificação das melhores e piores condições de escoamento das microbacias, assim como será estimado o volume de escoamento para cada exutória, de acordo com os períodos de retorno determinados.

3.4.2. Caracterização das Sub-Bacias Hidrográficas

Neste item serão realizados estudos das principais características das bacias hidrográficas nas quais o Município de Piraúba fica inserido. Atualmente existem doze subdivisões das regiões hidrográficas brasileiras. A área de Piraúba está inserida na região hidrográfica do Atlântico Sudeste, que é

caracterizada pelas atividades de agricultura irrigada em larga escala, turismo e indústria (MMA, 2006).

Figura 59 - Regiões Hidrográficas Brasileiras.



Fonte: Agência Nacional das Águas – ANA, 2005. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em função da extensão e da localização do estado no interior do território brasileiro, Minas Gerais é responsável pela existência de nascentes de alguns dos principais rios federais, como no caso do rio São Francisco. Dessa forma ressalta-se, inicialmente, na caracterização geral do Estado, a sua importância com relação aos recursos hídricos no cenário nacional.

A caracterização do Estado, sob o foco dos recursos hídricos, inicia-se com a introdução do conceito de Região Hidrográfica Nacional.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, por meio da Resolução nº 32 de 15 de outubro de 2003, institui a Divisão Hidrográfica Nacional, com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Segundo a Resolução, considera-se como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

De acordo com a Resolução nº. 32, o Estado de Minas Gerais abrange áreas de quatro Regiões Hidrográficas Nacionais. A Região Hidrográfica do São

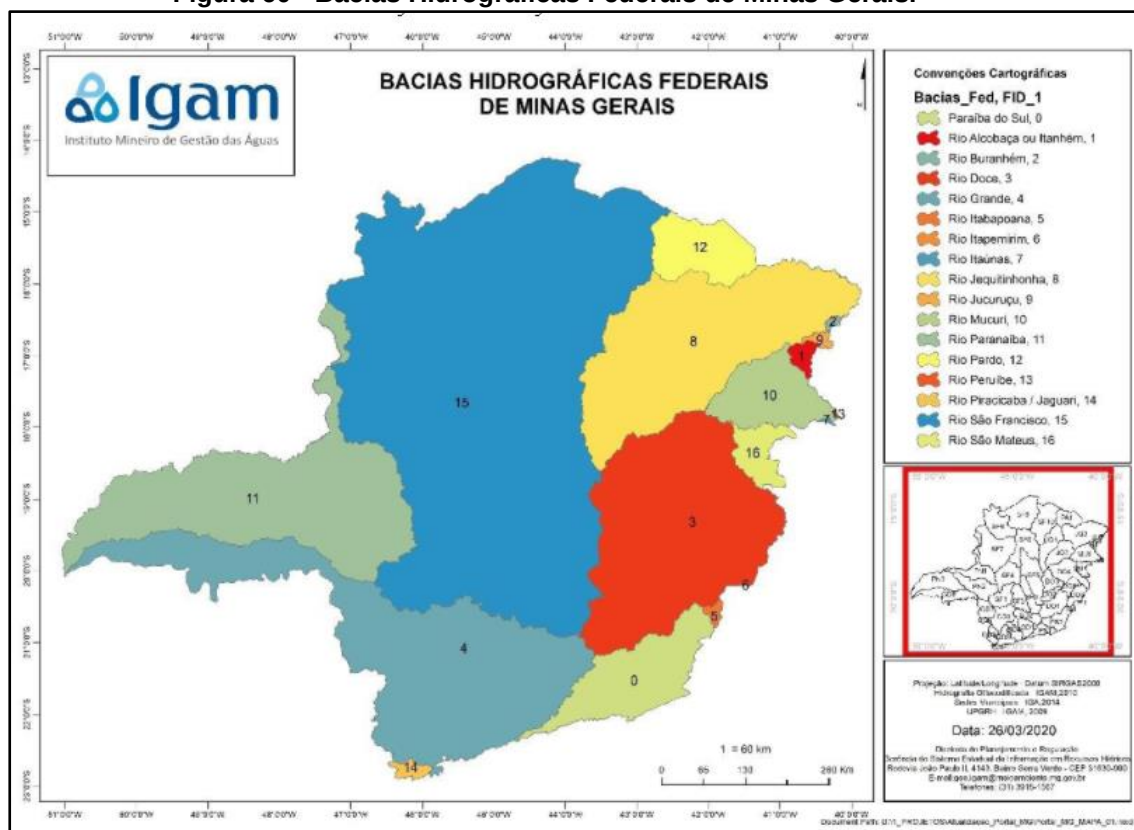
Francisco - RHSF (cobre 40% da área do Estado); 2. Região Hidrográfica do Paraná – RHPR (cobre 27%); 3. Região Hidrográfica do Atlântico Leste – RHAL (cobre 17%), e 4. Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste – RHAS (cobre 16%).

Em relação à rede hidrográfica, Minas Gerais possui cerca de 10.000 cursos d'água que compõem as 17 bacias hidrográficas adotadas pelo IGAM.

A partir das 4 Regiões Hidrográficas Nacionais parcialmente inseridas no Estado foram delimitadas essas 17 bacias hidrográficas.

Verifica-se que as 17 bacias hidrográficas possuem seus principais cursos d'água nascendo prioritariamente dentro do Estado e transpondo os limites estaduais, portanto devem ser considerados como rios de domínio da união, conforme definição estabelecida na Resolução nº. 399, de 22 de julho de 2004, da Agência Nacional de Águas.

Figura 60 - Bacias Hidrográficas Federais de Minas Gerais.



Fonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

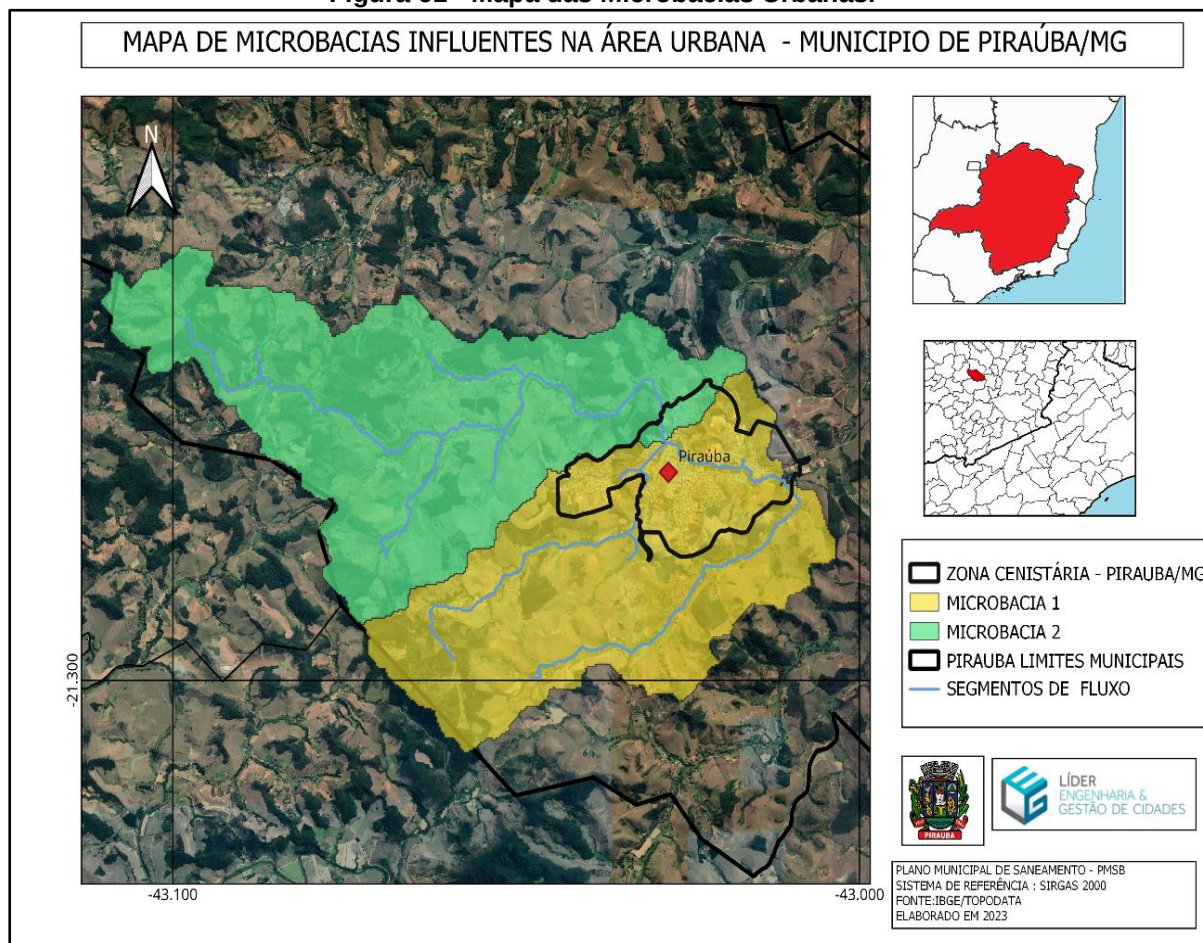
Conforme exposto pela imagem acima, Piraúba está inserido na Bacia do Rio Paraíba do Sul.

3.4.3. Caracterização das Microbacias Urbanas

Com o intuito de realizar o estudo de drenagem das águas pluviais da sede urbana de Piraúba, delimitaram-se as Microbacias Urbanas, que possuem influência direta da Zona Urbana do Município.

Para delimitação das microbacias hidrográficas utilizou-se o software *QGis versão 3.22*, utilizando a função do software: *r.watershed*, se salienta que que os dados são gerados automaticamente por meio de algoritmos do software, não necessariamente representando os rios e fluxos de drenagem presentes no município que podem variar devidos as condições climáticas e temporais. Nos próximos tópicos segue a análise detalhada para cada uma das microbacias identificadas. Para ilustrar melhor a caracterização hidrográfica de todo o município, segue abaixo o mapa das microbacias urbanas identificadas para zona urbana municipal.

Figura 61 - Mapa das Microbacias Urbanas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.3.1. Análise Morfométrica

A metodologia utilizada para determinação dos parâmetros foi a proposta por Horton (1945), sendo a mesma aplicada, considerando as condições ambientais brasileiras definidas por Villela & Mattos (1975) e Christofolletti (1980). Os dados secundários utilizados foram armazenados em ambiente SIG, onde foram feitos os cálculos, por meio de ferramentas estatísticas e de geoprocessamento, fazendo uso dos *softwares*: *ESRI® Arc Map™ 10.4.1* e *Microsoft® Excel 2016*.

O principal objetivo do estudo morfométrico é demonstrar, mediante os cálculos de parâmetros, quais microbacias apresentam as melhores e piores condições de drenagem, de acordo com suas condições naturais.

Neste estudo de caracterização morfométrica, optou-se pela utilização de microbacias com o objetivo de identificar as condições de drenagem natural, portanto o programa gerou um possível fluxo de drenagem através do MDE, que de modo deram embasamento para a realização dos cálculos. As microbacias selecionadas foram as que apresentaram influência direta na dinâmica urbana da sede de Piraúba.

A análise morfométrica iniciou-se pela classificação e ordenação dos principais fluxos de drenagem, obtendo assim a hierarquia fluvial para cada microbacia. Posteriormente deu-se procedência nas análises de aspectos lineares, areais e hipsométricos, conforme aponta nas tabelas abaixo.

Tabela 32 - Hierarquia do fluxo de drenagem computado.

Hierarquia Fluvial			
Bacias	Ordem	Quantidade	Extensão (km)
Bacia 1	1 ^a	4	11,71
	2 ^a	1	2,551
	3 ^a	-	-
	4 ^a	-	-
Bacia 2	1 ^a	5	6,203
	2 ^a	1	8,237
	3 ^a	-	-
	4 ^a	-	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.3.2. Análise Linear

- **Comprimento do canal principal (km) - Lcp**

É a distância que se estende ao longo do canal principal, desde sua nascente até a foz.

- **Altura do canal principal (m) - Hcp**

Para encontrar a altura do canal principal, subtrai-se a cota altimétrica encontrada na nascente pela cota encontrada na foz.

- **Gradiente do canal principal (m/km) - Gcp**

É a relação entre a altura do canal e o comprimento do respectivo canal, indicando a declividade do curso d'água. É obtido pela fórmula:

$$Gcp = Hcp / Lcp$$

Sendo:

Gcp = Gradiente do canal principal (m/km);

Hcp = Altura do canal principal (m);

Lcp = Comprimento do canal principal (km).

Este gradiente, também, pode ser expresso em porcentagem:

$$(\%) - Gcp = Hcp / Lcp * 100$$

- **Extensão do percurso superficial (km/km²) - Eps**

Representa a distância média percorrida pelas águas entre o interflúvio e o canal permanente. É obtido pela fórmula:

$$Eps = 1 / 2 Dd$$

Sendo:

Eps = Extensão do percurso superficial (km/km²);

1 = constante;

2 = constante;

Dd = Valor da densidade de drenagem (km/km²).

3.4.3.3. Análise Areal

Na análise areal das bacias hidrográficas, estão englobados vários índices, nos quais, intervêm medições planimétricas, além de medições lineares. Podemos incluir os seguintes índices:

• Comprimento da bacia (km) – Lb

É calculado, através da medição de uma linha reta traçada ao longo do rio principal, desde sua foz até o ponto divisor da bacia.

• Coeficiente de compacidade da bacia - Kc

É a relação entre o perímetro da bacia e a raiz quadrada da área da bacia. Este coeficiente determina a distribuição do deflúvio, ao longo dos cursos d'água, e é em parte responsável pelas características das enchentes, ou seja, quanto mais próximo do índice de referência, que designa uma bacia de forma circular, mais sujeita a enchentes, será a bacia. É obtido pela fórmula:

$$Kc = 0,28 * P / \sqrt{A}$$

o Kc = Coeficiente de compacidade;

o P = Perímetro da bacia (km);

o A = Área da bacia (km²).

Sendo:

Índice de referência – 1,0 = forma circular.

Índice de referência – 1,8 = forma alongada.

Pelos índices de referência, 1,0 indica que a forma da bacia é circular e 1,8 indica que a forma da bacia é alongada. Quanto mais próximo de 1,0 for o valor deste coeficiente, mais acentuada será a tendência para maiores

enchentes. Isto porque, em bacias circulares, o escoamento será mais rápido, pois a bacia descarregará seu deflúvio direto com maior rapidez, produzindo picos de enchente de maiores magnitudes. Já, nas bacias alongadas, o escoamento será mais lento e a capacidade de armazenamento maior.

• **Densidade hidrográfica (rios/km²) - D_h o D_h = Densidade hidrográfica;**

o N_1 = Número de rios de 1ª ordem;

o A = Área da bacia (km²).

É a relação entre o número de segmentos de 1ª ordem e a área da bacia. É obtida pela fórmula:

$D_h = N_1 / A$, sendo:

Canali (1986) define três categorias de densidade hidrográfica:

D_h baixa – menos de 5 rios/km²;

D_h média – de 5 a 20 rios/km²;

D_h alta – mais de 20 rios/km².

• **Densidade de drenagem (km/km²) - D_d o D_d = Densidade de drenagem;**

o L_t = Comprimento dos canais (km);

o A = Área da bacia (km²).

É a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia. É obtida pela fórmula:

$D_d = L_t/A$, sendo:

Segundo Villela & Mattos (1975), o índice varia de 0,5 km/km², para bacias com pouca capacidade de drenagem, até 3,5 km/km² ou mais, para bacias, excepcionalmente, bem drenadas.

3.4.3.4. Análise Hipsométrica

• Altura da bacia (m) - Hb

É a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia e o ponto mais baixo (foz). Foram analisados os parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias localizadas dentro do perímetro urbano da sede do Município de Piraúba, cujos dados estão expostos na tabela abaixo a seguir.

Tabela 33 - Dados Morfométricos.

Estudo Morfométrico das Bacias		
Parâmetros		Valor
Bacia 1	Área da bacia - A (Km ²)	19,12
	Perímetro da bacia - P (Km)	28,82
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	7,24
	Altura do canal principal - Hcp (m)	106,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	14,64
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,19
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	5,62
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,85
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,052
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	0,38
	Altura da bacia - Hb (m)	54,00
Bacia 2	Área da bacia - A (Km ²)	22,410
	Perímetro da bacia - P (Km)	37,670
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	10,206
	Altura do canal principal - Hcp (m)	206,000
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	20,184
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,322
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	7,400
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	2,228
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,045
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	0,644
	Altura da bacia - Hb (m)	152,000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Através da análise dos parâmetros morfométricos, pode-se inferir que as microbacias localizadas na área urbana de Piraúba, e apresentam áreas relativamente media para a microbacia 1 e uma área parecida para a microbacia 2, que apresentaram uma área de 19,12 e 22,41 km².

Todas as Microbacias estudadas apresentaram densidades hidrográficas baixas, com menos de cinco rios/km. A densidade hidrográfica é de suma importância, pois representa o comportamento hidrográfico em determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água.

Para o fator Densidade de Drenagem, todas as microbacias apresentaram resultados baixos. A densidade de drenagem é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica, representando o grau de dissecação topográfica, em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressando a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas.

Avaliando os valores referentes ao gradiente do canal principal de cada microbacia, observou-se que as microbacias que exibem um alto gradiente, consequentemente apresentam as maiores velocidades de escoamento e demandam maior necessidade de dispositivos de drenagem.

Mediante os cálculos realizados, é possível verificar que, ao se aplicar a fórmula que define o Coeficiente de Compacidade (Kc), as microbacias estudadas apresentaram valores que indicam que se aproximam de uma forma alongada e, dessa forma, maior propensão ao escoamento natural das águas da chuva, com menores riscos de inundações.

Perante os indicadores apresentados, evidencia-se que as microbacias de influência na área urbana de Piraúba contêm características naturais que se traduzem em condições de drenagem natural que são boas. Não foram apresentados valores alarmantes, porém há indicadores que evidenciam que a capacidade de escoamento é mediana.

O índice de gradiente do canal principal sinaliza sobre a susceptibilidade à erosão e relaciona-se ao índice de sinuosidade para determinar seu potencial de acúmulo de sedimentos, o que pode resultar no assoreamento em casos mais graves.

3.4.4. Estudos Hidrológicos

Os Estudos Hidrológicos visam fornecer hidrogramas, que são resultados das análises matemáticas feitas em uma bacia hidrográfica em função das características que alteram a sua capacidade de escoamento. Como exemplo destas características, tem-se as alterações da sua vegetação com determinada ocupação de solo, seu tipo de solo e geologia inserida, a intensidade pluviométrica e seus resultados das análises morfométricas.

3.4.4.1. Índices Físicos

Os índices físicos, em termos hidrológicos, são aqueles que representam algumas características geométricas da bacia em estudo. Os abordados neste estudo são o comprimento do talvegue principal e sua declividade média.

Os valores de desnível geométrico nas microbacias, bem como o comprimento do talvegue principal, foram obtidos através do uso de processamento digital de imagens, usando os sistemas de informações geográficas e o auxílio da base cartográfica (IBGE, SRTM).

A literatura técnica especializada apresenta diversas equações para o cálculo do tempo de concentração de bacias de drenagem. Dentre estas, as mais conhecidas são Kirpich, Bransby-Willians, Onda Cinemática, SCS (Soil Conservation Service) e de Watt e Chow.

O tempo de concentração de uma bacia pode ser definido como o tempo contado a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua para a vazão na seção de saída ou em estudo, isto é, corresponde ao tempo que a partícula de água de chuva que cai no ponto mais remoto da bacia leva para atingir a seção em estudo, escoando superficialmente.

Para a elaboração do presente plano foram comparados os resultados obtidos por meio das equações de Kirpich, Soil Conservation Service e a de Watt e Chow. Mediante a análise dos resultados encontrados, foi observado que os métodos de Watt e Chow e Soil Conservation Service forneceram valores de tempo de concentração extremamente altos, e, por conseguinte, bem fora da realidade requerida para o estudo. Portanto optou-se por utilizar os resultados da equação de Kirpich. Sendo assim, a equação de Kirpich se apresenta a seguir:

$$tc = 57 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385}$$

sendo:

Tc: Tempo de concentração, em minutos;

L: extensão do talvegue em quilômetros e;

H: diferença de cotas entre seção de drenagem e o ponto mais alto do talvegue em metros;

A próxima tabela apresenta os valores referentes ao Tempo de Concentração (Tc) para as microbacias urbanas de Piraúba.

Tabela 34 - Tempo de Concentração para as diferentes microbacias.

Microbacias	L (Km)	$\Delta H(m)$	Tc(min)	Tc (h)
1	7,24	106	93,139	1,552
2	10,206	206	107,217	1,787

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.4.2. Permeabilidade dos Solos

A permeabilidade do solo é um atributo físico de grande importância para a engenharia, sendo necessária à sua determinação nos trabalhos em que se tem movimento d'água no solo. Vários são os atributos físicos do solo que influenciam nos valores do seu coeficiente de permeabilidade, sendo considerados de maior importância a densidade e a porosidade.

3.4.4.3. Uso e Ocupação do Solo Urbano

Neste ponto de análise, a imagem foi recortada para que abrangesse apenas as áreas das microbacias relevantes para o estudo hidrológico e que possuem influência direta e indireta na drenagem da área urbana do município. A classificação que se deu foi de forma supervisionada, identificando as fisionomias mais aparentes e, a partir do valor de seus pixels, realizando uma classificação semiautomática.

Após isso, foram feitas correções manuais visando eliminar interferências atmosféricas da imagem e alterar algumas áreas classificadas que não estavam

fiéis à realidade. Escolheram-se cinco classes para a classificação supervisionada, seguindo um critério de que cada classe possui uma maior tendência ao escoamento da água e menor tendência à infiltração. São as seguintes:

- Vegetação Densa
- Vegetação Rasteira
- Solo Edificado

Em seguida, foram mapeadas e medidas as classes criadas para a classificação supervisionada, como podemos ver na tabela e figura abaixo.

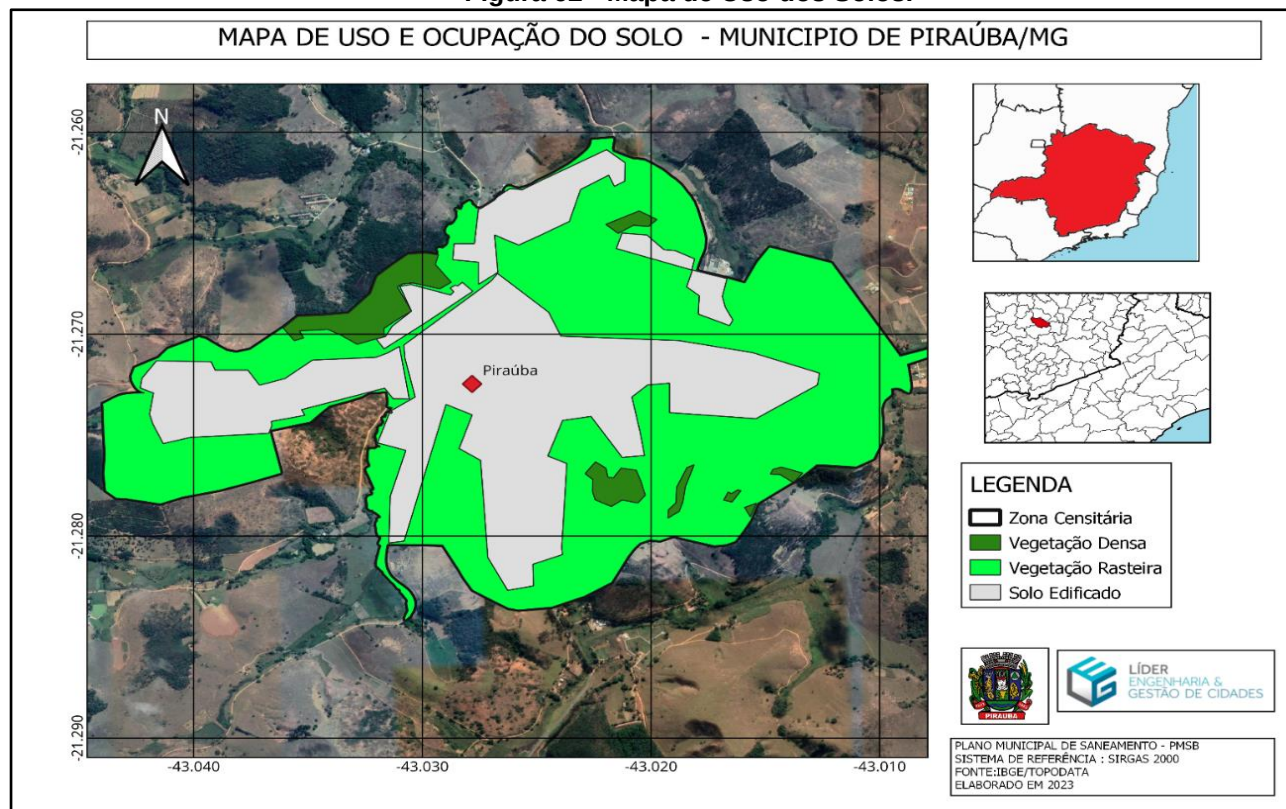
Tabela 35 - Classes de uso do solo utilizadas.

Classificação	Área (km²)
Solo Edificado	1,27
Vegetação Rasteira	2,79
Vegetação Densa	0,201

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A seguir a figura mostra o mapa da classificação do uso e ocupação do solo da área urbana de Piraúba.

Figura 62 - Mapa de Uso dos Solos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Partes integrantes dos métodos de transformação de chuva em vazão são os métodos de separação do escoamento. As águas pluviais, ao atingirem a superfície terrestre, têm dois caminhos principais a seguir: infiltrar no solo ou escoar superficialmente.

Para determinação da parcela das alturas precipitadas que escoam superficialmente, foram desenvolvidos diversos métodos de estimativa. Os mais conhecidos são:

- Coeficiente de *run off*;
- Índice (teta);
- SCS (*Soil Conservation Service*);
- Horton;
- *Green & Ampt*;
- I-Pai-Wu.

Para a microdrenagem urbana, o método mais utilizado é o do coeficiente de *run off*, que consiste na utilização de valores tabelados de relação entre escoamento superficial e volume precipitado. Por exemplo, um coeficiente de *run off* de 0,90 significa que 90% da precipitação são escoadas superficialmente e somente 10% são computados como infiltração ou perdas iniciais. É um método bastante simples e que não considera perdas por evapotranspiração, acumulação em depressões da superfície, etc.

Este método de separação do escoamento é utilizado juntamente com um método de transformação de chuva em vazão denominado de método racional. Wilkens (1978), apresentou uma tabela com proposição de valores de coeficiente de *run off* (C), conforme a tabela abaixo.

Tabela 36 - Sugestão dos Valores de Coeficiente de Run Off.

Sugestão De Valores De Coeficiente De Run Off	
Zonas	C (coeficiente)
Área Edificadas	0,70
Solo Exposto	0,35
Vegetação Rasteira	0,20
Vegetação Densa	0,05

Fonte: Wilkens, 1978. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Assim como o coeficiente de *run off*, os demais métodos de separação do escoamento têm suas potencialidades e limitações. O índice (teta), por exemplo, admite uma infiltração constante. Isto somente acontecerá para chuvas de pequena duração sobre solos com alta condutividade hidráulica (arenosos).

Para o atual estudo, foram utilizados valores de *run off* que possuem variação dentro de uma faixa determinada. É definido um valor de acordo com as características específicas de cada bacia analisada.

Tabela 37 - Variação Coeficiente de Run off.

Natureza da Superfície	Valores de C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentações de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e capinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: Wilkens, 1978. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Este cálculo é utilizado para determinar os coeficientes de deflúvio para as microbacias urbanas, ponderando os valores estabelecidos de acordo com o método *run off*. Assim, quanto mais próximo de 1,00, maior a tendência em escoar a água da chuva completamente para a área em questão analisada e quanto mais próximo de 0, maior a infiltração que se dá no solo da área classificada. A partir dessa metodologia, ponderou-se os valores para as classes aqui definidas no estudo hidrológico.

3.4.4.4. Chuvas Intensas

As equações de chuvas intensas são fórmulas que dependem de estudos hidrológicos realizados na região de estudo. Esses estudos têm por objetivo a obtenção de uma equação que melhor descreve o regime de chuvas do local. No caso do Município de Piraúba, a relação, segundo Bello (2018), é possível calcular pela equação a seguir.

$$i_{(t,TR)} = \frac{K TR^a}{(t + b)^c}$$

em que:

- i - intensidade de precipitação média máxima (mm h^{-1});
TR - período de retorno (5, 10, 25, 50 e 100 anos);
t - tempo de duração da chuva ($5 \text{ min} \leq t \leq 1440 \text{ min}$);
K, a, b e c - coeficientes de ajuste local.

Os dados pluviográficos e pluviométricos foram utilizados para obtenção da equação de chuvas intensas. As séries históricas de intensidades máximas médias de precipitação, correspondentes às diversas durações, foram submetidas à análise estatística a fim de identificar o modelo probabilístico que apresentasse melhor ajuste aos dados chegando aos valores apresentados na tabela abaixo. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico, são os mesmos valores de K, a, b e c que são os coeficientes de ajuste local do município.

Tabela 38 - Coeficientes da equação da chuva.

Município	Estação	k	a	b	c
Piraúba	Juiz de Fora	781,989	0,168	9,785	0,724

Fonte: Bello, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A tabela abaixo mostra as chuvas intensas para os diferentes tempos de retorno.

Tabela 39 - Valores da Equação de intensidade da chuva.

Bacia	Tc (min)	Intensidade para Diferentes TR (mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
Bacia 1	93,139	35,7739	40,1920	52,6704	59,1752
Bacia 2	107,217	32,6028	36,6293	48,0016	53,9297

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A intensidade da precipitação indica a quantidade (altura) precipitada em determinado tempo. Já o conceito de período de retorno (TR) pode ser expresso como o “número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação,

uma determinada intensidade pluviométrica igualada ou ultrapassada apenas uma vez” (NBR 10.844).

O tempo de duração de chuva foi adotado como geralmente ocorre na drenagem urbana, sendo igual ao tempo de concentração da seção analisada das bacias.

3.4.4.5. Métodos para Vazão de Pico

• Método Racional

O método mais comum para a determinação da vazão de projeto de bacias naturais é a partir de procedimentos estatísticos. Já para o cálculo de vazão de projeto para pequenas bacias são aplicados modelos de transformação chuva-vazão (ou indiretos), nos quais a vazão é calculada a partir das chuvas. Para o uso desse modelo, a bacia precisa ter as seguintes características:

- A bacia deve ter características físicas homogêneas;
- Em toda a área de drenagem da bacia, a precipitação deve ser uniforme.
- Bacias com área até 2,0 km²

O método racional é um dos mais utilizados em território brasileiro. Sua simplicidade de aplicação e resultados obtidos são geralmente satisfatórios, o que o torna bem aceitável uma vez que as condições básicas são atendidas. De acordo com Reis (2017), o nome do método “Racional” é para contrapor os métodos antigos que eram empíricos e, portanto, não racionais.

O trabalho de Kuichling mostrou que a relação entre a vazão de precipitação e a vazão excedente é igual a área impermeabilizada da bacia quando toda a área está contribuindo. E ele chamou esta razão (Q/I) de valor racional, daí a denominação atual de Fórmula Racional. Mas dois parâmetros cruciais para o bom resultado do método ainda são obtidos de forma bastante empírica: o tempo de concentração e o coeficiente de runoff.

O método é usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. A fórmula, a seguir, apresenta a forma de calcular a vazão de pico pelo Método Racional:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6}$$

sendo:

Q – Vazão de pico (m³/s);

i – intensidade máxima da chuva (mm/h);

C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

A – área de drenagem da bacia (km²).

Os valores do coeficiente “C”, no Método Racional, referem-se ao coeficiente de escoamento superficial, que é convencionado de acordo com as características fisiográficas das bacias urbanas.

• Método SCS

O método do número da curva (CN) do Serviço de Conservação do Solo (SCS) americano, o qual está sendo utilizado nesse trabalho, é um dos métodos mais populares para calcular o escoamento superficial direto de uma tempestade. É popular porque é simples, estável, fácil de entender e aplicar e é responsável pela maioria das características da bacia hidrográfica que produz escoamento, como tipo de solo, uso da terra, condição hidrológica e condição de umidade anterior.

O método SCS-CN foi originalmente desenvolvido para pequenas bacias hidrográficas agrícolas e, desde então, foi estendido e aplicado a bacias hidrográficas rurais, florestais e urbanas (SK MISHRA, et al ,2012).

A estimativa do número CN, necessita observar os valores tabelados disponíveis de acordo com dados do SCS, com o tipo de solo e do uso e ocupação presente na área de interesse (CANHOLI, 2014). O modelo SCS considera três condições de umidade antecedente (AMC) do solo para a estimativa do CN.

AMC I: Condição em que os solos de uma bacia estão secos, mas não é suficiente para o ponto de murchamento das plantas.

AMC II: Condições em que os dados se encontram na umidade ideal, isto é, nas condições que precedem uma enchente máxima anual.

AMC III: Condições em que os solos de uma bacia se encontram quase saturados, quando da ocorrência de chuvas fortes ou fracas durante cinco dias anterior a uma determinada chuva.

A partir disso são considerados tanto o tipo de cobertura superficial do terreno como o grupo hidrológico dos solos, sendo o valor de 'N', determinado conforme o procedimento adotado para o cálculo do valor de CN descrito no método do Soil Conservation Service (SCS) in. TUCCI et al. (1995). São considerados quatro grupos hidrológicos dos solos sendo eles mostrados na figura abaixo.

Figura 63 - Tabelas de Grupos de Solos e Uso e Ocupação.

GRUPO DE SOLO	CARACTERÍSTICAS DO SOLO
A	Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8%, não havendo rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. Teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1% (Porto, 1979 e 1995).
	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. Solos arenosos profundos com pouco silte e argila (Tucci et al, 1993).
B	Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menos teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso das terras roxas, este limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras e nem camadas argilosas até 1,5m, mas é, quase sempre, presente camada mais densificada que a camada superficial (Porto, 1979 e 1995).
	Solos menos permeáveis do que o anterior, solos arenosos menos profundo do que o Grupo A e com permeabilidade superior à média (Tucci et al, 1993).
C	Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30%, mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidade de 1,2m. No caso de terras roxas, esses dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5m. Nota-se a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade (Porto, 1979 e 1995).
	Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e pouco profundo (Tucci et al, 1993).
D	Solos argilosos (30 a 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50cm de profundidade ou solos arenosos como do Grupo B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados (Porto, 1979 e 1995).
	Solos contendo argilas expansivas e pouco profundas com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial (Tucci et al, 1993).

Fonte: Adaptada de TUCCI (1993).

Figura 64 - Solos e Uso e Ocupação CN.

UTILIZAÇÃO OU COBERTURA DO SOLO		GRUPO DE SOLO			
ZONAS NÃO RESIDENCIAIS		A	B	C	D
Zonas cultivadas sem conservação de solo		72	81	88	91
Zonas cultivadas com conservação de solo		62	71	78	81
Pastagens ou terrenos em más condições		68	79	86	89
Bosques ou zonas com cobertura ruim		45	66	77	83
Zonas comerciais e de escritório		89	92	94	95
Zonas industriais		81	88	91	93
Parques de estacionamento, telhados, viadutos, etc.		98	98	98	98
ESPAÇOS ABERTOS, RELVADOS, PARQUES, CAMPOS DE GOLFE, CEMITÉRIOS COM BOAS		GRUPO DE SOLO			
		A	B	C	D
Relva em mais de 75% da área		39	61	74	80
Relva de 50 a 75% da área		49	69	79	84
Florestas com boa cobertura		25	55	70	77
Baldios em boas condições		39	61	74	80
Prados em boas condições		30	58	71	78
ZONAS RESIDENCIAIS		GRUPO DE SOLO			
LOTES (m ²)	ÁREA IMPERMEÁVEL (%)	A	B	C	D
Menor que 500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
ARRUAMENTOS E ESTRADAS		GRUPO DE SOLO			
		A	B	C	D
Asfaltadas e com drenagem de águas pluviais		98	98	98	98
Paralelepípedos		76	85	89	91
Terra		72	82	87	89

Fonte: Adaptada de TUCCI (1993).

Uma vez que a área estudada apresenta mais de um tipo de solo ou ocupação, é necessário determinar o parâmetro CN por meio da combinação entre os mapas de solo e ocupação do terreno, obtendo, pois, o coeficiente denominado CN resultante ou composto (CN_{res}). A fórmula utilizada para calcular o CN_{RES} leva em consideração o produto das diferentes sub-áreas e seus respectivos índices CN, ponderado pela somatória das sub-áreas, e o escoamento superficial (Pe) como mostra as Equações abaixo.

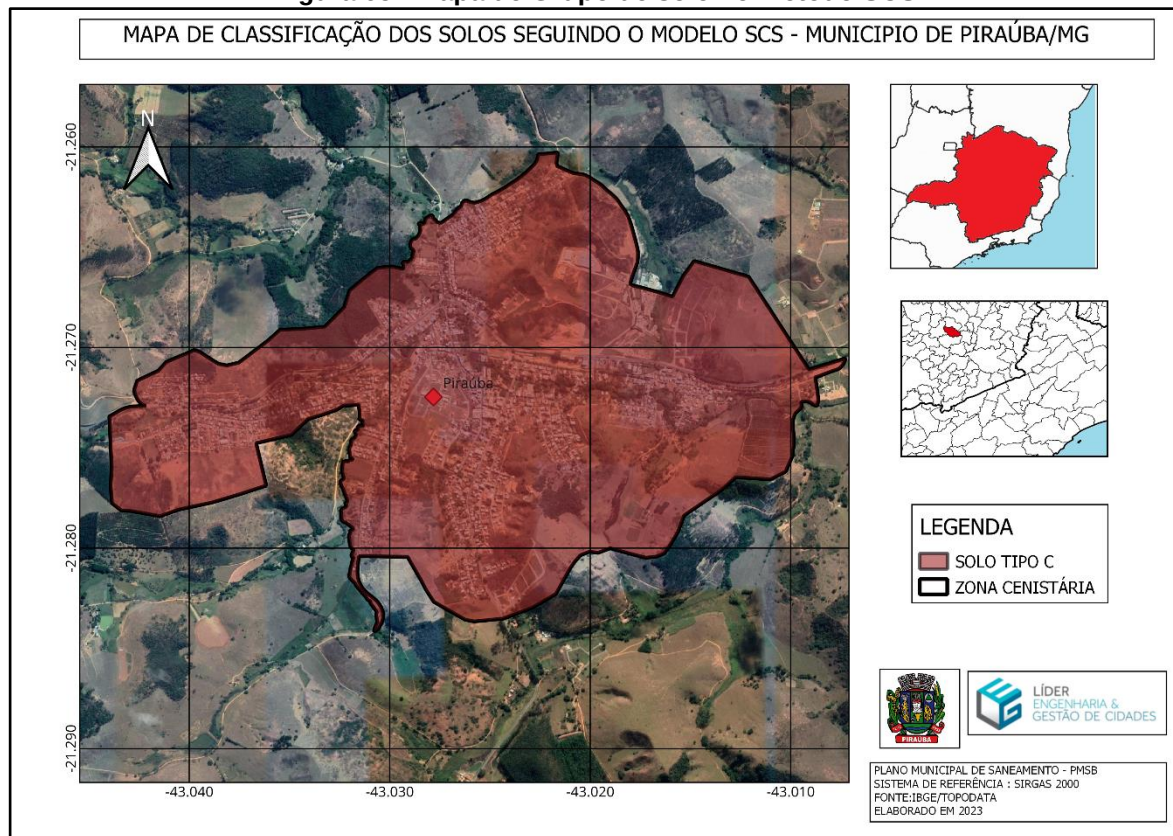
$$CN_{RES} = \frac{CN_1 \times A_1 + CN_2 \times A_2 + \dots + CN_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{CN_i \times A_i}{A}$$

A fim de se calcular o parâmetro CN_{RES} demonstrado previamente, é necessário classificar os solos das bacias segundo os quatro grupos hidrológicos dos métodos SCS (A, B, C e D). Tal classificação leva em consideração o

potencial de escoamento superficial de cada tipo de solo, sendo A o grupo de menor potencial de escoamento e o D o mais impermeável.

Sendo assim, a figura mostra as características de cada um dos solos existentes na área de estudo, nesse trabalho, tal parâmetro foi calculado utilizando a metodologia denominada do Soil Conservation Service (SCS).

Figura 65 - Mapa de Grupo de solo no método SCS.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A fim de se estimar o escoamento superficial em função da altura pluviométrica e de um coeficiente adimensional empírico denominado curva número (CN). Tal coeficiente leva em consideração os diversos tipos e utilização de solos presentes na região do objeto de estudo, variando em um intervalo de 0 a 100.

O valor máximo, por sua vez, indica maior tendência de gerar escoamento superficial, podendo ser decorrência da existência de solos que dificultam a infiltração das águas ou mesmo pela incidência de áreas impermeáveis na bacia estudada (CANHOLI, 2014).

Para a execução dos cálculos, foi desenvolvida uma fórmula empírica que relaciona a capacidade de armazenamento da bacia com um parâmetro denominado Número Curva (CN), como mostrado na Equação a seguir.

$$S = \frac{25.400 - 254 \text{ CN}}{\text{CN}}$$

sendo:

S: capacidade de armazenamento da bacia, em (mm);

CN: parâmetro número curva.

Tendo-se a capacidade de armazenamento da bacia, pode-se determinar a precipitação excedente (Pe) pela Equação abaixo.

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)}$$

Para $P > 0,2S$

sendo:

Pe: precipitação excedente, em mm;

P: precipitação, em mm;

S: capacidade de armazenamento da bacia, em mm.

A tabela abaixo mostra a capacidade de armazenamento de cada bacia e suas precipitações excedentes para os diferentes tempos de retorno. De acordo com Canholi (2014), uma vez calculada a precipitação excedente, deve-se obter o hidrograma unitário e proceder ao cálculo do hidrograma final, resultante proporcional à chuva excedente em intervalos. Para tanto, calcula-se a vazão de pico a partir da seguinte equação.

$$Q = \frac{2,08 \cdot A}{tp}$$

Sendo:

Q: Vazão de pico (m³/s.cm);

A: Área (km²);

Tp: Tempo de retardo (h).

$$tp = \frac{tr}{2} + tL$$

Sendo:

Tp: Tempo de Retardo;

Tr: 0,1 h (intervalo de discretização da chuva);

tL: tempo de resposta (h).

$$tL = 0,6. tc$$

Sendo:

tL: Tempo de resposta (h);

tc: Tempo de concentração (h).

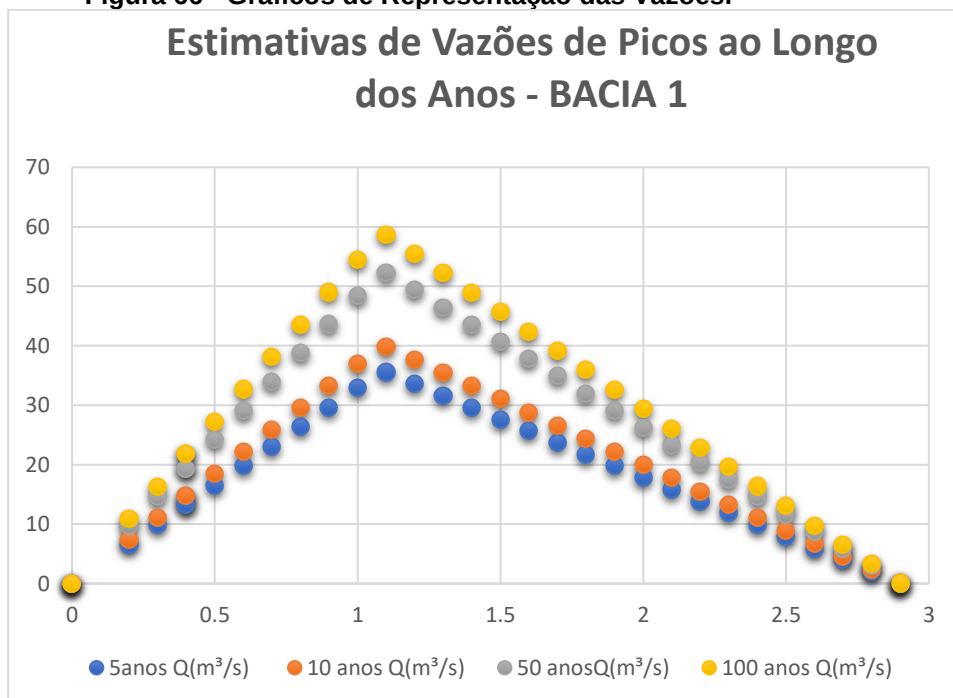
A tabela abaixo apresenta os resultados dos cálculos das vazões de pico de acordo com o SCS.

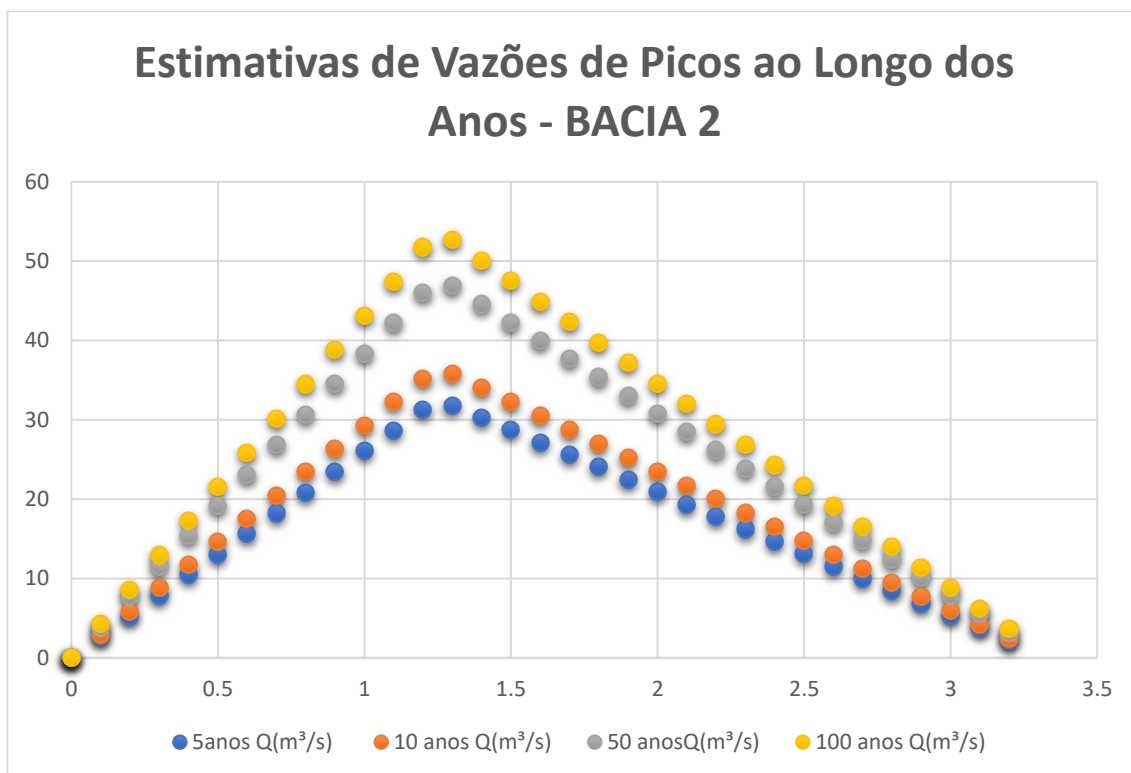
Tabela 40 - Vazão de Pico Método SCS.

Bacias Urbanas	CN	Vazões para os Tempos de Retorno (m³/s)			
		5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
Bacia 1	71,11	35,77	40,19	52,67	59,18
Bacia 2	71,82	32,60	36,63	48,00	53,93

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 66 - Gráficos de Representação das Vazões.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.5. Erosão

A erosão é um fenômeno natural, em que a superfície terrestre sofre desgaste e se afeiçoa por ação de processos físicos, químicos e biológicos (SUGUIO, 2003). Pode ser definido como o processo de desagregação, transporte, e deposição de partículas de solo pela ação do vento, da água e de outros agentes (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2005; MORGAN, 2005; WISHMEIER e SMITH, 1978).

Esses agentes agem na superfície terrestre quebrando as partículas de solo dispersando-as para regiões diferentes dos locais de origem, sendo que esse processo pode ser acelerado pela ação antrópica por meio de práticas de uso e manejo inapropriados.

Existem duas classes distintas de erosão: a erosão acelerada, advinda das atividades antrópicas e a erosão geológica, ou natural. A primeira é caracterizada pelo alto poder destrutivo em curto intervalo de tempo, enquanto a segunda é um processo lento e contínuo da evolução da superfície terrestre. A erosão do solo, quando ocorre de forma acelerada, torna-se um problema

ambiental no que se refere a ocupação para práticas agropecuárias e florestais, o que afeta sua capacidade produtiva.

O processo erosivo reduz a porosidade do solo, interferindo em sua capacidade de retenção e infiltração da água, aumentando o escoamento superficial, transporte de sedimentos e assoreamento de corpos de água (DURÃES e MELLO, 2016).

Além dos agentes naturais do intemperismo, as atividades humanas podem acelerar o desenvolvimento dos processos erosivos de forma expressiva através do desmatamento, abertura de estradas, modificações do regime de fluxo de água natural, como em barragens, canalização de rios, redes de drenagem mal dimensionadas.

É importante considerar que, nas áreas de erosões intensas e instabilidade, devem ser elaborados estudos e monitoramento para evitar desastres, assim como ampliar as ações que visam a recuperação destas áreas.

3.4.6. Indicadores de Drenagem

Para avaliação da existência e qualidade da prestação de serviços de drenagem e manejo de águas pluviais, alguns indicadores para uma caracterização geral da situação estão relacionados. Eles permitem a identificação da existência do sistema e percentual de atendimento do mesmo, assim como de problemas advindos com a falta e inadequação da drenagem urbana.

Posteriormente, de acordo com a situação e caracterização deste setor, indicadores referentes à manutenção do sistema, limpeza e desobstrução de galerias, podem ser incorporados. Da mesma forma, com a implantação e ampliação do sistema de drenagem, indicadores podem ser previstos para o monitoramento da qualidade da água resultante do sistema de galerias das águas pluviais.

Através de análises de alguns parâmetros nas saídas dos emissários, como por exemplo, de nitrogênio, fósforo, DBO, sólidos totais, dentre outros, é possível obter uma análise qualitativa e quantitativa sobre as regiões com ligações clandestinas na rede pluvial. Assim, os indicadores contribuirão para a

avaliação da poluição difusa e de problemas com a existência de ligações clandestinas de esgoto no sistema de drenagem urbana.

No entanto, para o Município de Piraúba, observou-se a inexistência de um banco de dados capazes de formular os indicadores necessários para apresentar a os serviços prestados. A necessidade de ampliação das informações dos indicadores pode ser obtida pela agregação/associação de indicadores em sistemas que reúnem diversos indicadores em uma ou mais dimensões.

3.4.7. Sistemas de Macrodrenagem

A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Quando é mencionado o sistema de macrodrenagem, as áreas envolvidas são de pelo menos 2 km² ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos, pois a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. O sistema de macrodrenagem deve ser projetado com capacidade superior ao de microdrenagem, com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais (PMPA, 2005).

As localidades ribeirinhas apresentam ocupações irregulares consideráveis, resultando em problemas nos leitos dos rios. Os rios geralmente possuem dois leitos: o leito menor, onde a água escoar na maior parte do tempo; e o leito maior, que pode ser inundado de acordo com a intensidade das chuvas. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a enchentes (PMPA, 2005).

Em Piraúba, pela configuração do sistema existente atualmente é possível observar, na maior parte, aspectos relacionados que há urbanização nas áreas de leitos que passam pelo município com influência das microbacias estudadas.

Contudo, de acordo com a visita in loco e entrevista com moradores e representantes da Prefeitura do Município, foi possível constatar a existência de áreas em que acontecem eventos de enchentes e inundações, porém quando há ocorrência de chuva a rede não suporta a toda a vazão no qual acontece eventos de alagamento em alguns pontos. De uma forma geral, o município possui um sistema de drenagem natural boa, havendo poucos pontos de risco, por conta da declividade da cidade.

Figura 67 - Macrodrenagem em Piraúba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.8. Sistemas de Microdrenagem

Levando em consideração os componentes do sistema de microdrenagem urbana, podem-se considerar as vias públicas e, conseqüentemente, as sarjetas, uma das partes mais significativas do escoamento superficial das águas pluviais, uma vez que a maioria das águas, que precipita nos lotes, vai para estas vias e escoam para as captações (bocas de lobo) e, em seguida, para os cursos d'água.

Devem ser estudados diversos traçados de rede de galerias, considerando os dados topográficos existentes e o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. A definição da concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema do que os estudos posteriores de detalhamento do projeto e de especificação de materiais.

O recobrimento mínimo da rede deve ser de um metro (1 m) sobre a geratriz superior do tubo. Além disso, deve possibilitar a ligação das canalizações de escoamento (recobrimento mínimo de 0,60 m) das bocas de lobo.

Em Piraúba, nas ruas onde existem os sistemas de microdrenagem, pode-se constatar a inexistência de um programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.

Pela área urbana foi contatado boca de lobo com grades e sarjetas, localizada em ruas com pavimentação, blocos e com calçadas construídas.

Existem também, dispositivos de drenagem com áreas verde para infiltração e evitar que as vias alaguem a figura abaixo ilustra esse dispositivo.

Figura 68 - Dispositivo de drenagem.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.9. Taxa de Drenagem

A implantação e gestão dos sistemas de drenagem urbana implicam na mobilização de uma quantidade significativa de recursos financeiros. Para garantir a sustentabilidade financeira destes serviços, é possível estabelecer modalidades de captação de recursos. Dentre estas modalidades estão os impostos, as taxas (fixas ou calculadas com base em parâmetros físicos) e os pagamentos correspondentes a um consumo (Baptista e Nascimento, 2002)

A lei federal 9.433, que instituiu a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, possibilita a cobrança de uma taxa para a disposição de águas de drenagem pluvial nos corpos d'água em seu artigo 12, inciso III:

Art. 12 – Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: Inciso III – Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com fim de sua diluição, transporte ou disposição final. Inciso IV – outros usos que alterem o regime, a quantidade e a qualidade de água existente em um curso d'água.



Art. 20 – Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga, nos termos do art. 12.

A lei federal 14.026, que atualiza o marco legal do Saneamento Básico também possibilita a implantação da cobrança das tarifas de drenagem, em seu artigo 29:

Art. 29 - Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, vedada a cobrança em duplicidade de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário, nos seguintes serviços:

I - De abastecimento de água e esgotamento sanitário, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos, conjuntamente;

II - De limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, na forma de taxas, tarifas e outros preços públicos, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades; e

III - de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, na forma de tributos, inclusive taxas, ou tarifas e outros preços públicos, em conformidade com o regime de prestação do serviço ou das suas atividades.

A aplicação de uma tarifa de drenagem é uma forma de sinalizar ao usuário a existência de um valor para os serviços de drenagem urbana e que estes custos variam de acordo com a impermeabilização do solo (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008). O custo referente à operação e manutenção da rede de drenagem urbana pode ser cobrado através de:

- Como parte do orçamento geral do município, sem uma cobrança específica dos usuários;
- Através de uma tarifa fixa para cada propriedade, sem distinção de área impermeável;
- Baseada na área impermeável de cada propriedade – é a mais justa sobre vários aspectos, à medida que quem mais utiliza o sistema deve pagar proporcionalmente ao volume que gera de escoamento.
- A principal dificuldade no processo de cobrança está na estimativa real da área impermeável de cada propriedade.

Vários países considerados desenvolvidos possuem uma tarifa de drenagem urbana implantada como forma de gestão da drenagem, tais como os Estados Unidos (EUA), Canadá, Polônia, Dinamarca, Suíça e Suécia.

Uma série de obstáculos podem interferir na implementação de uma tarifa de drenagem, dificultando a instauração deste mecanismo de financiamento. No entanto, o principal obstáculo refere-se à precificação e à atribuição, para cada usuário do sistema, de um valor de escoamento direto produzido em sua propriedade (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

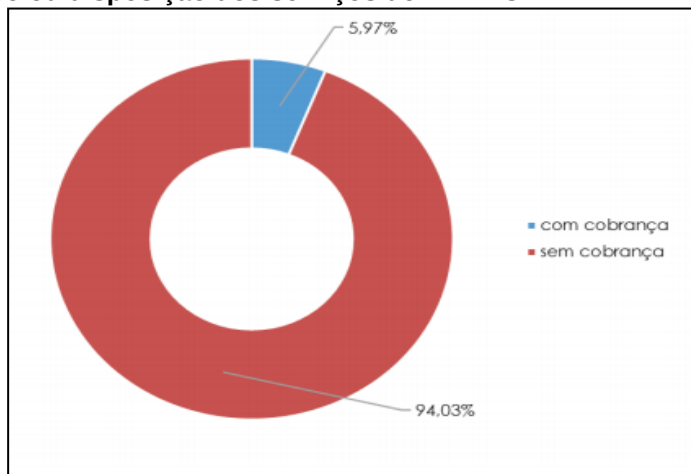
Como vantagens da aplicação deste instrumento, Gomes, Baptista e Nascimento (2008) destacam a relevância da aplicação de uma tarifa de drenagem baseada na parcela de solo impermeabilizado, pois esta apresenta uma base física, que torna a cobrança mais fácil, ou de melhor aceitação por parte da população, além de promover a equidade.

O crescimento populacional de cidades aumenta a impermeabilização, que aumenta o escoamento superficial, que onera a estrutura de drenagem, propiciando a ocorrência de enchentes urbanas. Neste contexto, cabe a inserção, portanto, de uma tarifa de drenagem urbana, que possibilite a sustentabilidade financeira do sistema de drenagem, não considerando as externalidades geradas por este sistema, mas de forma que a manutenção do sistema de drenagem seja feita de forma satisfatória (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

O Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) solicita aos prestadores informar a existência de alguma forma de cobrança ou de ônus indireto aos usuários pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.

Dos 3.603 municípios que participaram do levantamento de 2018, 3.388 (94,03%) não possuem nenhuma forma de cobrança, nem ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU, enquanto 215 (5,97%) têm algum tipo de cobrança ou ônus indireto por estes serviços. A distribuição percentual dos municípios em que existe ou não alguma cobrança ou ônus indireto é apresentada na figura, a seguir.

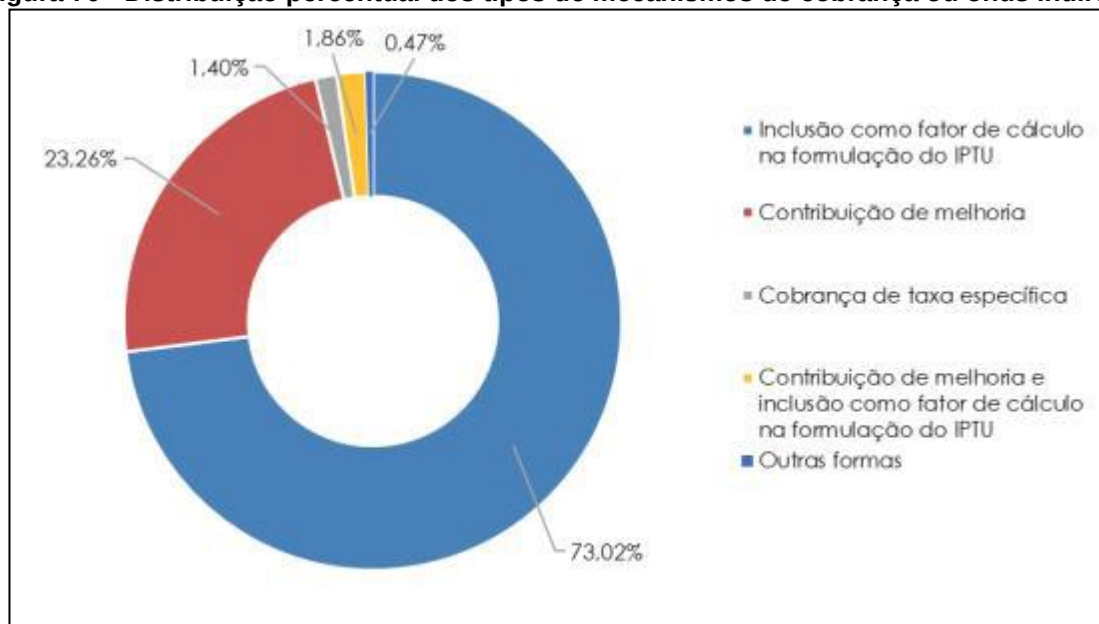
Figura 69 - Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em relação aos mecanismos de cobrança, dos 215 (5,97%) municípios que possuem algum mecanismo, 157 (73,02%) a fazem por meio de inclusão como fator de cálculo na formulação do Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana (IPTU), 50 (23,26%) por meio de contribuição de melhoria, 3 (1,40%) por meio de cobrança de taxa específica, 4 (1,86%) por uma combinação de cobrança de contribuição de melhoria e inclusão como fator de cálculo na formulação do IPTU e 1 (0,47%) por meio de outras formas.

Figura 70 - Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.



Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os dados fornecidos pelos prestadores de serviço ao SNIS 2018, mais uma vez corroboram o conhecimento pré-existente no setor saneamento básico de que a cobrança pelo uso efetivo ou potencial dos serviços de DMAPU é praticamente inexistente no país, mesmo com a previsão legal na Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020).

A inexistência de cobrança na imensa maioria dos prestadores de serviço de DMAPU decorre das dificuldades legais e técnico-operacionais para a sua implantação, conforme aponta Tucci (2012). O Artigo 36 da Lei Nacional de Saneamento Básico determina que se devam considerar os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou retenção de água de chuva, em cada lote urbano. Isto obriga a um esforço de individualização do volume de água das chuvas que cada lote lança no sistema público de drenagem.

Para atender aos requisitos técnico-operacionais e legais para o cálculo de uma taxa de DMAPU é necessário, dentre outros, que os prestadores de serviço tenham documentação técnica de suporte para mensurar a contribuição individual de cada lote urbano e que exista lei municipal específica amparando a cobrança.

Quanto às dificuldades legais, argumenta-se que não haveria adesão dos munícipes a novas taxas ou tributos face à percepção de baixo retorno efetivo na prestação dos serviços municipais. Sendo assim, a instituição de uma taxa para DMAPU é um ônus político com o qual o gestor local – o prefeito – prefere não arcar.

Em relação às dificuldades técnicas, a inexistência de Cadastros Técnico e Territorial, atualizados, Plano Diretor Urbanístico, PPD e Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), dentre outros documentos, impossibilita a mensuração individual da contribuição específica de cada lote para o sistema de drenagem público.

O município de Santo André, como exemplo, faz cobrança de Tarifa de Drenagem de Águas Pluviais, prevista na lei municipal nº 7.606, de 23 de dezembro de 1997, que institui e regula esta taxa. Ela é cobrada na conta de saneamento ambiental do SEMASA, de todos os imóveis abrangidos pelo serviço de drenagem de águas pluviais, e é devida, conforme Artigo 2 da lei municipal:



"Em razão da utilização efetiva ou da possibilidade de utilização, pelo usuário, dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, decorrentes da operação e manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem existentes no Município." (SANTO ANDRÉ, 1997)

Os custos da operação e manutenção dos sistemas de macro e microdrenagem do município são divididos entre cada usuário (proprietário de imóvel), segundo a contribuição volumétrica das águas provenientes de cada unidade imobiliária lançada no sistema de drenagem pública.

O valor da taxa mensal considera o custo médio mensal do serviço e o volume de águas pluviais produzido por cada imóvel. O cálculo da taxa leva em conta, também, o índice pluviométrico mensal do município, o coeficiente de impermeabilização e a área coberta do imóvel.

Em 2018, foi cobrada, em Santo André, uma tarifa de R\$ 2,50/mês, de um conjunto de 217.318 unidades, isto é, 97,85% das unidades edificadas no município. O valor cobrado em 2018 é expressivamente inferior aos valores cobrados em 2015 e 2017, respectivamente, R\$ 12,00 e R\$ 19,44. De acordo com o prestador de serviços esta diferença decorre da revisão da informação prestada pelo próprio município, nos anos anteriores, quando os valores informados correspondiam ao valor anual da taxa.

A seguir, seguem metodologias propostas para efetuar e implementar o cálculo para cobrança de Tarifa de Cobrança para Drenagem Urbana, com base nas características individuais de cada município, para que desta forma, seja uma cobrança justa.

A tarifa proposta por Tucci (2002) tem como base dois principais aspectos: o rateio dos custos indiretos (custos de operação e manutenção dos sistemas de drenagem) e o custos diretos (ônus de obras para execução de um plano de drenagem). O método de cálculo dos dois aspectos pode ser observado a seguir.

a) Rateio dos custos de operação e manutenção do sistema de drenagem

Calcula-se o custo unitário das áreas impermeáveis (Cui) através da fórmula a seguir. O autor alega que o princípio da taxa de operação e manutenção é o da proporcionalidade com o volume de escoamento superficial. Desta forma o volume gerado pelas áreas impermeáveis é considerado 6,33 vezes superior ao das áreas permeáveis, tendo em vista que as áreas impermeáveis possuem um coeficiente de escoamento de 0,95, enquanto o das áreas permeáveis é de 0,15.

A metodologia também considera que as áreas ocupadas são distribuídas como sendo 25% áreas públicas (15% impermeáveis e 10% permeáveis) e 75% de áreas privadas, podendo ser alterados esses parâmetros.

Tendo o valor fixado de Cui para a bacia ou área total, os encargos para cada lote são individualizados de acordo com o volume de escoamento gerado em cada superfície, conforme a equação Tx.

$$Cui = 100.Ct/[Ab.(15,8 + 0,842.Ai)]$$

$$Tx = A.Cui/100.(28,43 + 0,632.il)$$

Sendo:

Cui = Custo unitário das áreas impermeáveis (R\$/m²);

Ct = Custo total para realizar a operação e manutenção do sistema (R\$ milhões);

Ab = área da bacia (km²);

Ai = parcela da bacia impermeável (%);

Tx = taxa anual a ser cobrada pelo imóvel (R\$);

A = área do imóvel (m²);

il = percentual de área impermeabilizada do lote (%).

b) Rateio dos custos para implementação das obras do plano de drenagem

Neste caso, o rateio de custos é distribuído apenas para as áreas impermeabilizadas, que aumentaram a vazão acima das condições naturais. O custo para cada área de lote urbanizado é obtido pela expressão $Txp = A.Ctp.(15 + 0,75i1)/Ab.Ai$, enquanto para um lote sem área impermeável, a contribuição tarifária do proprietário se refere a parcela comum das ruas e pode ser calculada pela equação $Txp' = 15.A.Ctp/Ab.Ai$.

$$Txp = A.Ctp.(15 + 0,75i1)/Ab.Ai$$

$$T_{xp'} = 15.A.Ctp/Ab.Ai$$

Sendo:

T_{xp} = Custo para cada área de lote urbanizado;

T_{xp} = Custo para cada área sem impermeabilização;

A = Área do terreno (m);

Ctp = Custo total de implementação do Plano (R\$ milhões);

i_1 = Área impermeável do lote (%);

A_i = Área impermeável de toda a bacia (%);

Ab = Área da bacia (km).

Cançado et al. (2005) alegam que tarifa de drenagem possibilita uma distribuição socialmente mais justa dos custos, onerando mais os usuários que utilizam mais o sistema. Os autores apontam as principais alternativas para a definição de uma tarifa de drenagem, dentre elas:

- Preço igual ao custo marginal social;
- Preço igual ao benefício marginal;
- Regra Ramsey ou regra de preços públicos;
- Preço igual ao custo médio;
- Preço igual ao custo marginal de longo prazo;
- Preço igual ao custo médio de longo prazo.

Dentre as alternativas levantadas, os autores analisam que uma cobrança pelos serviços que defina o preço igual ao custo marginal não é viável financeiramente na drenagem urbana. Na cobrança por meio do benefício marginal há problemas para avaliar os verdadeiros benefícios do usuário, pois este tende a omiti-los. A regra de Ramsey apresenta dificuldade, pois requer informações sobre as demandas individuais, o que praticamente não existe na drenagem.

De acordo com Matos (2016), a definição dos preços em análises de longo prazo não foi considerada pelos autores. Portanto, define-se uma tarifa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Desta forma, a cobrança ocorre via custo médio de implantação (micro e

macrodrenagem) e manutenção (limpeza de bocas de lobo e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais). A soma destes dois componentes do custo representa o custo total de prestação dos serviços. A taxa é calculada da seguinte forma:

$$Cme = CT/aivias + \sum a_{ij}$$

$$Tx = Cme.a_{ij}$$

Sendo:

Cme = Custo médio do sistema por m² de área impermeável;

CT = Soma custos médios de implantação (micro e macrodrenagem) e manutenção dos serviços (limpeza de bocas de lobo e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais);

aivias = Área impermeabilizada das vias;

a_{ij} = Área impermeabilizada do imóvel j;

aivias + $\sum a_{ij}$ = Parcela do solo impermeabilizada na área coberta pelo sistema de drenagem;

Tx = Taxa de drenagem, com custo rateado segundo as demandas individuais.

Os autores alegam que a área impermeável foi utilizada como base de cobrança por ser a principal justificativa para a implantação dos sistemas de drenagem urbana (MATOS, 2016). Além disso, esse parâmetro é um conceito simples para que o usuário do sistema possa entender o método de cobrança e procure evitar a impermeabilização de seu lote.

Para o cálculo dessa tarifa, os autores também consideram as técnicas compensatórias utilizadas, que podem acarretar a um desconto na taxa, como caixas de retenção para redução de vazão de saída (MATOS, 2016).

A tarifa de drenagem proposta por Tasca (2016) tem como base parcelas de áreas impermeáveis, intitulada de URAPE (Unidade Residencial de Águas Pluviais Equivalente). A autora utiliza um método análogo à ERU, que utiliza a média da área impermeável das propriedades residenciais como uma unidade padrão para determinar a tarifa de águas pluviais. A URAPE pode ser definida conforme equação a seguir.

$$\text{URAPE} = \Sigma \text{Ail}/n$$

Sendo:

ΣAil = Somatório de todas as áreas impermeáveis dos lotes residenciais;

n = Quantidades de lotes na área urbana.

A taxa anual da URAPE constitui um rateio dos custos dos serviços utilizados pelos usuários, de modo proporcional ao escoamento gerado. Assim, os custos de operação e manutenção dos sistemas são rateados pelo total de URAPES, fornecendo uma taxa anual por URAPE.

Taxa anual por URAPE = Custo de operação e manutenção/Total de URAPES

Para saber o valor a ser pago por cada lote deve-se verificar quantas URAPES o lote possui quando comparado à unidade padrão, ou seja, dividir a área impermeável do lote (Ail) pela média de área impermeável dos lotes da cidade:

$$\text{Número de URAPES} = \text{Ail}/1 \text{ URAPE}$$

Tasca (2016) ressalta que a URAPE unifica as classes da cobrança, considerando apenas a classe residencial, diferindo-a da ERU. A autora aponta que essa simplificação pode ser realizada para pequenos municípios e que é fator essencial, pois a qualificação profissional e capacidade técnica dos servidores, além da existência de cadastros técnicos atualizados de uso e ocupação do solo, são limitadas.

A autora também considerou que a tarifa deva cobrir apenas os custos indiretos (manutenção e operação) da gestão da drenagem, priorizando o financiamento do sistema, alegando que os custos relacionados à implantação de obras de Plano de Drenagem (diretos) não caracterizam uma tarifa de drenagem, mas contribuições de melhoria (MATOS, 2016).

Ainda, tendo em vista que as vias urbanas são utilizadas por toda a comunidade, e não somente pelos moradores locais, o custo de manutenção destas não foi inserido junto à tarifa proposta, diferente de outras taxas



existentes. A autora defende que cabe ao setor público arcar com o custo da impermeabilização das vias, bem como das áreas públicas.

3.4.10. Dissipadores de Energia

Segundo Lencastre (1983), dissipador de energia é um dispositivo que visa promover a transformação de energia mecânica da água em energia de turbulência e, no final, em calor por efeito do atrito interno do escoamento e atrito deste com as fronteiras. A água é escoada de modo a reduzir os riscos dos efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes.

Os dissipadores de energia são recomendados, nos seguintes casos (Ministério das Cidades, 2008):

- Desemboque de galerias, canaletas, bueiros, blocos de impacto, escadas hidráulicas ou canais em rios ou córregos naturais;
- Transição entre trechos canalizados e não canalizados;

Em todos os demais casos, onde houver risco de erosão, por alteração no regime antecedente de escoamento. Os tipos usuais de dissipadores são:

- Dissipadores sob a forma de berço de pedra argamassada;
- Dissipadores constituídos por caixas com depósito de pedra argamassada;
- Dissipadores de concreto providos de dentes (blocos de impacto);
- Dissipadores em degraus (escadas hidráulicas).

A falta desses dispositivos favorece a formação de processos erosivos significativos onde o solo é mais frágil e a velocidade da água é maior, este fato evidencia a urgência na instalação de mais destes dispositivos.

Figura 71 – Áreas com deficiência na macrodrenagem e com relatos de alagamentos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

3.4.11. Análise Crítica do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

A seguir, serão descritos os principais problemas relacionados ao Sistema de Drenagem das Águas Pluviais de Piraúba, os quais embasarão as soluções propostas no Prognóstico.

- Inexistência de programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto na rede de drenagem;
- Inexistência de um banco de dados com cadastro da rede e dispositivos de drenagem.
- Falta de programa de manutenção nos sistemas de drenagem.
- Falta de investimentos em sistemas de drenagem e escoamento de águas pluviais.
- As comunidades rurais, não sofrem com grandes problemas de inundações, enchentes ou alagamentos.

4. PROSPECTIVA E PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

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

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços foram elencados em tabelas sínteses, de acordo com seu setor e objetivo. As tabelas exibem a fundamentação do objetivo, baseada no diagnóstico, os métodos de acompanhamento das metas propostas com a definição dos indicadores para a identificação de seu cumprimento e estado de implementação, além da programação de implantação dos programas, projetos e ações em horizontes temporais de imediato, curto, médio e longo prazo, identificando as fontes dos recursos financeiros necessários para sua execução.

4.1. Sistema de Abastecimento de Água – SAA

Considerando a necessidade de ampliar os serviços e manter a universalização do acesso visando atender 99% da população até 2033, deve ser prevista a melhoria e adequação do sistema de abastecimento de água – SAA, para inclusive, atender o incremento da população previsto para o horizonte de projeto do PMSB.

4.1.1. Projeção de Demanda

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

Para tanto, podem ser calculadas as demandas de vazão média, máxima diária e máxima horária, a partir da estimativa populacional já apresentada, do índice de perdas na distribuição e do consumo per capita. Também são

calculadas demandas de reservação, número de ligações de água e extensão de rede. Para a determinação da vazão média é utilizada a seguinte expressão:

$$Q_{\text{méd}} = \frac{P \cdot C}{86400}$$

sendo:

$Q_{\text{méd}}$ = Vazão Média (L/s);

P = População Inicial e Final;

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

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

$$Q_{\text{maxd}} = Q_{\text{med}} \cdot k_1$$

sendo:

Q_{maxd} = Vazão máxima diária (L/s);

K1 = Coeficiente de Consumo máximo Diário;

$Q_{\text{méd}}$ = Vazão Média.

Para o estudo em questão adotou-se k1 igual a 1,20.

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

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

sendo:

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

K2 = Coeficiente da hora de maior consumo;

Q_{maxd} = Vazão máxima diária.

Adotou-se para o estudo em questão k2 igual a 1,75.

Por padrão se adota o valor de K2 se adota como 1,50 entretanto a concessionária COPASA adota o valor de 1,75. Neste trabalho foi adotado o valor

de 1,75 para atender de maneira mais adequada as particularidades da municipalidade.

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

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

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 da população urbana em um horizonte de projeto de vinte anos, bem como, o volume necessário de reservação para manter a segurança hídrica da população urbana. Da mesma maneira, usando os dados referentes ao ano de 2021 disponibilizados pelo SNIS, foi estimado o crescimento do número de economias, ligações e extensão da rede do SAA.

Tabela 41 - Demandas para o SAA.

Ano	Pop. Urbana	Vazão Média (L/s)	Vazão Máxima Diária (L/s)	Vazão Máxima Horária	Vazão Captação (L/s)	Volume Consumido no dia de maior Consumo (m³)	Volume necessário para Reservação (m³)	Ligações (lig)	Extensão da rede (km)
2023	8.709	17,62	21,14	36,99	22,64	1.826	609	4.457	46
2024	8.797	17,79	21,35	37,36	22,85	1.845	615	4.502	46
2025	8.885	17,97	21,57	37,74	23,07	1.863	621	4.546	47
2026	8.974	18,15	21,78	38,12	23,28	1.882	627	4.591	47
2027	9.065	18,33	22,00	38,50	23,50	1.901	634	4.637	48
2028	9.156	18,52	22,22	38,89	23,72	1.920	640	4.682	48
2029	9.248	18,71	22,45	39,28	23,95	1.939	646	4.729	49
2030	9.341	18,89	22,67	39,68	24,17	1.959	653	4.776	49
2031	9.435	19,08	22,90	40,07	24,40	1.979	660	4.823	50
2032	9.529	19,27	23,13	40,48	24,63	1.998	666	4.871	50
2033	9.625	19,47	23,36	40,88	24,86	2.019	673	4.919	51
2034	9.722	19,66	23,60	41,29	25,10	2.039	680	4.968	51
2035	9.820	19,86	23,83	41,71	25,33	2.059	686	5.017	52
2036	9.918	20,06	24,07	42,13	25,57	2.080	693	5.067	52
2037	10.018	20,26	24,32	42,55	25,82	2.101	700	5.117	53
2038	10.119	20,47	24,56	42,98	26,06	2.122	707	5.168	53
2039	10.220	20,67	24,81	43,41	26,31	2.143	714	5.219	54
2040	10.323	20,88	25,06	43,85	26,56	2.165	722	5.271	54
2041	10.427	21,09	25,31	44,29	26,81	2.187	729	5.323	55
2042	10.532	21,30	25,56	44,73	27,06	2.209	736	5.376	55
2043	10.637	21,52	25,82	45,18	27,32	2.231	744	5.429	56

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.1.2. Alternativas Técnicas de Engenharia para Atendimento da Demanda Calculada

Para a área urbana de Piraúba há a necessidade do aumento e setorização da rede de distribuição, com a instalação de macromedidores em cada seção particular da mesma, visando um maior controle de perdas e facilidade de detecção e reparação de anomalias. Entretanto, conforme relatado no Diagnóstico, há perspectivas sobre os estudos para a delimitação adequada de novos setores.

Deve-se, entretanto, ao elaborar o respectivo estudo atentar-se para as zonas de pressão, os reservatórios existentes, suas capacidades de armazenamento e a sua localização geográfica dentro da planta do município.

Realizando desta maneira, um sistema de setorização que agregue benefícios a toda malha existente na rede de distribuição de água potável da área urbana e que cada setor de abastecimento, seja definido pela área a ser suprida, através de um reservatório de distribuição.

Este reservatório de distribuição, citado no parágrafo anterior, é destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar adequadamente as pressões na rede. Desta forma, o projeto da setorização da rede de distribuição deverá ser na medida do possível baseado na setorização clássica, ou seja, deve ser utilizado um reservatório elevado, sendo a sua principal função de condicionar as pressões de cotas topográficas mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório de distribuição (ou reservatório principal).

Assim, os setores de abastecimento devem ser divididos em zonas de pressão, estática e dinâmica e as mesmas, devem obedecer aos limites estabelecidos pela ABNT NBR nº 12.218/2017, com a pressão estática máxima nas tubulações não podendo ultrapassar o valor de 500 kPa e a pressão dinâmica mínima, não deve ser inferior a 100 kPa.

Desta forma, através das diretrizes contida na referida Norma os setores não irão mais funcionar com altas pressões, reduzindo assim a possibilidade de ocorrer um novo vazamento e reduzindo também o volume de água perdida em um vazamento não visível atualmente.

Em relação ao abastecimento e distribuição do Município de Piraúba, conforme mostrado no Diagnóstico, a mesma atende à demanda do abastecimento urbano, inclusive a demanda para os próximos vinte anos. Recomenda-se, apenas o aprimoramento de seu funcionamento, no que tange a detecção de vazamentos.

Em relação a reservação, será necessário à sua ampliação, pois, conforme mostrado no Diagnóstico, a reservação atual do Município de Piraúba é de 550m³ sendo deficitária atualmente , necessitando aumentar mais 194 m³ para a atender a demanda até o ano de 2043,não foi informado se há concessionária possui planos de rede de reservação em Piraúba. O mesmo ocorre para o número de ligações, que deverá aumentar para mais 1497 em um horizonte temporal de 20 anos. Outros investimentos, além dos descritos anteriormente, também se faz necessários para a manutenção e ampliação do sistema, sendo eles:

- Substituição dos equipamentos eletromecânicos que ao longo do tempo necessitam ser substituídos;
- Substituição de redes visando a manutenção anual;
- Manutenção dos equipamentos de dosagem de cloro e flúor que se encontram em péssimas condições;
- Melhoria no tratamento de água feita nos poços de captação;
- Aquisição de *data loggers* de pressão, visando o monitoramento das pressões na rede de distribuição de água;
- Manutenção de software comercial e atualização do cadastro dos usuários;
- Manutenção do laboratório de análises físico-químicas da qualidade da água;
- Manutenção da estrutura física, tais como o departamento de recepção e administrativo, bem como do barracão do almoxarifado;
- Atualização continua do cadastro da rede de distribuição de água do município.



Deve-se também, ao menos uma vez no ano que se realize análises da qualidade da água consumida por esta população. Orientando-os sobre as formas de garantir que a água consumida esteja dentro dos padrões de potabilidade.

4.1.3. Principais Mananciais Superficiais e Subterrâneos Passíveis de Serem Utilizados para o Abastecimento de Água da Área de Planejamento.

Conforme mostrado no Diagnóstico, os principais mananciais, tanto superficial como subterrâneo, é a Bacia do Rio Piraúba, sendo este, o principal manancial superficial. Ressalta-se, que atualmente a captação subterrânea é a responsável por suprir a necessidade hídrica do município, com produção atual de 667.750 m³/ano, não havendo a necessidade para os próximos vinte anos de alteração do sistema para atender a demanda futura do Município de Piraúba.

4.1.4. Escolha do Manancial para Atender a Área de Planejamento, Justificando a Escolha com Base na Vazão Outorgável e na Qualidade da Água

De acordo com os dados contidos no Diagnóstico, em relação ao manancial Bacia do Paraíba, conclui-se que não há necessidade de escolha de outro manancial para atender o abastecimento de água urbano em Piraúba. Pois, a vazão outorgável está dentro da necessidade atual do município inclusive atendendo outros municípios da região, permitindo o abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional.

4.1.5. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Abastecimento de Água

As interrupções no abastecimento de água podem acontecer por diversos motivos, inclusive por ocorrências inesperadas como rompimento de redes e adutoras de água, quebra de equipamentos, contaminação da água distribuída,



dentre outros. Para regularizar o atendimento deste serviço de forma mais ágil ou impedir a interrupção no abastecimento, ações para emergência e contingência devem ser previstas de forma a orientar o procedimento a ser adotado e a possível solução do problema, para que não haja interrupções no abastecimento.

O plano de emergência e contingência complementa as demais ações que deverão ser tomadas para alcance da manutenção dos serviços e auxiliar na tomada de decisão durante estes eventos e situações críticas. Para melhor exposição e facilidade de consulta durante uma emergência, o plano foi estruturado em tabelas sínteses, com a ocorrência, sua causa e as respostas necessárias à sua correção ou mitigação. As tabelas sínteses são as que seguem.

Tabela 42 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falta de água generalizada	Inundação das captações de água com danificação de equipamentos eletrônicos e estruturas.	Comunicar à população, instituições, autoridades e Polícia local, Defesa Civil e órgãos de controle ambiental.
		Implementar rodízio de abastecimento.
		Executar reparos das instalações danificadas e troca de equipamentos.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Comunicar à Concessionária de Saneamento para que acione socorro e ative captação em fonte alternativa.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa
	Movimentação do solo, solapamento de apoios de estruturas com arrebatamento de adução de água bruta.	Comunicar à Concessionária de Saneamento.
	Interrupção prolongada no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água.	Comunicar à fornecedora de energia elétrica.
		Promover abastecimento temporário de áreas mais distantes com caminhões tanque/pipa.
		Utilização de sistemas autônomos de geração de energia.
	Vazamento de produtos químicos nas instalações de água.	Busca por soluções que contenham o vazamento.
		Executar reparos das instalações danificadas.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Implementar rodízio de abastecimento.
	Qualidade inadequada da água dos mananciais.	Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
		Comunicar a Concessionária de Saneamento para que acione o socorro e ative a captação em fonte alternativa.
	Ações de vandalismo	Executar reparos das instalações danificadas.



		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Implementar rodízio de abastecimento temporário das áreas atingidas com caminhões tanque/pipa.
		Promover sistema de segurança para evitar ações de vandalismo.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 43 - Ações para emergências e contingências referentes abastecimento emergencial/temporário de água.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falta de água parcial ou localizada	Deficiências de água nos mananciais em período de estiagem.	Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Implementar rodízio de abastecimento temporário das áreas atingidas com caminhões tanque/pipa.
		Transferir água entre setores de abastecimento com objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
	Interrupção temporária no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção de água.	Comunicar a concessionária dos serviços para que acione e busque alternativa de água.
		Comunicar o fornecedor de energia elétrica.
	Interrupção no fornecimento de energia elétrica em setores de distribuição.	Comunicar a concessionária dos serviços para que acione socorro e busque fonte alternativa de água.
		Promover o controle e o racionamento da água disponível em reservatórios.
		Transferir água entre setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
	Danificação de equipamentos nas estações elevatórias de água tratada.	Executar reparos das instalações danificadas e troca de equipamentos.
		Transferir água entre os setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
	Danificação de estruturas de reservatórios e elevatórias de água tratada.	Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 44 - Ações para emergências e contingências referentes ao sistema de abastecimento emergencial.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falta de água parcial ou localizada.	Rompimento de redes e linhas adutoras de água tratada.	Comunicar a Concessionária de Saneamento para que acione socorro e fonte alternativa de água.
		Executar reparos das instalações danificadas.
		Transferir água entre setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
	Ações de vandalismo.	Executar reparos nas instalações danificadas.
		Transferir água entre setores de abastecimento com o objetivo de atender temporariamente a população atingida pela falta de água localizada.
		Promover abastecimento da área atingida com caminhões tanque/pipa.
		Promover sistema de segurança para evitar ações de vandalismo.
	Problemas mecanismo e hidráulicos na captação e de qualidade da água dos mananciais.	Implantar e executar serviço permanente de manutenção e monitoramento do sistema de captação.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 45 - Ações para emergências e contingências referentes ao abastecimento alternativo de água.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO – PLANO DE EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA		
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Falta de água generalizada	Por motivos diversos emergenciais (quebra de equipamento, danificação na estrutura do sistema e de tubulações, inundações, falta de energia, contaminação da água, etc.)	Elaborar projeto para implantar/manter sistema de captação e tratamento de água para consumo humano como meio alternativo de abastecimento no caso de pane no sistema convencional em situações emergenciais.
	Vazamento e/ou rompimento de tubulação em algum trecho.	Desenvolver campanha junto à comunidade para evitar o desperdício e promover o uso racional e consciente da água.
Diminuição da pressão	Ampliação do consumo em horários de pico.	Desenvolver campanha junto à comunidade para instalação de reservatório elevado nas unidades habitacionais.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



4.1.6. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SAA

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

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



4.1.6.1. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazo, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação

Tabela 46 - Síntese do objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA					
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL					
FUNDAMENTAÇÃO		A base para qualquer projeto na área de saneamento é a Educação Ambiental, quanto mais consciente o cidadão melhor será o local onde ele vive. Isto independe de sua condição financeira, da sua cor, da sua raça ou do seu credo. População bem-educada evita o desperdício, reutiliza a água, não polui mananciais e principalmente, cobra uns dos outros e do Poder Público para garantir a qualidade da água para as futuras gerações.Se faz necessário então, a adoção de práticas que estabeleçam programas como este voltado para toda a população, atendendo aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Número de ações realizadas, número de pessoas impactadas, histórico do macromedidor, histórico do consumo de energia elétrica no sistema do SAA e qualidade da água de rios e córregos da região.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS			LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Programa de Educação Ambiental voltado para evitar o desperdício de água, métodos de reuso, preservação de rios, córregos e nascentes.		2) Manter o Programa de Educação Ambiental.	3) Manter o Programa de Educação Ambiental.			4) Manter o Programa de Educação Ambiental.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - R\$							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.1.1	Implementar projeto de educação ambiental com o objetivo de promover o uso racional da água e evitar seu desperdício e promover as boas práticas sanitárias para o seu uso.	R\$ 42.500,00	R\$50.000,00	R\$40.000,00	R\$ 80.000,00	RP - FPU - FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



1.1.2	Realização de campanhas educacionais e de conscientização sobre o uso responsável da água, tanto nas residências quanto em instituições, indústrias, órgãos públicos, etc. (área rural e urbana).	R\$ 42.500,00	R\$50.000,00	R\$40.000,00	R\$ 80.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 85.000,00	R\$100.000,00	R\$80.000,00	R\$160.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 425.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.1.6.2. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Urbana

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

Tabela 47 - Síntese do objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA					
OBJETIVO	2	AMPLIAR E APRIMORAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA					
FUNDAMENTAÇÃO		Piraúba atende quase que totalmente a sua população urbana com abastecimento de água potável. Entretanto, ainda são necessárias melhorias e ampliações para otimizar o sistema e diminuir sua pressão sobre os recursos naturais regionais, bem como, melhorar a qualidade dos serviços para a população.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação das realizações das ações e projetos, quantidade de ligações, extensão da rede e índice de perdas.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Aumentar o controle sobre o volume distribuído. 2) Ampliar a rede de distribuição na área urbana para atender a população futura. 3) Realizar ligações de água remanescentes na área urbana para atender a população atual. 4) Manutenção do SAA.		5) Manter o abastecimento de água tratada para toda população. 6) Manutenção do SAA.		7) Manter o abastecimento de água tratada para toda população. 8) Manutenção do SAA.		9) Manter o abastecimento de água tratada para toda a população. 10) Manutenção do SAA.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES (R\$)							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.2.1	Cadastramento digitalizado das redes	R\$ 80.000,00				RP - FPU	Média Mercado
1.2.2	Elaborar projeto de abastecimento de água para a área urbana do município, considerando a demanda atual e futura para garantir 100% de tratamento, reservação e abastecimento no perímetro urbano	R\$ 450.000,00				RP - FPU	Média Mercado



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



1.2.3	Manutenção do SAA.	R\$5.191.919,63	R\$6.749.495,52	R\$8.774.344,18	R\$11.406.647,43	RP	-
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 5.721.919,63	R\$ 6.749.495,52	R\$ 8.774.344,18	R\$ 11.406.647,43	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 32.652.406,76

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.1.6.3. Objetivo 3 - Aprimorar o Sistema de Abastecimento de Água na Zona Rural

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 3, com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 48 - Síntese do objetivo 3.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	1	ABASTECIMENTO DE ÁGUA					
OBJETIVO	3	APRIMORAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL					
FUNDAMENTAÇÃO		No Município de Piraúba não há problemas relacionados a falta d'água na área rural, relacionado aos pontos de captação, entretanto se faz necessário também realizar periodicamente a qualidade da água utilizada para o abastecimento da população rural.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação das realizações das ações e projetos.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS		
1) Implementar programa de qualidade da água na zona rural e melhorar o sistema de distribuição entre a captação e as residências.		2) Manter as análises de qualidade da água consumida na área rural do município e manutenção do sistema de distribuição.	3) Manter as análises de qualidade da água consumida na área rural do município e manutenção do sistema de distribuição.		4) Manter as análises de qualidade da água consumida na área rural do município e manutenção do sistema de distribuição.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
1.3.1	Aquisição de novas bombas de água periféricas	R\$400,00				RP - FPU	Média de mercado R\$400,00 por equipamento



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



1.3.2	Aquisição de novos reservatórios	R\$10.000,00				RP - FPU	Média de mercado R\$1.0000,00 por equipamento
1.3.3	Coleta e análise da água para o consumo humano por laboratório especializado.	R\$105.000,00	R\$150.000,00	R\$450.000,00	R\$400.000,00	RP - FPU	Valor das análises
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 115.400,00	R\$ 150.000,00	R\$ 450.000,00	R\$ 400.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.115.400,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.1.7. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

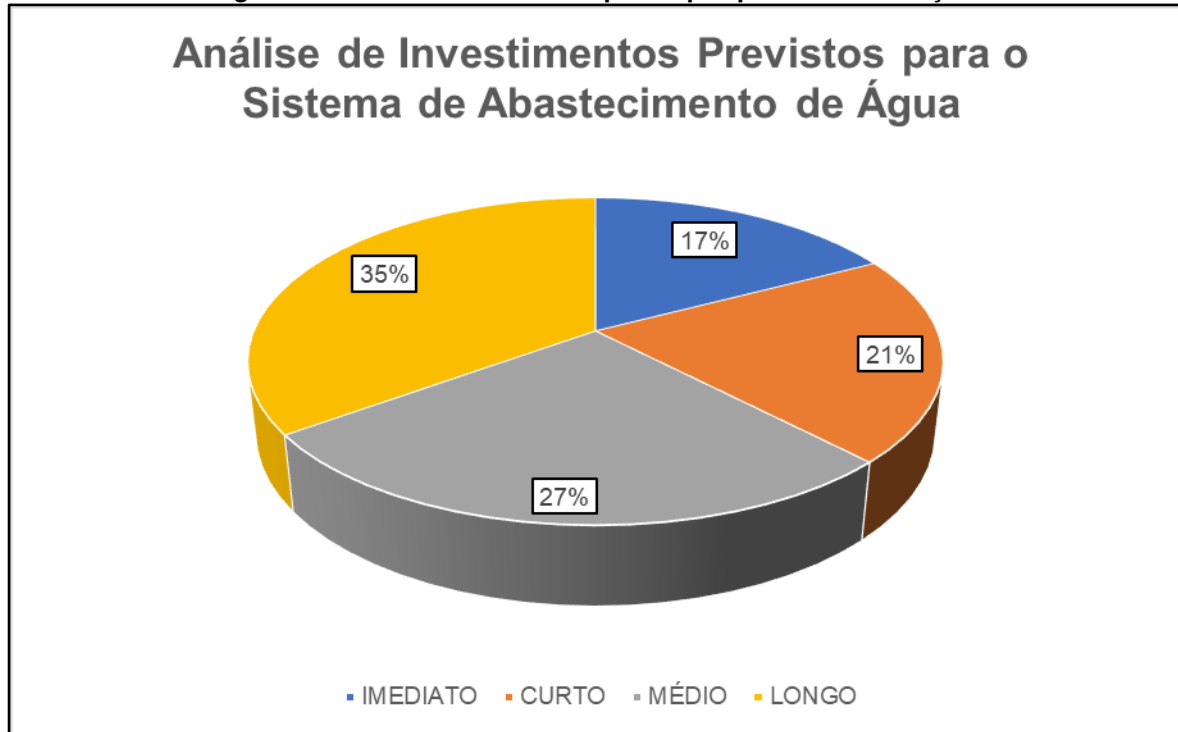
Tabela 49 - Síntese dos totais dos valores estimados.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
CUSTOS DE MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO X CUSTOS DE INVESTIMENTO PARA UNIVERSALIZAÇÃO					
OBJETIVOS	IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO	TOTAL GERAL
IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	R\$ 85.000,00	R\$ 100.000,00	R\$ 80.000,00	R\$ 160.000,00	R\$ 425.000,00
AMPLIAR E APRIMORAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA	R\$ 5.721.919,63	R\$ 6.749.495,52	R\$ 8.774.344,18	R\$ 11.406.647,43	R\$ 32.652.406,76
APRIMORAR O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA RURAL	R\$ 115.400,00	R\$ 150.000,00	R\$ 450.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 1.115.400,00
TOTAL GERAL	R\$ 5.922.319,63	R\$ 6.999.495,52	R\$ 9.304.344,18	R\$ 11.966.647,43	R\$ 34.192.806,76

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 72 – Gráfico com as despesas por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2. Sistema de Esgotamento Sanitário – SES

Piraúba não possui de rede de coleta de esgoto e não possui tratamento para estes esgotos coletados. Isto inclui todas a sua zona urbana suas comunidades rurais que ainda utilizam de sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário e muitos deles rudimentares.

Desta forma, serão apresentados nos capítulos que se seguem, o volume atual de esgoto gerado pela população do município, a sua carga orgânica e medidas para sanar este problema na área urbana e rural.

4.2.1. Projeção da Vazão Anual de Esgoto

A contribuição de esgoto está diretamente correlacionada ao consumo de água, sendo assim, utiliza-se normalmente o consumo per capita usado para projetos de sistemas de abastecimento de água para se projetar o sistema de esgotos. No sistema de esgoto sanitário, porém, considera-se o consumo efetivo per capita, não incluindo as perdas de água. O consumo per capita de água varia em função do local. Em locais onde não há dados referentes ao consumo per capita de água, a literatura recomenda a adoção de valores de comunidades com características semelhantes.

Para que possa ser estabelecida a contribuição per capita de esgoto, o consumo de água efetivo per capita é multiplicado pelo coeficiente de retorno. O coeficiente de retorno é a relação entre o volume de esgotos recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente fornecido à população de acordo com a ABNT NBR n° 9649/1986, que diz para se adotar o valor de 80% para o coeficiente de retorno.

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

- K1 coeficiente de máxima vazão diária - é a relação entre a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual;

- K2 coeficiente de máxima vazão horária - é a relação entre a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;
- K3 coeficiente de mínima vazão horária - é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

Na falta de valores obtidos através de medições, a NBR nº 9649 da ABNT recomenda o uso de $K1 = 1,20$, $K2 = 1,50$ e $K3 = 0,50$. A seguir a tabela mostra os valores de vazão anual do Município de Piraúba com a previsão de vinte anos.

Tabela 50 - Projeção da geração de esgoto doméstico.

Ano	População atendida com abastecimento de água	Volume de água consumido (m³/dia)	Volume de esgoto gerado (m³/dia)
2023	8.709	1.826	1.461
2024	8.797	1.845	1.476
2025	8.885	1.863	1.491
2026	8.974	1.882	1.506
2027	9.065	1.901	1.521
2028	9.156	1.920	1.536
2029	9.248	1.939	1.551
2030	9.341	1.959	1.567
2031	9.435	1.979	1.583
2032	9.529	1.998	1.599
2033	9.625	2.019	1.615
2034	9.722	2.039	1.631
2035	9.820	2.059	1.647
2036	9.918	2.080	1.664
2037	10.018	2.101	1.681
2038	10.119	2.122	1.698
2039	10.220	2.143	1.715
2040	10.323	2.165	1.732
2041	10.427	2.187	1.749
2042	10.532	2.209	1.767
2043	10.637	2.231	1.785

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.2. 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.

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

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

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

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

Sendo:

E : eficiência de remoção (%);

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

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

A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

Um período de tempo de cinco dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO_{5,20}. Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática.

Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água. A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc.

A carga de DBO é produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. No caso de esgotos sanitários, é tradicional no Brasil a adoção de uma contribuição per capita de DBO_{5,20} de 54 gramas por habitante por dia. Assim sendo apresentam-se, na tabela abaixo, as cargas orgânicas (DBO) previstas para o período do SNIS, referentes ao Município de Piraúba.

Tabela 51 – Carga orgânica atual.

Ano	População Atendida	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) sem Tratamento.
2023	8.709	470,27

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.2.1. Matéria Orgânica- Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

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

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

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

A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc. A carga de DBO é produto da vazão do efluente pela concentração de DBO. No caso de esgotos sanitários, é tradicional no Brasil a adoção de uma contribuição *per capita* de DBO 5,20 de 54 gramas por habitante por dia. Em Piraúba para atender a normativa da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, se adota uma meta de remoção de 65 % de DBO

Assim sendo apresentam-se, na tabela abaixo, as cargas orgânicas – DBO, previstas para o período de vigência deste Plano Municipal de Saneamento Básico, referentes ao Município de Piraúba.

Tabela 52 - Valores de cargas orgânicas de DBO.

Ano	Pop. Urbana	DBO ₅ (Kg/dia)	Carga Orgânica (Kg de DBO/dia) com Tratamento	Meta de remoção de DBO ₅ (Kg/dia) normativa FEAM
2023	8.709	470	0	306

2024	8.797	475	0	309
2025	8.885	480	0	312
2026	8.974	485	0	315
2027	9.065	489	0	318
2028	9.156	494	0	321
2029	9.248	499	0	325
2030	9.341	504	0	328
2031	9.435	509	0	331
2032	9.529	515	0	334
2033	9.625	520	0	338
2034	9.722	525	0	341
2035	9.820	530	0	345
2036	9.918	536	0	348
2037	10.018	541	0	352
2038	10.119	546	0	355
2039	10.220	552	0	359
2040	10.323	557	0	362
2040	10.427	563	0	366
2041	10.532	569	0	370
2042	10.637	574	0	373

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.2.2. Coliformes Termotolerantes

Para os parâmetros de concentração de coliformes fecais, os mesmos apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas, com cada indivíduo eliminando em média de 10^9 a 10^{12} células por dia. Desta forma, para o critério de definição do cálculo foi adotado o valor de 10^{11} células por dia por pessoa.

Conforme o Diagnóstico de Piraúba, não há ETE e nem rede coletora no município, desta forma, a eficiência de remoção é de 0,00%. Apenas como exemplo, em tratamentos compostos por tanques sépticos, seguido por filtro anaeróbio, a remoção média de coliformes é de 1 a 2 unidades log, mesma taxa de remoção do sistema de digestores UASB seguidos por filtros anaeróbios, sendo esta alternativa, indicada para algumas localidades.

Ressalta-se, que o sistema de digestores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) é um reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência para o

tratamento de efluentes. Este processo possui como objetivo a conversão da matéria orgânica ao mesmo tempo que promove a separação dos gases, sólidos e líquidos.

Sendo assim, para efeito das estimativas de concentração de coliformes, foi considerado neste produto o percentual de 0,00%, distante da remoção de duas unidades log de 99%, aplicado à população total, em locais com tratamento de esgoto. Desta forma, a tabela abaixo mostra as concentrações estimadas para o parâmetro estudados, sendo ele as concentrações de coliformes termotolerantes. Ressaltando, que os valores, tanto para termotolerantes sem tratamento, como para termotolerantes com tratamento são os mesmos valores pois não há ETE no Município de Piraúba.

Tabela 53 - Valores de Coliformes Termotolerantes.

Ano	População atendida	Termotolerantes (org./dia) sem tratamento	Termotolerantes (org./dia) com tratamento
2023	8.709	8,71E+13	0,00
2024	8.797	8,80E+13	0,00
2025	8.885	8,88E+13	0,00
2026	8.974	8,97E+13	0,00
2027	9.065	9,06E+13	0,00
2028	9.156	9,16E+13	0,00
2029	9.248	9,25E+13	0,00
2030	9.341	9,34E+13	0,00
2031	9.435	9,43E+13	0,00
2032	9.529	9,53E+13	0,00
2033	9.625	9,63E+13	0,00
2034	9.722	9,72E+13	0,00
2035	9.820	9,82E+13	0,00
2036	9.918	9,92E+13	0,00
2037	10.018	1,00E+14	0,00
2038	10.119	1,01E+14	0,00
2039	10.220	1,02E+14	0,00
2040	10.323	1,03E+14	0,00
2040	10.427	1,04E+14	0,00
2041	10.532	1,05E+14	0,00
2042	10.637	1,06E+14	0,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.3. Comparação das alternativas de tratamento dos esgotos

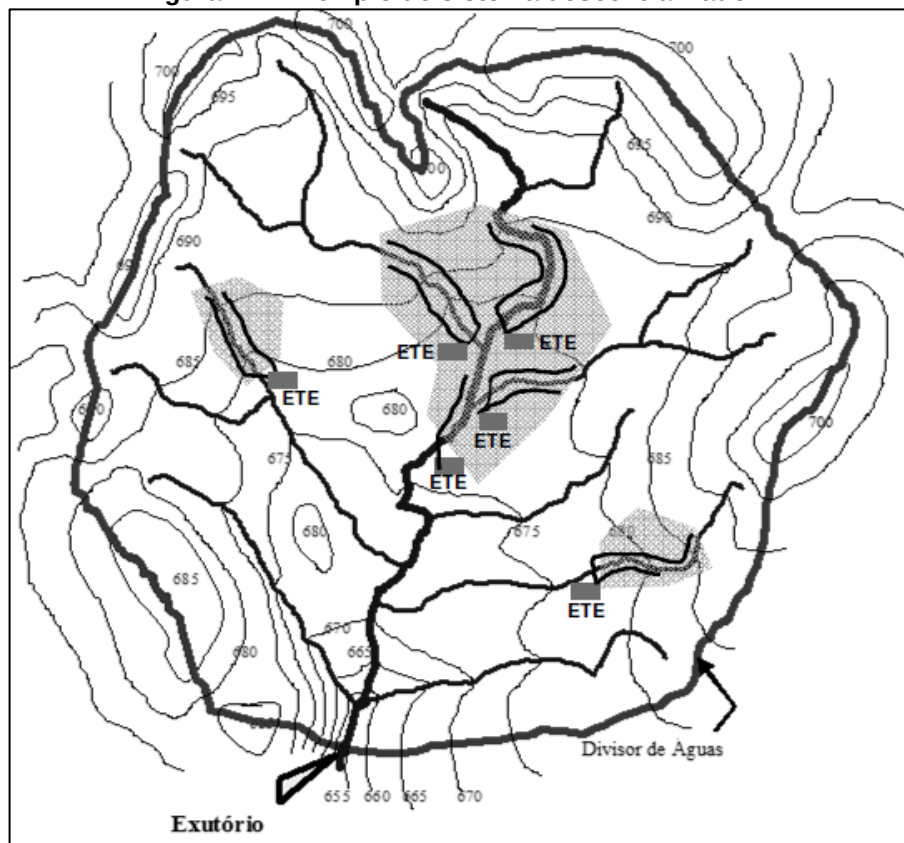
Há dois métodos de se implementar um sistema de esgotamento sanitário, o primeiro é uma medida de sistema descentralizado, onde se implanta diversas estações de tratamento, normalmente uma para cada sub-bacia de esgotamento. Enquanto que, o segundo modelo é o centralizado ou sistema convencional, onde se implanta apenas uma estação de tratamento para receber todo o efluente produzido. Sendo assim, as figuras abaixo mostram estes exemplos.

Figura 73 - Exemplo de sistema e convencional.



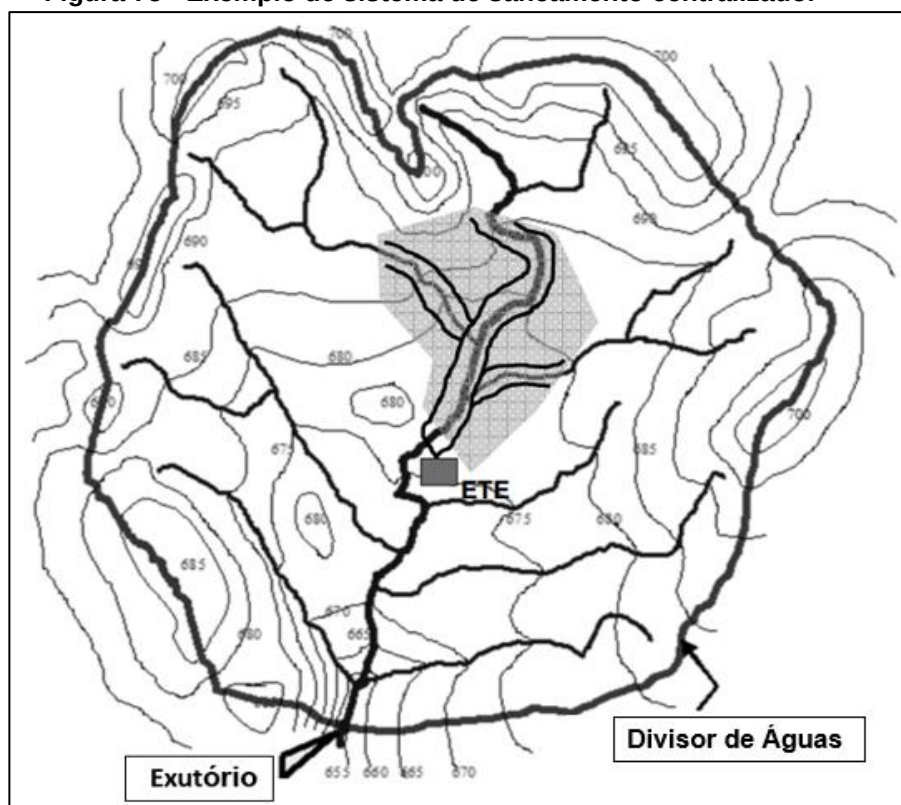
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 74 - Exemplo de sistema descentralizado.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 75 - Exemplo de sistema de saneamento centralizado.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Desta forma, a alternativa técnica de uma estação de tratamento descentralizada, é inviável para o Município de Piraúba, visto que, necessita implantar pequenas estações de tratamento de esgoto, gerando uma maior quantidade de operadores para garantir o funcionamento do sistema, aumentando as despesas ao longo do período de planejamento.

4.2.4. Definição de Alternativas Técnicas de Engenharia para o Atendimento da Demanda Calculada

Nos projetos básicos deverão ser estudadas alternativas de tratamento, que atendam à legislação vigente quanto à classe dos mananciais que receberão os efluentes sanitários tratados.

4.2.5. Sistemas Individuais

Apesar de a falta de acesso a serviços de esgotamento sanitário também existir em grandes centros urbanos, há uma enorme disparidade da situação entre as áreas urbanas e as rurais. Sabe-se que a cada dez pessoas sem acesso a práticas adequadas de saneamento, sete vivem em áreas rurais (WHO/UNICEF, 2015).

Nestas regiões, 49% da população ainda convive com práticas consideradas inadequadas pela Organização Mundial da Saúde - OMS e o Fundo das Nações Unidas para a Infância - UNICEF, como o uso de banheiros compartilhados, a defecação ao ar livre ou ainda o lançamento dos dejetos sem qualquer tratamento diretamente no solo ou em corpos d'água.

Apesar do baixo índice de cobertura das áreas rurais do Brasil por redes coletoras de esgotos, isso por si só não é um agravante para as condições sanitárias (SOUSA, 2004; FUNASA 2015). Os sistemas locais de tratamento de esgoto (também chamados de descentralizados) — se bem projetados, construídos e operados — são boas alternativas para garantir a saúde da população e ao mesmo tempo, manter a integridade ambiental destas

localidades (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009), especialmente de áreas menos densamente habitadas (USEPA, 2002).

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

É evidente que o despejo de esgoto sanitário sem tratamento nos mananciais piora a qualidade da água, sendo de extrema importância tratar e dispor adequadamente o esgoto. Em algumas áreas, essa questão é complicada devido ao afastamento em relação às estações de tratamento de esgoto, à geografia do local, ou mesmo, à falta de infraestrutura. Neste contexto, uma solução é a descentralização do tratamento do esgoto doméstico, com a implantação, por exemplo, de fossas sépticas, filtros e sumidouros.

Desenvolvidos para atender as comunidades mais isoladas, os sistemas individuais, quando bem executados e operados, se tornam uma opção efetiva como solução sanitária para o tratamento dos efluentes domésticos. É um dos mais simples, porém eficientes, sistemas de tratamento de esgoto doméstico previsto nas Normas NBR 7.229 e 13.969, indicado para residências ou instalações localizadas em áreas não providas de rede de coleta.

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

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

Segundo CHERNICHARO (2007), as fossas sépticas, ou tanques sépticos, são unidades de forma cilíndrica ou prismática retangular, de fluxo horizontal, destinadas principalmente ao tratamento primário de esgotos de residências unifamiliares e de pequenas áreas não servidas por redes coletoras. No tratamento, cumprem basicamente as seguintes funções:

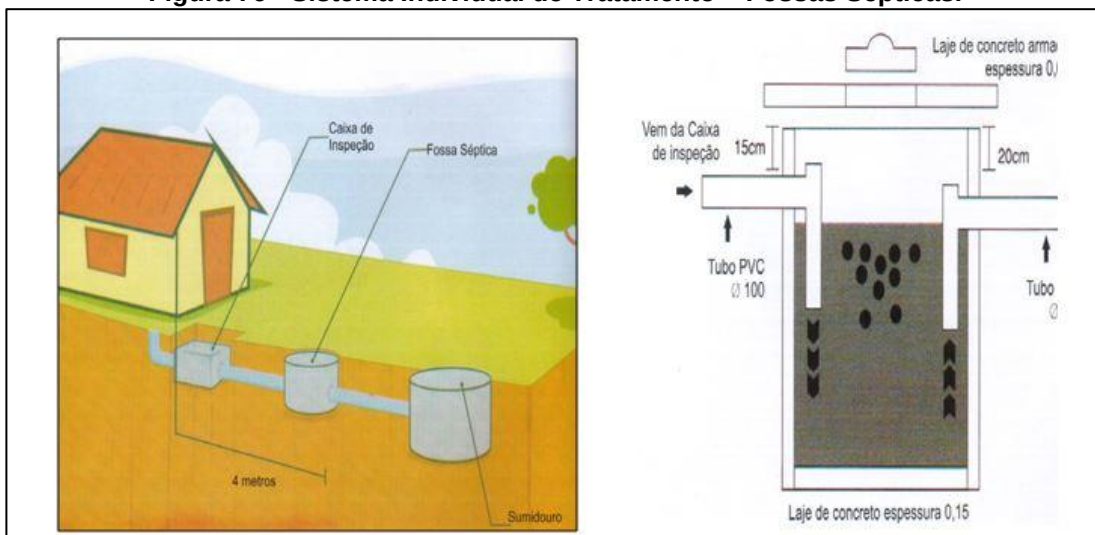
- Separação gravitacional da espuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

É de fundamental importância para o bom funcionamento dos tanques sépticos, a retirada do lodo em períodos pré-determinados pelo projeto. A falta de retirada do lodo leva a sua acumulação excessiva e à redução do volume reacional do tanque, prejudicando sensivelmente as condições operacionais do reator. As fossas sépticas devem se distanciar da moradia em 4 metros a fim de evitar mau odor, nem muito longe, para evitar tubulações muito longas.

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

Uma exigência importante é que este tipo de sistema seja construído longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água, pelo menos trinta metros de distância, para evitar contaminações, no caso de um eventual vazamento. Abaixo segue as imagens do sistema de fossas sépticas.

Figura 76 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

As valas de Filtração 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%.

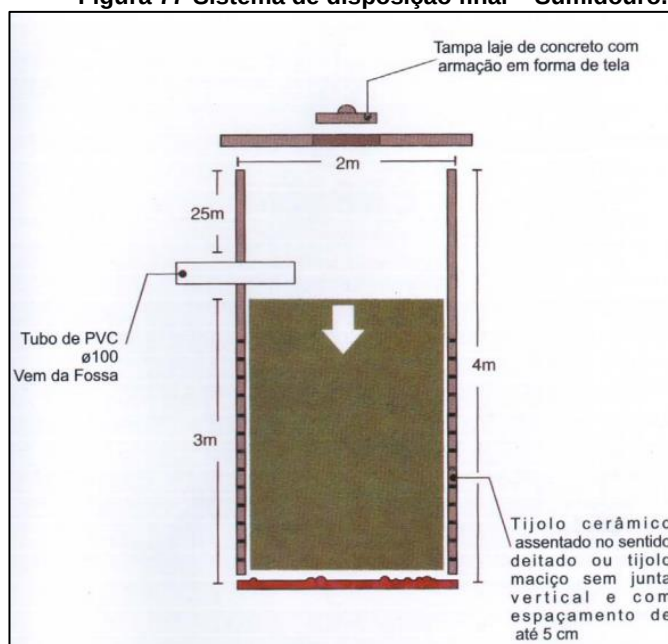
Através da retenção das partículas de lodo formadas e arrastadas da fossa séptica, as bactérias anaeróbias se formam e se fixam na superfície do meio filtrante.

As valas de filtração 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 efluentes para distribuir o efluente sobre leito biológico filtrante, e tubulações perfuradas inferiores, para coletar o filtrado e encaminhá-lo à disposição final que pode ser um sumidouro ou uma vala de INFILTRAÇÃO.

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.

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.

Figura 77-Sistema de disposição final – Sumidouro.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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.

Outra alternativa para a disposição final do efluente após a fossa séptica filtro anaeróbio/vala de filtração é a vala de infiltração, que não deve ser confundida com a vala de filtração. Apesar dos nomes similares a vala de INFILTRAÇÃO não se propõe a recolher novamente o efluente tratado e como o próprio nome sugere o mesmo é deixado infiltrar no solo após passar pelos dispositivos mencionados anteriormente.

Figura 78 - Sistema de disposição final – Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019. Adaptado por Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No município de Piraúba não há a necessidade do uso de vala de infiltração para a disposição final de seus efluentes provenientes de sistemas individuais para estar dentro de acordo com as normas técnicas e sanitárias vigentes. A Secretaria do Meio Ambiente do Município, em parceria com a Vigilância Sanitária deveria cobrar e informar sobre a exigência de sumidouro ou

vala de infiltração apenas para casos onde não há existência de rede de esgotamento.

No entanto, o sistema mais utilizado para suprir a coleta e o tratamento dos esgotos são os sistemas de tratamento individual, caracterizados com fossas, filtro e sumidouro ou fossas diretamente ligadas na rede pluvial.

Existem alternativas para complementar o tratamento realizado pela fossa séptica e para disposição final do efluente, dentre elas estão o filtro anaeróbico, o sumidouro, a vala de infiltração e, por fim, o tratamento do efluente por “wetland”. Outra possibilidade que deve ser listada para implantação nas comunidades mais afastadas ou nas comunidades rurais, é a instalação de Estações Compactas de Tratamento de Esgotos. Nota-se atualmente que as associações não apresentam nenhum sistema de tratamento coletivo isolado. Nesse sentido, estas estações apresentam ótima eficiência do tratamento, além de apresentar as seguintes vantagens:

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

Figura 79 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



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

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

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

Este sistema proposto pelo pesquisador Szachna Eliaz Cynamon, reformulou e otimizou o sistema de tratamento constituído de fossa e filtro anaeróbio ascendente, através de uma forma de associação de três filtros, seguidos por um filtro de areia. Nesta associação, os fluxos dos filtros seguem uma escala ascendente, descendente e novamente ascendente, tendo o filtro de areia a finalidade de dar um polimento no efluente final.

Trata-se de alternativa com elevada eficiência para tratamento de esgotos sanitários e industriais. Cynamon recomenda que o sistema seja implantado em pequenas coletividades e áreas periféricas (1986). Conforme Silva (2000), o processo foi estudado através de uma unidade piloto, com capacidade para tratar até 2 L/s, de esgotos domésticos ou industriais oriundos da FIOCRUZ.

Silva informa que os ensaios realizados no período de patenteamento, quando foram obtidos os resultados que comprovaram a qualidade do processo patenteado, demonstraram as suas potencialidades (2000, p. 1). Kligerman (1995, p.47) demonstra que o filtro anaeróbio tem taxa de aplicação de 10 a 20 m³/m².dia e trata uma carga orgânica de 1 a 2 Kg. DBO/m³ de pedra dia.

Segundo Silva (2000), o processo apresenta algumas características que tornam a sua implantação altamente vantajosa, podendo ser implantado em espaços reduzidos e até mesmo em desvãos, apresenta custo de implantação e de operação reduzidos quando comparados aos processos clássicos, uma vez

que os seus tempos de detenção hidráulica são semelhantes aos do lodo ativado convencional, o que permite que sejam construídas unidades compactas.

Outra vantagem do processo é a de que o consumo de oxigênio da unidade aeróbia é pequeno, pois a maior parte da estabilização da matéria orgânica é realizada na unidade anaeróbia.

As eficiências alcançadas na remoção de carga orgânica variaram de 90% a 98 % (DQO como substrato). Em trabalho apresentado, Cynamon verificou que o processo permite uma redução do índice de coliformes totais de cerca de 95%.

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

Nos locais em que as construções são isoladas e distantes umas das outras ou não existe um número significativo de moradores, não há viabilidade econômico-financeira para implementação de sistemas coletivos de tratamento, necessita-se, então, da instalação de unidades de tratamento em cada residência, tais como fossas sépticas seguidas de filtro anaeróbio e unidades de disposição controlada no solo, ou seja, de soluções individuais de esgotamento sanitário. É importante ocorrer a coleta pelo Poder Público ou concessionária, dos efluentes e do lodo gerado nas mesmas de forma periódica, para destiná-los à posterior tratamento.

4.2.5.1. Descrição de Tecnologias Sociais de Saneamento Básico

As Tecnologias Sociais - TS apresentam-se como um conjunto de técnicas e metodologias que são aplicadas em determinada localidade ou região em que é evidenciada a participação ativa da comunidade com vista à solução de problemas que os afetam direta e indiretamente. Portanto, as Tecnologias Sociais aplicadas ao saneamento básico, podem ser utilizadas por comunidades rurais, situadas em regiões com baixa oferta de infraestrutura sanitária, como por exemplo, fossa biodigestora, zona de raízes, círculo de bananeiras e bacias de evaporação para ajudar no tratamento de águas negras e cinzas.



As águas cinzas são águas residuais geradas a partir de processos domésticos, como, torneiras, chuveiros, lavanderias e lavatórios, que estão separados do esgoto sanitário. As águas cinzas podem representar até 80% do efluente sanitário gerado em um empreendimento. A captação em redes hidráulicas separadas das águas cinzas e seu tratamento possibilita o reuso em atividades como irrigação de áreas verdes, descargas sanitárias, lavagem de pisos entre outras atividades menos nobres.

Já a água negra é o termo utilizado para descrever a água descartada que possui matéria fecal e urina. É assim chamada pela sua composição e a presença de contaminantes biológicos, e por ser mais difícil de ser tratada. Para a área rural do município, diante da ausência de rede de esgotamento sanitário, algumas soluções para o tratamento de esgoto doméstico ou complementação do tratamento, podem ser a readequação das fossas negras para forma alternativa descritas abaixo, como métodos individuais de tratamento do esgoto residencial.

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

4.2.5.2. Fossa Séptica Biodigestora - FSB

A Fossa Séptica Biodigestora, é uma tecnologia criada em 2001 pela Embrapa Instrumentação para o tratamento da água de vaso sanitário. É composta por três caixas d'água conectadas onde ocorre a degradação da matéria orgânica do esgoto e a transformação deste em um biofertilizante que pode ser aplicado em algumas culturas. O sistema é capaz de atender a uma casa de até cinco pessoas, mas adaptações podem ser feitas caso o número de habitantes seja maior.

O princípio do funcionamento da Fossa Séptica Biodigestora é a fermentação anaeróbia (ausência de oxigênio), realizada por um conjunto de microrganismos presentes no próprio esgoto. Sob condições adequadas de

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

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

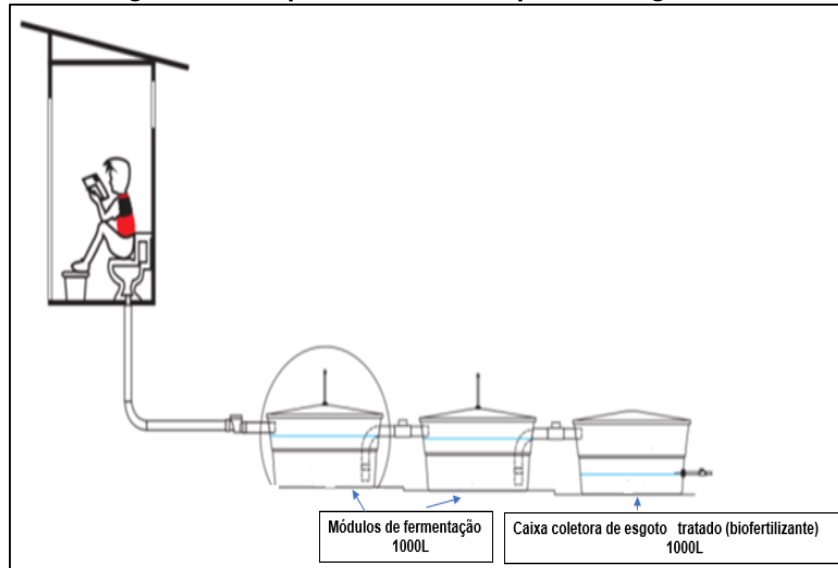
Todo esse processo é realizado naturalmente, sem o uso de energia elétrica, aplicando-se no início uma mistura de cinco litros de esterco bovino fresco e cinco litros de água, uma vez por mês. As fezes dos ruminantes contêm uma seleção de bactérias que aumentam a eficiência, potencializam o tratamento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

As duas primeiras caixas do sistema são denominadas módulos de fermentação, ou seja, são os locais onde ocorre intensamente a biodigestão anaeróbia realizada pelas bactérias. A última caixa, ou caixa coletora, é destinada ao armazenamento do efluente já estabilizado, de onde este pode ser retirado para posterior utilização, como visto na figura a seguir.

Como o sistema é modular, o número de caixas pode ser aumentado de maneira proporcional ao número de moradores da residência, mantendo-se o volume mínimo de 1000 L para cada caixa. Estudos indicam que é necessário adicionar uma caixa de mil Litros (módulo de fermentação) para cada 2,5 pessoas a mais na residência (duas caixas para cada cinco pessoas a mais e assim proporcionalmente) para manter a eficiência do sistema.

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

Figura 80 - Esquema da fossa séptica biodigestora.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os aspectos construtivos e de funcionamento do sistema são simples, deve-se ter três caixas de 1000L e tubulações de 100 mm, instrumentos para a vedação e conexões. As figuras abaixo mostram um exemplo de fossa biodigestora.

Figura 81 - Exemplo de instalação da fossa biodigestor.





Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

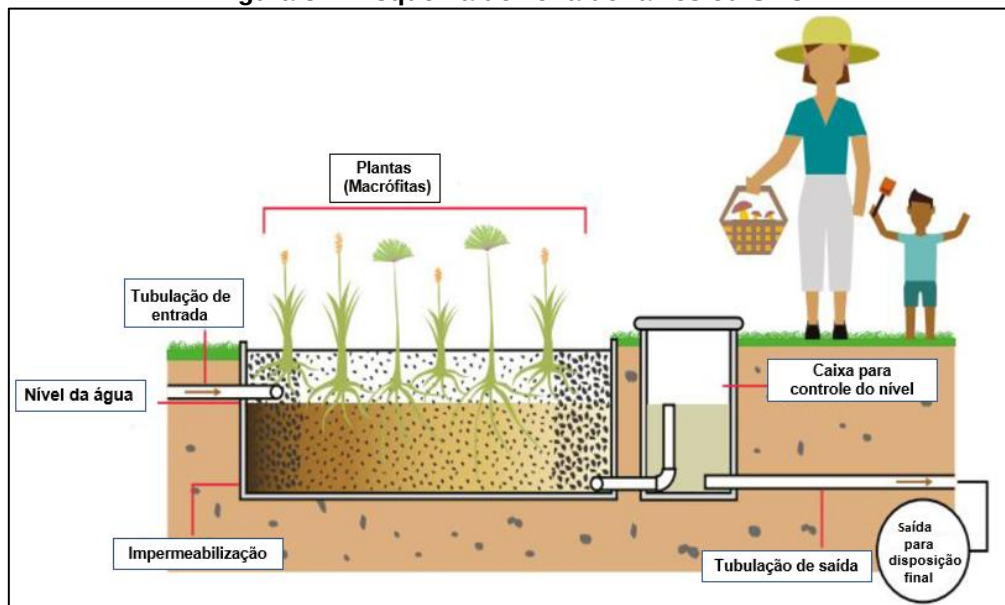
4.2.5.3. Sistema de Zona de Raízes

O sistema por zona de raízes utiliza plantas para o tratamento de águas residuais. A degradação das substâncias poluidoras contidas na água ocorre através da simbiose entre plantas, solo e/ou substrato artificial e microrganismos. A função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo/substrato através de rizomas e possibilitar o desenvolvimento de uma população densa de microrganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção dos poluentes da água.

De acordo com Tonetti et. al. (2018), as unidades de tratamento podem ser usadas para águas cinzas ou para esgoto doméstico previamente tratado. Os sistemas alagados construídos (SAC), também conhecidos como zonas de raízes ou *wetlands* (nomenclatura internacional), são compostos por valas com paredes e fundo impermeabilizados, permitindo seu alagamento com o esgoto a ser tratado.

São pouco profundas (< 1,0 m) e possuem plantas aquáticas ou macrófitas que atuam na remoção de poluentes, além de proporcionar a fixação de microrganismos que degradam a matéria orgânica. Os SAC normalmente possuem material particulado em seu interior (exemplo: areia, brita, seixo rolado) como meio suporte para o crescimento das plantas e microrganismos. A figura abaixo mostra um esquema de SAC.

Figura 82 - Esquema de zona de raízes ou SAC.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os aspectos construtivos e de funcionamento do sistema são simples, a zona de raízes possui formato retangular, podendo ser escavado no próprio solo, manualmente ou com a ajuda de máquinas. Suas paredes e fundo devem ser impermeabilizados com alvenaria ou mantas sintéticas. O dimensionamento das zonas de raízes se baseia principalmente no volume diário de esgoto a ser tratado e também na qualidade do esgoto. Ele deve ter uma área média de 2 m² por pessoa e uma profundidade entre 0,6 e 1,0 m.

O fluxo do esgoto mais comum é o subsuperficial, isto é, ocorre abaixo da superfície do material utilizado como suporte e em sentido horizontal. Nesse caso o esgoto é distribuído por tubos de PVC perfurados na superfície de entrada. Esse primeiro trecho pode ser preenchido com brita nº 3 ou 4 para evitar entupimentos.

O trecho com plantas é onde acontece a maior parte da transformação do esgoto (remoção de nutrientes e matéria orgânica). Essa zona pode ser preenchida com brita nº 1 ou 2, mas há experiências que fazem uso de areia. Por fim, o líquido tratado é coletado no extremo oposto à entrada de esgoto. Para isso, deve-se utilizar tubos de PVC perfurados localizados no fundo da vala do sistema. Esse trecho, pode ser preenchido com brita nº 3 ou 4. As figuras abaixo exemplificam esse procedimento.

Figura 83 - Exemplos de zonas de raízes e mecanismos de controle de PVC.



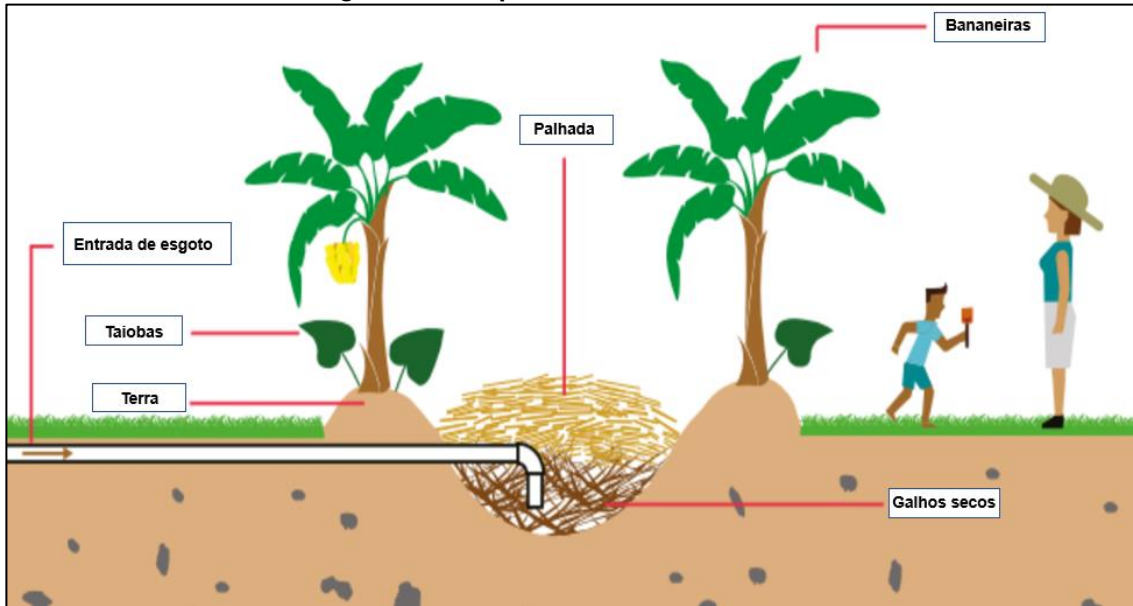
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.5.4. 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 84 - Esquema de círculo de bananeira.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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

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

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

Figura 85 - Exemplo de círculo de bananeira.



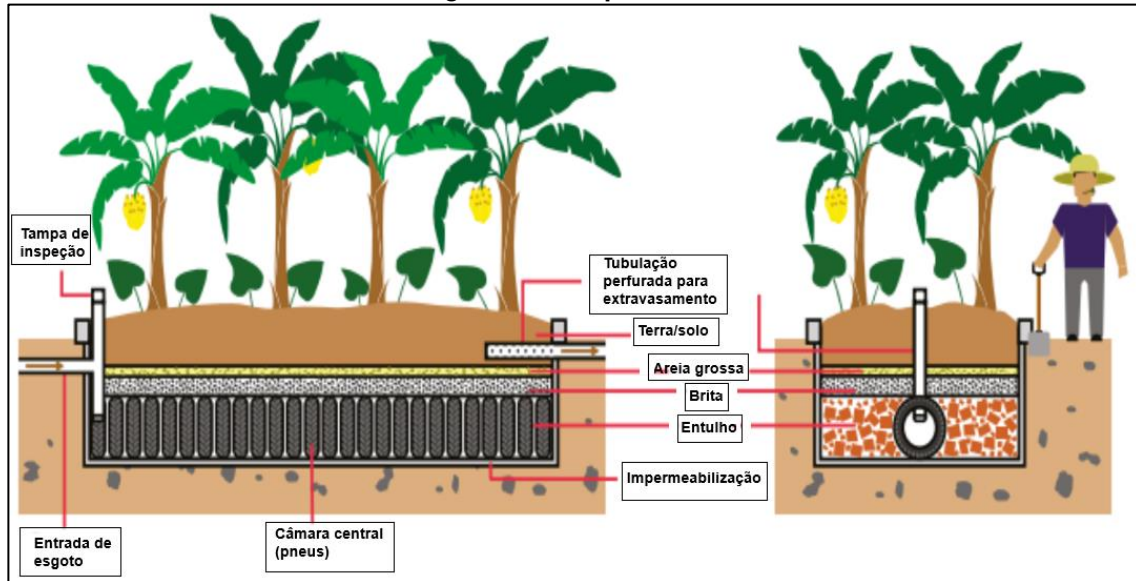
Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.5.5. Bacias de Evapotranspiração ou Fossas Verdes

A Bacia de Evapotranspiração - BET ou Fossas Verdes é um sistema de tratamento para águas de vaso sanitário que faz o aproveitamento da água e dos nutrientes presentes no esgoto. A BET pode ser dividida em três partes: um compartimento central para o recebimento e digestão inicial do esgoto, uma camada filtrante e uma área plantada com bananeiras.

Outros nomes para o mesmo sistema são: tanque de evapotranspiração (Tevap), ecofossa, fossa biossética, biorremediação vegetal, fossa de bananeira e canteiro biossético. A figura abaixo mostra um exemplo de bacia de evapotranspiração ou fossa verde.

Figura 86 - Esquema de BET.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os aspectos construtivos e de funcionamento do sistema se inicia com a escavação do solo, que pode ser feita manualmente ou com a ajuda de máquinas. O segundo passo é a construção de uma grande caixa ou reservatório que ficará enterrado, local onde o tratamento do esgoto acontece. A caixa precisa ser totalmente impermeabilizada e não pode haver vazamentos no sistema e nem entrada de água subterrânea.

A caixa pode ser construída com alvenaria convencional ou técnicas alternativas, como o ferro-cimento ou superadobe. Mantas de PVC ou lonas também podem ser utilizadas.

A entrada de esgoto no sistema é realizada através de uma tubulação de 100 mm que desemboca dentro da câmara central, localizada no fundo da caixa. A câmara é a primeira etapa do tratamento, onde ocorre a sedimentação dos sólidos e também o início da digestão do esgoto. Ela pode ser feita com muitos materiais diferentes, mas os mais comuns são pneus velhos ou blocos cerâmicos vazados.

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

Os nutrientes presentes no esgoto são utilizados pelas plantas na produção de novas folhas e frutos, atuando como adubos naturais. Parte da água que entra no sistema evapora pelo solo. As figuras abaixo mostram outros exemplos de BET ou fossa verde.

Figura 87 - Exemplo de BET ou fossa verde.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.5.6. Localização da Estação de Tratamento de Esgoto

O início de um projeto coincide com os seus estudos prévios e estes, buscam entender a dinâmica do sistema a ser projetado, incluindo a avaliação quantitativa e qualitativa dos esgotos que serão tratados na futura ETE, bem como, a análise técnico-econômica dos inúmeros tipos de sistemas de tratamento de efluentes que podem ser aplicados a um determinado município. Ressaltando, que a melhor alternativa proposta deve ser aquela que oferecer as maiores vantagens do ponto de vista técnico e econômico-financeiro.

Especificamente para a localização, antes de iniciar o projeto de implantação de uma ETE, deve-se, atentar-se para algumas vertentes que são essenciais para o bom funcionamento da mesma, além, de não causar incômodos para a população vizinha, como maus odores e ruídos excessivos. Normalmente averigua-se o custo por m² do local onde será implantada a futura ETE, assim como, o sistema de tratamento de lodo, caso este não esteja localizado na própria ETE, além da instalação dos equipamentos.

Sendo assim, abaixo seguem alguns parâmetros técnicos que auxiliarão na escolha da melhor área para a construção de uma futura estação de tratamento de esgoto no Município de Piraúba.

- Topografia → deve-se considerar a topografia do terreno, pois, terreno muito acidentado elevará o custo de implantação da ETE com obras de nivelamento de terreno;
- Nível do lençol freático → através de sondagens é necessário avaliar o nível do lençol freático para que, em caso de vazamentos o efluente ao infiltrar no solo, não entre em contato com a água contida no lençol freático;
- Nível de cheia → deve-se atentar para que, em períodos chuvosos não haja problemas de inundação ou alagamentos dentro da ETE;
- Distância de Interceptação e corpo hídrico receptor → a implantação de uma ETE não deverá ser distante da área urbana, pois, deve-se dar preferência para que o efluente coletado seja direcionado para o tratamento de preferência por gravidade, evitando custos com a instalação de estações elevatórias, da mesma forma, a Localização da ETE deve estar próxima ao corpo hídrico que receberá o efluente tratado;
- Acessibilidade → da mesma forma da distância de interceptação, o acesso a ETE deve ser facilitado para veículos que necessitem adentrarem no local e em situações de emergência, os operadores terão mais agilidade para conter a ocorrência;
- Proximidade de residências → estações de tratamento de esgoto, principalmente o sistema de lagoas facultativas, possuem como uma de suas características a liberação de gases que ocasionam mau odores, podendo provocar incômodos nas regiões vizinhas.

4.2.6. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Esgotamento Sanitário

Caso o Município de Piraúba implemente um sistema de tratamento de esgoto nos próximos vinte anos, para a tender a área urbana, abaixo seguem as ações de emergência e contingência para este sistema. Ressalta-se, que mesmo o município atualmente não possuir uma ETE, para tratar o esgoto sanitário coletado na área urbana, algumas das ações de emergência e contingência contidas abaixo, já podem ser utilizadas, pois, algumas destas ações são exclusivas para a rede coletora.

Desta forma, quando há um extravasamento de esgoto nas unidades do sistema e anormalidades no funcionamento das estações de tratamento de esgoto, causando prejuízos à eficiência, estes problemas colocam em risco a qualidade ambiental do município, podendo contaminar os recursos hídricos e o solo.

Para estes casos, tanto para interrupção da coleta de esgoto por motivos diversos, quanto por rompimento de coletores, medidas de emergência e contingência devem ser previstas. Sendo assim, as tabelas abaixo constam as principais alternativas para ações de emergência e contingência para o sistema de esgotamento sanitário.

Tabela 54 - Ações de emergência e contingência para o extravasamento de esgoto em estações elevatórias.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA CONTROLAR O EXTRAVASAMENTO DE ESGOTO
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Extravasamento de esgoto em estações elevatórias.	Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de bombeamento.	Comunicar companhia de energia elétrica.
		Acionar gerador alternativo de energia.
		Comunicar a prestadora.
		Instalar tanques de acumulação do esgoto extravasado com o objetivo de evitar contaminação do solo e água.
	Danificação de equipamentos	Comunicar a Prefeitura sobre os problemas com os equipamentos e a possibilidade de ineficiência e paralisação das unidades de tratamento.

	eletromecânicos ou estruturas.	Comunicar a prestadora.
		Instalar equipamentos reserva.
	Ações de vandalismo.	Comunicar o ato de vandalismo à Polícia local.
		Comunicar a prestadora.
		Executar reparo das instalações danificadas com urgência.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 55 - Ações de emergência e contingência para o rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	2	ALTERNATIVAS PARA CONTROLAR O ROMPIMENTO EM PONTOS DO SISTEMA DE COLETA DE ESGOTO (após a implantação dos mesmos)
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Rompimento de linhas de recalque, coletores, interceptores e emissários.	Desmoronamento de taludes ou paredes de canais.	Executar reparo da área danificada com urgência.
		Comunicar a prestadora.
		Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes.
	Erosões de fundo de vale.	Comunicar a prestadora.
		Executar reparo da área danificada com urgência.
	Rompimento de pontos para travessia de veículos.	Comunicar aos órgãos de controle ambiental sobre o rompimento em alguma parte do sistema de coleta de esgoto.
		Comunicar as autoridades de trânsito sobre o rompimento da travessia.
		Sinalizar e isolar a área como meio de evitar acidentes.
		Comunicar a prestadora.
		Executar reparo da área danificada com urgência.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 56 - Ações de emergência e contingência para ocorrência de retorno de esgoto em imóveis.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	3	ALTERNATIVAS PARA EVITAR RETORNO DE ESGOTO EM IMÓVEIS
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Ocorrência de retorno de esgoto nos imóveis.	Obstrução em coletores de esgoto.	Comunicar a prestadora.
		Isolar o trecho danificado do restante da rede com o objetivo de manter o atendimento de áreas não afetadas pelo rompimento.
		Executar reparo das instalações danificadas com urgência.
	Lançamento indevido de águas pluviais na rede coletora de esgoto.	Executar trabalhos de limpeza e desobstrução.
		Executar reparo das instalações danificadas.
		Comunicar à Vigilância Sanitária e à Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura.
		Comunicar a prestadora.
		Ampliar a fiscalização e o monitoramento das redes de esgoto e de captação de águas pluviais com o objetivo de identificar ligações clandestinas, regularizar a situação e implantar sistema de cobrança de multa e punição para reincidentes.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 57 - Ações de emergência e contingência para vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO
OBJETIVO	4	ALTERNATIVAS PARA REDUZIR RISCOS DE CONTAMINAÇÃO POR FOSSAS NA ÁREA URBANA E ZONA RURAL
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA

Vazamentos e contaminação de solo, curso hídrico ou lençol freático por fossas.	Rompimento, extravasamento, vazamento e/ou infiltração de esgoto bruto por ineficiência de fossas.	Comunicar a prestadora e a Prefeitura Municipal.
		Promover o isolamento da área e contenção do resíduo com objetivo de reduzir a contaminação.
		Conter vazamento e promover a limpeza da área com caminhão limpa fossa, encaminhando o resíduo para a estação de tratamento de esgoto.
		Exigir a substituição das fossas negras por fossas sépticas e valas de infiltração ou ligação do esgoto residencial à rede pública nas áreas onde existe esse sistema.
	Construção de fossas inadequadas e ineficientes.	Implantar programa de orientação da comunidade em parceria com a prestadora quanto à necessidade de adoção de fossas sépticas em substituição às fossas negras e fiscalizar se a substituição e/ou desativação está acontecendo nos padrões e prazos exigidos.
	Inexistência ou ineficiência do monitoramento.	Ampliar o monitoramento e fiscalização destes equipamentos na área urbana e na zona rural, em parceria com a prestadora, principalmente das fossas localizadas próximas aos cursos hídricos e pontos de captação subterrânea de água para consumo humano.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.2.7. Objetivos, Metas, Programas, Projetos e Ações para o SES

Os objetivos, programas, projetos e ações para atingir tanto a universalização como a qualidade dos serviços relacionados ao sistema de tratamento de esgoto de Piraúba 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 SES do Município de Piraúba.

4.2.7.1. Objetivo 1 – Ampliar e Aprimorar o Sistema de Esgotamento Sanitário

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 1, suas metas de imediato, curto, médio e longo prazo, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 58 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
OBJETIVO	1	AMPLIAR E APRIMORAR O SISTEMA URBANO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
FUNDAMENTAÇÃO		Analisando todos os dados sobre o sistema de esgotamento sanitário, concluiu-se que Piraúba, por meio dos serviços prestados pela Prefeitura, não atende toda a população urbana com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos. Considerando a população urbana e rural, constata-se a necessidade de prever a implantação do sistema para atender a demanda atual e a futura e, portanto, o sistema deverá ser ampliado para atender 100% da população urbana, o que representa uma necessidade significativa de investimentos.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		1. Índice de atendimento urbano com coleta e tratamento de esgoto, que corresponde ao percentual da população urbana atendida com coleta e tratamento de esgoto em relação a população urbana total. 2. Identificação da implementação da ação					
METAS							
IMEDIATO - ATE 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Implementação do Programa de Educação Ambiental. 2) Elaboração de projetos para implantação do SES.		3) Execução do projeto para a construção de ETE na área urbana. 4) Manutenção e ampliação do sistema de coleta.		5) Manutenção do SES para o atendimento de toda a população estimada, com base no estudo populacional.		6) Manter a universalização do serviço de coleta e tratamento dos esgotos.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO PRAZO	MÉDIO PRAZO	LONGO PRAZO		
2.1.1	Implementar projeto de educação ambiental com a temática da importância sanitária da coleta e tratamento dos esgotos	R\$ 40.000,00	R\$ 90.000,00	R\$ 80.000,00		RP - FPU - FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.

2.1.2	Elaborar projeto de esgotamento sanitário para a área urbana do município, considerando a demanda atual e futura (dando condições para que os novos loteamentos tenham o esgoto coletado de forma imediata).	R\$ 450.000,00				Recursos Municipais/Governo Estadual e Federal	Média Mercado.
2.1.3	Planejamento municipal com o objetivo de manter a infraestrutura adequada do Sistema de Esgotamento Sanitário ao longo dos anos, propondo melhorias contínuas para que toda a população seja atendida com o serviço.		R\$ 90.000,00	R\$ 270.000,00	R\$ 240.000,00	Recursos Municipais/Ação Administrativa	Média do custo de execução dos serviços
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 450.000,00	R\$ 180.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 240.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.220.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.2.7.2. Objetivo 2 – Ampliar e Aprimorar os Sistemas Rurais de Esgotamento Sanitário

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

Tabela 59 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
OBJETIVO	2	IMPLANTAR OS SISTEMAS RURAIS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO					
FUNDAMENTAÇÃO		Ações de esgotamento sanitário executadas por meio de soluções individuais não constituem serviço público de saneamento. No entanto, como uma das diretrizes da Política de Saneamento Básico, deve-se garantir meios adequados para atendimento da população rural dispersa. Piraúba, tendo em vista a manutenção da qualidade de vida das presentes e futuras gerações e o risco de contaminação do ambiente, devido a práticas inadequadas de destino de esgoto doméstico, o município deve criar mecanismos de assistência para maior controle dos sistemas individuais de esgotamento sanitário. Além disto, devem ser fiscalizados os estabelecimentos que geram efluentes não domésticos, criando diretrizes que obriguem estes a implantar soluções individuais eficazes de tratamento.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação do programa.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Implementar projeto de educação ambiental. 2) Criar programa de assistência a população para construção adequada de sistemas individuais de esgotamento sanitário.		3) Acompanhar a implantação dos sistemas de esgotamento sanitário individuais, bem como o tratamento de seus efluentes.		4) Monitorar os sistemas individuais de esgotamento sanitário quanto a sua operação e eficiência.		5) Monitorar os sistemas individuais de esgotamento sanitário quanto a sua operação e eficiência.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO PRAZO	MÉDIO PRAZO	LONGO PRAZO		
2.2.1	Implementar projeto de educação ambiental com a temática da aplicação de tecnologias sociais de saneamento rural.	R\$40.000,00	R\$90.000,00	R\$80.000,00		RP - FPU - FPR	1º ano 20.000 + 10 mil/ano até o 20º ano.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



2.2.2	Implantar programa de construção e assistência aos sistemas individuais de esgotamento sanitário, adotados como solução na área rural, a fim de orientar quanto a manutenção adequada dos mesmos minimizando o risco de contaminação ambiental.	R\$60.000,00	R\$180.000,00	R\$160.000,00		AA-RP	R\$20.000,00/ano
2.2.3	Desativação de fossas negras na área rural.	R\$30.000,00	R\$90.000,00			AA	R\$10.000,00 Ano
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$100.000,00	R\$ 270.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 610.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.

4.2.8. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

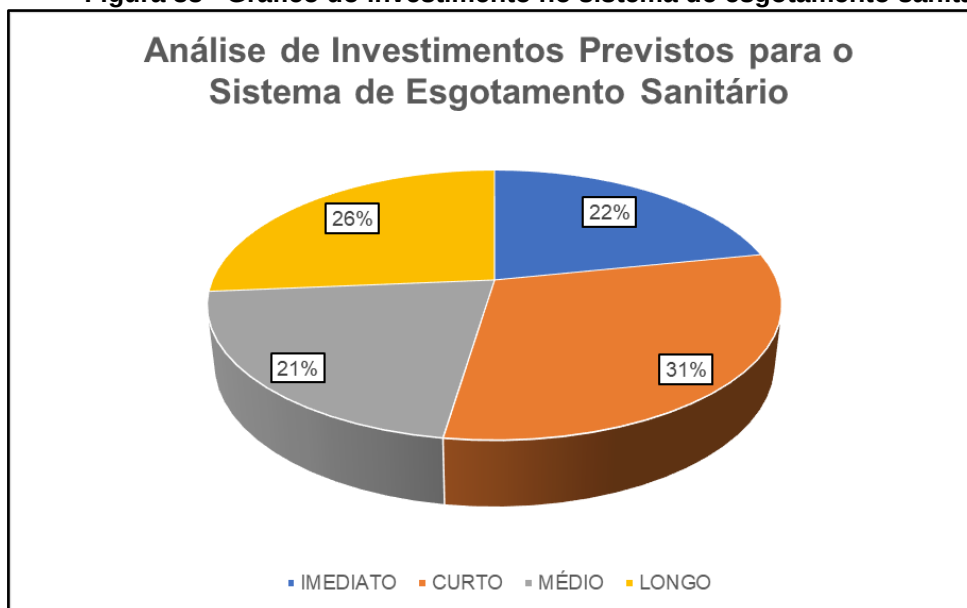
Tabela 60 - Análise de Investimento de Esgotamento Sanitário.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	2	ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)					
OBJETIVOS	PRAZOS				TOTAL GERAL
	IMEDIATO	CURTO PRAZO	MÉDIO PRAZO	LONGO PRAZO	
IMPLANTAR O SISTEMA COLETIVO DE COLETA E TRATAMENTO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ATINGIR SUA UNIVERSALIZAÇÃO PARA POPULAÇÃO URBANA.	R\$ 450.000,00	R\$ 180.000,00	R\$ 350.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 1.220.000,00
CONTROLE DE SISTEMAS INDIVIDUAIS PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA ÁREA RURAL.	R\$ 100.000,00	R\$ 270.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 0,00	R\$ 610.000,00
TOTAL GERAL	R\$ 550.000,00	R\$ 450.000,00	R\$ 590.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 1.830.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 88 - Gráfico do investimento no sistema de esgotamento sanitário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.3. Infraestrutura de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

4.3.1. Estimar a produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza urbana, com base nos resultados dos estudos demográficos

Atualmente o município de Piraúba conta com geração *per capita* de resíduos sólidos domésticos (RDO + RPU) em relação à população urbana de 0,86 kg/hab./dia de acordo com o SNIS, 2021. Em concordância com o Diagnostico Participativo toda a área urbana é atendida pelo sistema de limpeza urbana, sendo que a coleta de resíduos sólidos domésticos ocorre regularmente de acordo com cronograma estabelecido a limpeza pública (poda, roçagem, limpeza de bueiros, etc.) acontece sob cronograma. Para a projeção de 20 anos (2023 a 2043) este percentual de atendimento foi mantido, considerando que estes serviços continuarão existindo e serão ampliados de acordo com a crescente demanda.

A estimativa de geração dos resíduos sólidos na área urbana de Piraúba foi elaborada de acordo com a projeção populacional prevista no Diagnóstico Participativo. Também foi considerado um incremento na quantidade *per capita* de resíduos devido ao desenvolvimento que o município deve ter juntamente com o aumento da população urbana, passando de 0,86 para 1,06 kg/hab./dia.

Observa-se na tabela a seguir que a população urbana de Piraúba terá um acréscimo de 10,6% em 20 anos, passando a ter 12.919 habitantes. Concomitantemente ao aumento da população a quantidade de resíduos gerados também será maior no final do período avaliado, sendo maior em 2043.

Tabela 61 – Projeção da produção de lixo e percentuais de atendimento pelo sistema de limpeza pública no Município de Piraúba.

Ano	População Urbana	Percentuais atendimento pelo sistema de limpeza urbana (*)	Geração Per Capita (kg/hab./dia)	RDO (ton/ano)	RPU (ton/ano)	Total (ton/ano)
2023	8.709	100	0,86	2.734	562	3.296
2024	8.797	100	0,87	2.793	574	3.367
2025	8.885	100	0,88	2.854	586	3.440
2026	8.974	100	0,89	2.915	598	3.513
2027	9.065	100	0,9	2.978	610	3.588
2028	9.156	100	0,91	3.041	622	3.663
2029	9.248	100	0,92	3.105	634	3.739
2030	9.341	100	0,93	3.171	646	3.817
2031	9.435	100	0,94	3.237	658	3.895
2032	9.529	100	0,95	3.304	670	3.974
2033	9.625	100	0,96	3.373	682	4.055
2034	9.722	100	0,97	3.442	694	4.136
2035	9.820	100	0,98	3.512	706	4.218
2036	9.918	100	0,99	3.584	718	4.302
2037	10.018	100	1,00	3.657	730	4.387
2038	10.119	100	1,01	3.730	742	4.472
2039	10.220	100	1,02	3.805	754	4.559
2040	10.323	100	1,03	3.881	766	4.647
2041	10.427	100	1,04	3.958	778	4.736
2042	10.532	100	1,05	4.036	790	4.826
2043	10.637	100	1,06	4.116	802	4.918

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. (*) Atendimento de poda, roçagem, limpeza de bueiros, etc..

Por não haver um local público ambientalmente licenciado dentro do município para deposição dos RDO no município, todo o resíduo urbano coletado é enviado para um aterro sanitário particular localizado na cidade de Candiota – RS distante 111 km de Piraúba. Em consequência a destinação tem um alto custo para o município, com o aumento da quantidade gerada novas alternativas devem ser estudadas.

Para que os custos atuais com a disposição dos resíduos sejam reduzidos, deve ser analisada a formação de um consórcio com municípios vizinhos para que seja encontrada e licenciada uma área técnica e ambientalmente adequada. Esta alternativa também deve ser economicamente viável para o município de Piraúba. Mais à frente neste capítulo são propostas áreas com estas características dentro do limite municipal.

Para a projeção do volume de geração anual foi utilizado na mesma o estudo demográfico do Diagnostico Participativo e considerado aumento na

produção diária por habitante ao longo dos 20 anos estudados. Segundo SILVA & FERREIRA, 2015, os resíduos recicláveis correspondem a 29,98% e os compostáveis (rejeitos orgânicos domésticos) 60,64% do total ponderado, os resíduos de saúde, contaminantes e de logística reversa obrigatória não foram considerados para o estudo.

Tabela 62 – Estimativa da geração e disposição dos resíduos reciclados, compostados e aterrados.

Ano	População Urbana	Geração Per Capta (kg/hab./dia)	Total (ton/ano)	Reciclado (ton/ano)	Compostado (ton/ano)	Aterrado (ton/ano)
2023	8.709	0,860	3.296	989	1.977	330
2024	8.797	0,870	3.367	1.010	2.020	337
2025	8.885	0,880	3.440	1.032	2.064	344
2026	8.974	0,890	3.513	1.054	2.108	351
2027	9.065	0,900	3.588	1.076	2.153	359
2028	9.156	0,910	3.663	1.099	2.198	366
2029	9.248	0,920	3.739	1.122	2.244	374
2030	9.341	0,930	3.817	1.145	2.290	382
2031	9.435	0,940	3.895	1.168	2.337	389
2032	9.529	0,950	3.974	1.192	2.385	397
2033	9.625	0,960	4.055	1.216	2.433	405
2034	9.722	0,970	4.136	1.241	2.482	414
2035	9.820	0,980	4.218	1.266	2.531	422
2036	9.918	0,990	4.302	1.291	2.581	430
2037	10.018	1,000	4.387	1.316	2.632	439
2038	10.119	1,010	4.472	1.342	2.683	447
2039	10.220	1,020	4.559	1.368	2.735	456
2040	10.323	1,030	4.647	1.394	2.788	465
2041	10.427	1,04	4.736	1.421	2.842	474
2042	10.532	1,05	4.826	1.448	2.896	483
2043	10.637	1,06	4.918	1.475	2.951	492

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Observa-se na tabela anterior que há um aumento gradual na geração do município nos próximos 20 anos consequência do crescimento da população urbana e da geração *per capita*. Considerando que o panorama da gestão dos resíduos não seja alterado, ou seja, não sejam implementadas novas soluções para os RDO de Piraúba, o volume de resíduos enviados para o aterro sanitário passará de 3.296 ton/ano para 4.918 ton/ano, sendo os resíduos recicláveis e

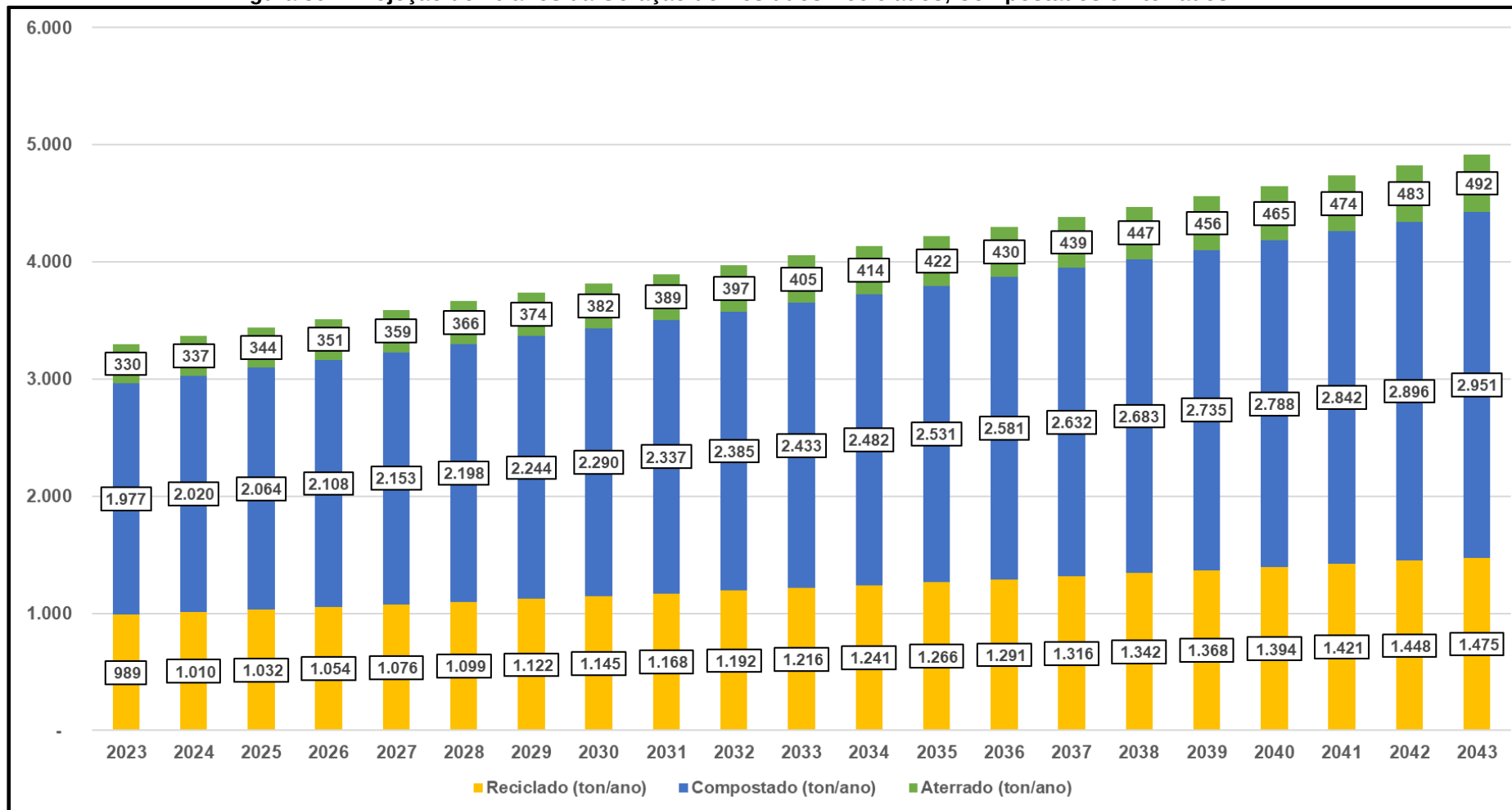


compostáveis os representantes mais expressivos deste volume. Esta projeção também é apresentada na Figura abaixo.

Ao avaliar esta projeção percebe-se que a falta de gestão e destinação adequada dos resíduos recicláveis e compostáveis, que já possuem alternativas técnicas viáveis ao aterramento, impacta negativamente o volume enviado e os custos anuais do município de Piraúba com o aterro sanitário particular.

É fundamental que o município implante e gerencie um sistema de coleta seletiva efetivo para os resíduos recicláveis e compostáveis, que tenha o apoio e o auxílio consciente da população para que estes custos sejam menores no decorrer dos próximos anos. As alternativas técnicas para cada tipo de resíduo gerado serão apresentadas mais à frente no capítulo reservado a este assunto.

Figura 89 – Projeção de 20 anos da Geração de Resíduos Reciclados, Compostados e Aterrados.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



Outro estudo desenvolvido neste capítulo considera a implantação de um sistema efetivo de coleta seletiva e disposição final adequada para os resíduos recicláveis e compostáveis que consequentemente reduziria o volume de resíduos enviados para o aterro sanitário. A tabela abaixo projeta a implantação deste sistema com atendimento de 100% do município para os próximos dez anos.

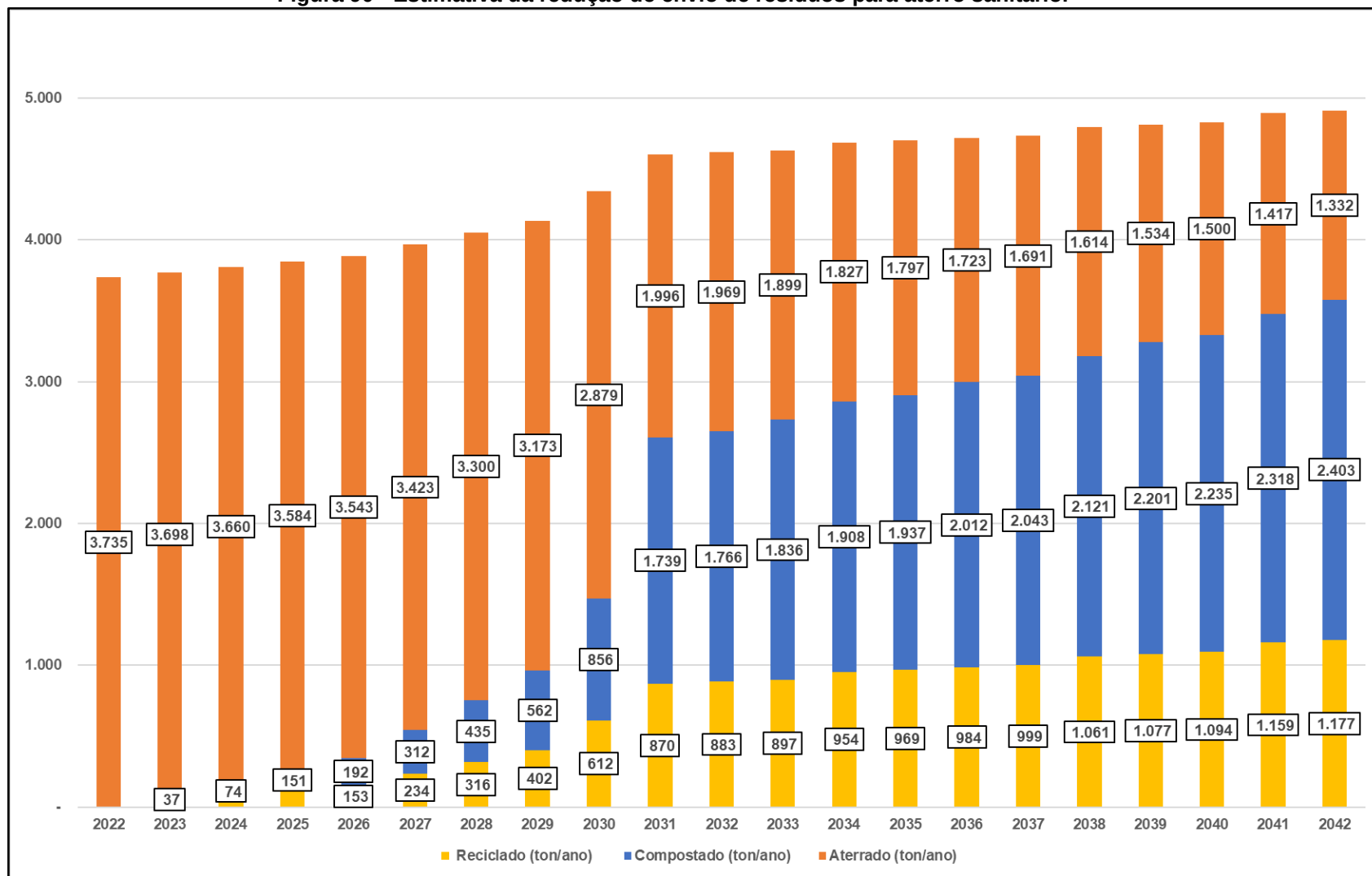


Tabela 63 – Estimativa da redução de envio de resíduos para aterro sanitário.

Pop. Atendida Col. Sel. E Comp. (%)	Resíduo Reciclável Coletado (%)	Res. Recicláveis Coletado Per Capta (kg/hab./dia)	Reciclado (ton/ano)	% Resíduo Compostável Coletado	Res. Comp. Coletado Per Capta (kg/hab./dia)	Compostado (ton/ano)	Aterrado (ton/ano)
0%	0,00%	0	-	0,00%	0		3.735
5%	0,91%	0,01	32	1,85%	0,01	32	3.671
10%	3,00%	0,02	65	3,76%	0,02	65	3.605
15%	4,50%	0,03	98	5,73%	0,04	131	3.506
20%	6,00%	0,04	132	7,76%	0,05	165	3.437
30%	8,99%	0,06	201	11,82%	0,08	267	3.267
40%	11,99%	0,08	270	16,01%	0,11	371	3.093
50%	14,99%	0,1	341	20,31%	0,14	477	2.917
75%	22,49%	0,15	517	30,93%	0,21	723	2.495
100%	29,98%	0,21	730	60,64%	0,42	1.461	1.544
100%	29,98%	0,21	738	60,64%	0,42	1.476	1.522
100%	29,98%	0,21	745	60,64%	0,43	1.526	1.464
100%	29,98%	0,22	789	60,64%	0,44	1.577	1.369
100%	29,98%	0,22	796	60,64%	0,44	1.593	1.346
100%	29,98%	0,22	804	60,64%	0,45	1.645	1.285
100%	29,98%	0,22	813	60,64%	0,45	1.662	1.260
100%	29,98%	0,23	858	60,64%	0,46	1.716	1.161
100%	29,98%	0,23	867	60,64%	0,47	1.771	1.097
100%	29,98%	0,23	875	60,64%	0,47	1.789	1.071
100%	29,98%	0,24	923	60,64%	0,48	1.845	967
100%	29,98%	0,24	932	60,64%	0,49	1.902	900

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 90 - Estimativa da redução de envio de resíduos para aterro sanitário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



4.3.1.1. Formas de coleta e transporte dos resíduos, com a incorporação dos conceitos de minimização na fonte, visando o conceito de gerenciamento sustentável

Os resíduos considerados domiciliares são basicamente os resíduos orgânicos, os resíduos recicláveis e os resíduos não recicláveis ou rejeitos. O objetivo de conscientizar a população sobre a importância de separar os resíduos adequadamente facilita o trabalho dos catadores de materiais recicláveis, aumentando assim, o volume de materiais que podem ser comercializados e, aumentando também a vida útil do aterro sanitário que será utilizado para receber os resíduos domésticos gerados em Piraúba.

No caso dos resíduos orgânicos pode-se adotar a prática da compostagem, resultando novamente no aumento da vida útil do aterro sanitário escolhido. Para que os resíduos sólidos domiciliares possam ser valorizados e inseridos novamente na cadeia da matéria-prima, deverá haver em todas as etapas do ciclo de vida destes resíduos procedimentos que os mantenham aptos para uma nova sistematização.

Estabelecendo critérios e procedimentos para a sua coleta e armazenamento, impedindo assim, que os resíduos sejam danificados ou misturados. Desta forma, preservando as suas características físicas e químicas os resíduos sólidos domiciliares se classificam para as próximas fases, sendo elas, o reuso, a reutilização e a reciclagem. Ressalta-se, que o ciclo de vida dos resíduos envolve desde a sua geração, passando pelo acondicionamento e coleta e encerrando com a sua destinação final.

Sendo assim, neste Plano serão recomendados medidas e procedimentos para a coleta convencional de resíduos sólidos, coleta seletiva, triagem de materiais recicláveis, transbordo, transporte e destinação final ambientalmente correta. Procurando sempre apresentar os melhores procedimentos para serem inseridos em cada etapa do sistema de manejo de resíduos sólidos.

O PMSB de Piraúba traz também recomendações para que todo o sistema em questão seja executado de maneira eficiente, atendendo o que está disposto em Leis e Normas.

Na questão dos resíduos recicláveis será apresentado neste trabalho propostas de melhorias para alcançar o maior número de pessoas atendidas

possíveis. Pois, de acordo com informações presentes no Diagnóstico Técnico, não há coleta seletiva em Piraúba, sendo necessário então, que se implemente e intensifique os meios de divulgação da coleta seletiva para a população, convidando-as para participar do programa. Além, de se reavaliar também quantidade e os locais onde serão instalados os LEV's – Locais de Entrega Voluntária.

Contudo, com o intuito de apresentar um cenário de referência buscando a universalização dos serviços para os Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos no Município de Piraúba, serão apresentadas várias diretrizes, embasadas na Lei nº 12.305/2010 – PNRS, que auxiliará a Gestão Municipal a tomar as melhores decisões que beneficiará toda a população.

4.3.1.2. 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 nº 13.463/95 – Coleta de Resíduos Sólidos e, a ABNT NBR nº 12.980/93 – Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos. Esta última, define coleta de resíduos sólidos da seguinte forma:

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

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

- Caracterização e localização de pontos importantes a serem coletados no município;
- Elaboração de mapas de roteiros de coleta;
- Dimensionamento e estimativa da frota coletora necessária;
- Dimensionamento da mão de obra;

- Critérios para o volume e o tipo de resíduos a serem coletados;
- Estimativas de quantidades a serem coletadas por setores.

Sendo assim, o Município de Piraúba atualmente atende 100% da população urbana com a coleta convencional de resíduos sólidos domiciliares, sendo a Prefeitura a responsável pelo manejo dos resíduos do município. A coleta convencional dos resíduos sólidos ocorre em toda a área urbana, abrangendo os estabelecimentos residenciais, públicos e o comércio em geral.

Em relação à área rural do município pode-se criar áreas de transbordo ao longo de áreas estratégicas para que esta população rural não atendida deposite o seu resíduo uma vez por semana ou quinzenalmente. Facilitando desta forma, o recolhimento destes resíduos pela coleta pública.

Para a realização destes serviços são utilizados os recursos próprios da Prefeitura, porém, o sistema é deficitário, como já demonstrado no Diagnóstico Técnico. Dos pontos citados nos parágrafos anteriores, destaca-se a importância da otimização do itinerário da coleta realizada pela Prefeitura, pois, este, auxilia na redução dos custos, evitando trafegar em locais onde a geração é mínima, realizando nestas áreas coleta em intervalos de tempo maiores.

As rotas têm de ser planejadas de modo que as guarnições comecem o trabalho no ponto mais longe do local de destino final do resíduo e, com a progressão do trabalho se movam na direção da destinação final, diminuindo as distâncias e o tempo de percurso. Através da elaboração ou dos itinerários deve-se orientar os condutores dos veículos coletores a seguirem exatamente conforme o planejado. Respeitando os horários e as vias a serem percorridas e o local de destinação final.

Sendo assim, seguindo as diretrizes contidas em Normas e Legislações específicas, primeiramente, a coleta convencional de resíduos domiciliares deve ser efetuada sempre nos mesmos dias e horários e deverá ter uma abrangência de 100% da área urbana, inclusive nos distritos e área rural quando houver.

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



Dentro da área urbana a coleta deve contemplar todos os imóveis, sendo estes, os imóveis residenciais, comerciais, industriais, públicos e de saúde. Porém, nos imóveis industriais e de saúde atentar-se para a quantidade e o tipo de resíduo a ser recolhido.

Ressalta-se, que o Poder Público poderá estipular valores a serem coletados pelos imóveis, podendo ser os imóveis comerciais, residenciais e industriais. Em relação ao acondicionamento dos resíduos sólidos, de acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, 2001, recomenda-se, que os recipientes para o acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares possuam peso máximo de trinta quilos, e que os sacos plásticos sejam de no máximo cem litros.

Pois, sacos plásticos acima de cem litros, de acordo ainda com o IBAM 2001, podem não ser seguros, obrigando os coletadores a abraçá-los para carrega-los até o caminhão de coleta. Ocasionalmente assim em maior periculosidade para o colaborador devido a possibilidade de haver vidros dentro dos sacos plásticos.

A ocorrência de pontos de acumulação de resíduo domiciliar nos logradouros e um número elevado de reclamações podem ser um dos fatores que apontam a irregularidade da coleta. Como relatado no Diagnóstico Técnico, a população de Piraúba atendida pela coleta convencional não possui muitas reclamações sobre este serviço realizado pelo Poder Público.

Para a área comercial do município deve-se utilizar o mesmo procedimento para os bairros residenciais. Porém, a frequência da coleta deverá ser diária, pois, o acúmulo de resíduos nesta região comumente é mais elevado. A Prefeitura deverá também se atentar para o tipo de resíduo a ser recolhido na área central, coletando apenas os resíduos que estão ensacados e que possuem as dimensões compatíveis com o caminhão compactador.

Nos bairros estritamente residenciais, a coleta deve preferencialmente ser realizada durante o dia. Deve-se, entretanto, evitar fazer coleta em horários de grande movimento de veículos nas vias principais. A coleta noturna deve ser cercada de cuidados em relação ao controle dos ruídos. As guarnições devem ser instruídas para não altear as vozes.

O comando de anda/para do veículo, por parte do líder da guarnição deve ser efetuado através de interruptor luminoso, acionado na traseira do veículo, e o silenciador deve estar em perfeito estado. O motor não deve ser levado a alta rotação para apressar o ciclo de compactação, devendo existir um dispositivo automático de aceleração sempre operante.

O Município de Piraúba deverá também dispor de planos de emergência relativos à manutenção ou danificação de veículos coletores, dispondo de outros veículos para atender a demanda.

Este é um item muito importante sobre o procedimento da coleta convencional de resíduos sólidos, pois, para que o plano de emergência não necessite ser acionado, é importante o respeito a capacidade máxima de carga dos veículos coletores e o seu estado de conservação. E, caso haja qualquer tipo de dano ao veículo coletor, deve-se comunicar aos responsáveis alertando-os sobre o não atendimento aos requisitos de segurança.

Sendo assim, o respeito a capacidade máxima de carga é necessário para que o excesso de resíduos sólidos não seja lançado nas vias públicas, evitando desta forma, acidentes e acúmulo de resíduos sólidos em locais inapropriados. Em locais onde a trafegabilidade é precária, impedindo que o caminhão coletor alcance determinados imóveis, os colaboradores da coleta deverão realizar o procedimento manualmente, porém, não se deslocando mais que cinquenta metros do caminhão coletor.

A coleta também deverá ocorrer quando os locais de acondicionamentos de resíduos sólidos estiverem virados ou, quando o resíduo estiver solto na via pública em decorrência do rompimento dos sacos plásticos. Caso algum imóvel esteja gerando resíduos além do que foi estipulado pela Prefeitura, a responsabilidade em comunicar os gestores do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos Urbano é do condutor do veículo coletor.

Sobre alguns procedimentos da coleta convencional de resíduos sólidos, ressalta-se, que o município os recebe periodicamente, para faturação e controle para a sua gestão, a pesagem dos caminhões coletores que transportam e descarregam os resíduos coletados no aterro sanitário particular.

O Plano de Gestão dos Resíduos Sólidos – Manual de Orientação (MMA, 2012), propõe ainda dois procedimentos que podem ser incluídos na coleta convencional de resíduos sólidos, sendo:

- Buscar a redução significativa de resíduos orgânicos da coleta convencional, para aumentar a vida útil do aterro sanitário e, promover ações voltadas para a compostagem;
- Implantar sistema de containerização inicialmente em condôminos e similares.

4.3.1.3. Guarnições de Coleta

Aqui serão tratadas as questões de segurança, saúde, higiene, rotina e procedimentos de trabalho dos colaboradores do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de Piraúba, mais precisamente da equipe de coleta convencional de resíduos sólidos.

Nos quesitos de segurança, saúde e higiene destes colaboradores as determinações são definidas pela Norma Regulamentadora – NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho e, pela Portaria SIT nº 588/17 – Norma Regulamentadora Referente às Atividades de Limpeza Urbana.

Tanto a NR 24 quanto a Portaria SIT nº 588/17, estabelecem as condições indispensáveis à segurança, à saúde, à higiene e ao conforto dos trabalhadores nas atividades relacionadas à limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, independentemente de sua forma de contratação. A Portaria SIT nº 588/17, considera em seu item 1.2 e 1.3 limpeza urbana como:

“atividades que envolvem a coleta de resíduos sólidos, varrição, transbordo, manutenção de áreas verdes, tratamento de resíduos, ponto de recolhimento de resíduos (ecoponto), triagem de recicláveis e destinação final, a partir da sua produção e disposição para recolhimento ao ponto de destino”

Ressalta-se que algumas atividades relacionadas ao sistema de limpeza urbana podem ser consideradas como insalubres pelo Ministério do Trabalho e Emprego, tendo insalubridade de grau máximo o trabalho ou operações em contato permanente com o resíduo urbano, hospitalar e industrial.

A NR 24 e a Portaria SIT nº 588/17, cita que o empregador que realiza serviços externos deve disponibilizar um sistema de ponto de apoio, em locais estratégicos para que o trabalhador possa higienizar as mãos, se hidratar, fazer as suas necessidades fisiológicas e se alimentar.



A respectiva Norma e Portaria determinam também que podem ser utilizadas instalações móveis desde que, não seja possível instalar pontos de apoio fixo. Porém, nestes casos, os mesmos devem possuir as mesmas características físicas que um ponto de apoio fixo oferece, como: área de ventilação e conforto térmico, lavatório com água corrente, sabonete líquido, toalha descartável e sistema de descarga ou similar que garanta o isolamento da caixa de detritos.

Além disso, deve-se manter nos postos de trabalho água potável e fresca e fornecida em recipientes portáteis hermeticamente fechados, armazenados em locais higienizados, sendo proibido o uso de copos coletivos. No caso dos veículos de coleta de resíduos deve haver um recipiente para o armazenamento de água potável e fresca em quantidade suficiente para uma jornada completa da equipe de trabalho. Assim como, deve haver água, sabão e material para enxugo com a finalidade de higienização das mãos do trabalhador.

Em se tratando especificamente da equipe de coleta convencional de resíduos sólidos, geralmente, esta equipe é composta por um motorista e dois ou três coletores, porém, dada as idiossincrasias de cada município, podem ocorrer alterações nas guarnições nos turnos e na periodicidade das coletas e na dinamização das equipes.

Como exemplo de especificidades, existem municípios que adotam a metodologia do “gari bandeira”, encarregado de sair do caminhão coletor antes do restante da equipe para remover os resíduos alocados em ruas e locais de difícil acesso e concentrá-los nas vias principais, agilizando e deixando o recolhimento dos resíduos mais eficiente.

Em se tratando de capacitação a NR 24 estabelece que os trabalhadores envolvidos na operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem receber capacitação adequada, sendo providenciada pelo empregador. Esta capacitação deve abordar os riscos em que o colaborador está exposto e as medidas de proteção existentes e necessárias para tal função.

Outra questão importante refere-se aos treinamentos exclusivos para os colaboradores que trabalham no sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Estes colaboradores devem ser orientados para que colem os resíduos sólidos de maneira segura e eficiente, para que não sofram ferimentos ou acidentes, principalmente com vidros, lâminas, agulhas, produtos químicos e que os sacos plásticos não sejam rasgados ou rompidos durante a execução da coleta. E apenas os resíduos apresentados dentro das especificações exigidas para a coleta convencional sejam recolhidos.

Desta forma, a tabela abaixo mostra alguns treinamentos essenciais para que no decorrer de sua jornada o colaborador possa executá-la de forma segura, prática e que o ambiente de trabalho tenha um clima organizacional agradável.

Tabela 64 - Treinamentos para os colaboradores do serviço de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.

TEMA	JUSTIFICATIVA
Informações sobre as condições do ambiente de trabalho	Este tema produz informações sobre o local onde o colaborador irá atuar, sendo que, basicamente, este colaborador atua em locais abertos, como: ruas, avenidas, praças, parques e margens de rios e córregos.
Riscos inerentes à função	Diferentemente sobre as condições do ambiente de trabalho, este tema aborda os riscos existentes nos resíduos a serem coletados, pois, se o resíduo for acondicionado de maneira errada ou indevida, pode haver ferimentos através de objetos pontiagudos, perfurocortantes ou produtos químicos, ou risco de contaminação através de resíduos hospitalares. Sendo assim, neste tipo de treinamento é essencial que o colaborador aprenda a identificar as sinalizações destinadas a resíduos perigosos (industriais e hospitalares) e que o manejo do resíduo tenha o mínimo de contato possível.
Equipamento de Proteção Individual - EPI	O Equipamento de Proteção Individual – EPI, é item obrigatório para que o profissional, neste caso, esteja seguro diante de riscos químicos, físicos, ergonômicos e biológicos que envolvem os resíduos. O tema em questão trata da obrigatoriedade em proteger o colaborador durante a jornada de trabalho, utilizando luvas adequadas para a função, botas, calças e camisas longas, óculos de proteção, máscaras contra maus odores, capa de chuva, colete refletor para a coleta noturna, bonés e protetor solar.
Ergonomia	A má postura, o esforço repetitivo e o levantamento de peso são as principais causas de afastamento do trabalho. O colaborador deve realizar treinamento que seja apresentado a ele procedimentos que



	ao executar tarefas de varrição, manuseio de equipamentos, recolha de resíduos, transporte e entre outros, não haja risco de lesão em função da atividade que está exercendo.
Educação Ambiental	Como o serviço de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos é parte inerente dos problemas ambientais, é importante que o colaborador deste serviço conheça o valor de sua profissão. Pois, com a ausência dele, somado a má educação das pessoas, os ambientes urbanos apresentariam condições subumanas de vivência.
Plano de Emergência	A Portaria SIT nº588/2017 – Norma Regulamentadora Referente às Atividades de Limpeza Urbana, em seu item 2.4, determina a elaboração de um Plano de Emergência para a respectiva atividade. Neste treinamento o colaborador deve conhecer os possíveis cenários de emergência relacionados a sua função e os procedimentos de resposta a emergência ocorrida.
O que é o Resíduo?	Tema muito importante a ser apresentado aos colaboradores, pois, é este o motivo da consolidação da profissão em questão. Este tema mostra também os problemas em não se coletar e destinar
Coleta Seletiva	Desvela o significado da coleta seletiva além da mera comercialização dos materiais segregados, mostrando sua importância no aumento da vida útil dos aterros e na diminuição da
Bebida alcoólica e consumo de drogas	Deve-se orientar os colaboradores a não ingerir bebidas alcoólicas e drogas durante a execução do trabalho, devido aos riscos em que a pessoa se encontra na atividade de coleta convencional de resíduos. Deve-se também orientar sobre as punições legais, caso
Pedidos de donativos ou gratificações	O colaborador não deve realizar qualquer pedido de donativos ou gratificações durante a jornada de trabalho. Neste tema é abordado questões salariais e benefícios da função, mostrando ao colaborador

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Portaria SIT nº 588/2017, determina ainda que os treinamentos devem ser periódicos, realizados a cada seis meses e com a carga horária mínima de quatro horas. Caso o trabalhador mude de função, ou que seja adicionado em suas atividades novas tecnologias, o mesmo deverá também passar por treinamento compatível com as novas exigências de seu trabalho.

A utilização dos EPI – Equipamento de Proteção Individual, deve ser amplamente incentivada, divulgada e fiscalizada. A fiscalização deve ocorrer de ambas as partes, pela Prefeitura de Piraúba e pelos próprios trabalhadores.

A fiscalização por parte da Prefeitura deve ser em relação ao uso correto do EPI adequado pelo trabalhador, não autorizando a realização de seu trabalho sem a utilização do mesmo. Do outro lado o trabalhador deve exigir da Prefeitura EPI em bom estado de conservação, não aceitando botas, luvas, óculos de proteção ou outro componente do EPI que esteja fora dos padrões de uso. A tabela abaixo mostra quais são os EPIs necessários para o uso dos colaboradores do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e de saúde determinados pela ABNT NBR n° 12.980/1993.

Tabela 65 - Equipamento de segurança mínimo.

Traje adequado para o coletor de lixo formado de:
a) luva de raspa de couro;
b) calçado com solado antiderrapante, tipo tênis;
c) colete refletor para coleta noturna;
d) camisa de brim ou camiseta, nas cores amarela, laranja ou vermelha;
e) calça comprida de brim;
f) boné de brim, tipo jôquei;
g) capade chuva, tipo morcego.
Traje adequado para o para coletor de resíduos de serviços de saúde e resíduos com riscos para saúde formado de:
a) luva de borracha grossa branca, de punho médio;
b) bota de borracha de meio cano branca, antiderrapante;
c) camisa e calça de brim, na cor branca;
d) boné de brim na cor branca, tipo jôquei.
Traje adequado para o motorista formado de:
a) calçado com solado de borracha, antiderrapante;
b) blusa de brim;
c) calça comprida de brim.

Fonte: ABNT NBR n° 12.980/93. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No caso das vacinas, a Sociedade Brasileira de Imunizações (SBIM, 2013), recomenda que os colaboradores da coleta convencional de resíduos

sólidos sejam imunizados a tríplice viral (caxumba, sarampo e rubéola), hepatites A e B, tuberculose, tétano, difteria, tríplice bacteriana acelular do tipo adulto (dTpa), influenza (gripe), febre amarela, raiva e febre tifoide.

A Prefeitura é a responsável pelo controle das vacinas destes colaboradores, exigindo de cada um deles a comprovação destas imunizações e, promover a vacinação daqueles que não foram imunizados pelas doenças citadas no parágrafo anterior. Todos os critérios apontados nos parágrafos anteriores auxiliam em uma melhor performance dos trabalhadores do serviço de sistema de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos.

4.3.1.4. Regularidade, Frequência e Setorização da Coleta

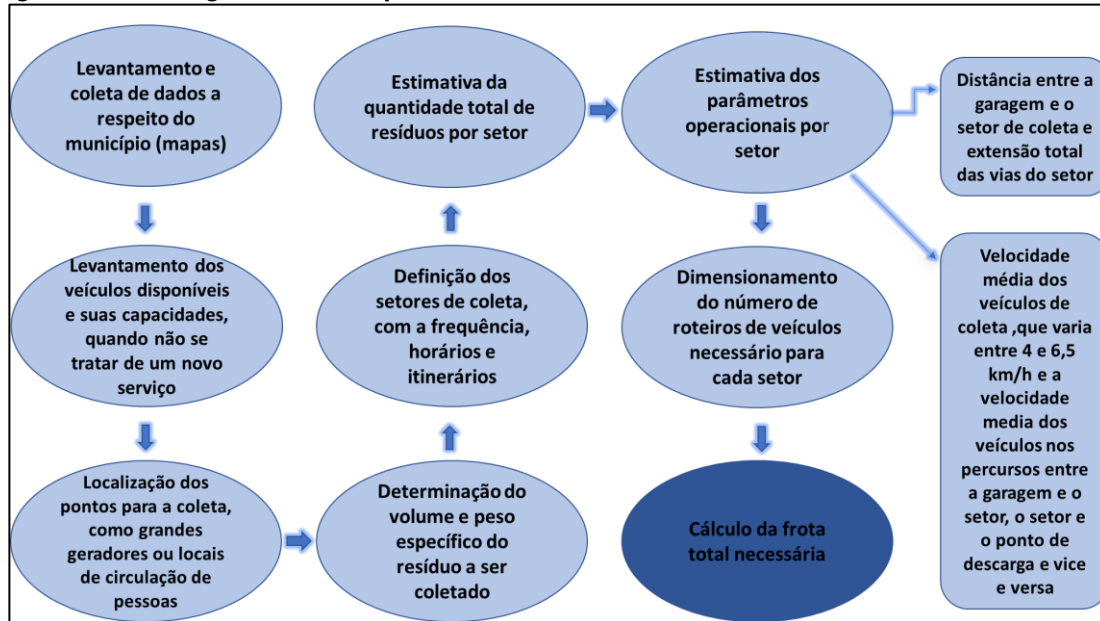
A coleta dos resíduos sólidos domiciliares, comerciais e de prestadores de serviços deve ocorrer em cada imóvel, sempre nos mesmos dias e horários estipulados, garantindo a eficiência do sistema como já dito em capítulos anteriores.

Desta forma, por se localizarem em regiões tropicais os municípios brasileiros não devem acondicionar os resíduos por longos períodos de tempo. Como as regiões tropicais são caracterizadas por estações quentes e chuvosas estima-se, que todo o processo de coleta e destinação final dos resíduos sólidos não deve ultrapassar a marca de cinco dias. Isto ocorre, pois, conforme a temperatura aumenta, o processo de decomposição é acelerado, ocasionando a proliferação de vetores e maus odores.

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

Outras situações a serem consideradas são o aumento populacional do município, mudanças das características dos bairros, estações do ano e o recolhimento irregular em locais não determinados pela Prefeitura. A figura abaixo mostra o fluxograma das etapas básicas necessárias para o dimensionamento e a programação dos serviços de coleta regular de resíduos domiciliares.

Figura 91 - Fluxograma das etapas mínimas do dimensionamento da coleta convencional.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A frequência de coleta recomendada para a área urbana é de duas a três vezes na semana, podendo ser maior a frequência nas áreas de maior geração, como áreas predominantemente comerciais, e uma vez por semana na área rural, incluindo os distritos e assentamentos.

A coleta em núcleos distantes da área rural deverá ser feita preferencialmente por meio de áreas de transbordo. Caso seja constatada inviabilidade financeira da coleta com frequência semanal na área rural, está poderá ser quinzenal, desde que sejam adotados os procedimentos corretos para o armazenamento dos resíduos por um maior período de tempo.

Recomenda-se que a coleta no centro do município e nas demais áreas comerciais seja realizada logo pela manhã ou no período noturno, para evitar transtornos principalmente relacionados com o tráfego. Nos bairros residenciais a coleta deve ser realizada preferencialmente durante o dia. A coleta diurna gera menores custos com encargos sociais e trabalhistas, permite maior fiscalização do serviço e teoricamente possibilita maior segurança à equipe de coleta. Entretanto, optando-se pela coleta noturna, a tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens deste horário.

Tabela 66 - Vantagens e desvantagens da coleta convencional noturna de resíduos sólidos.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Causa menores interferência em áreas de circulação mais intensa de veículos e pedestres.	Pode causar incômodos a população pelos ruídos produzidos na compactação dos resíduos pelo veículo coletor compactador ou pelo manuseio de recipientes metálicos.
Permite maior produtividade dos veículos e da coleta pela maior velocidade média em decorrência da menor interferência do tráfego em geral.	Aumenta o risco de acidentes com os veículos e com a equipe nos trajetos em ruas não pavimentadas ou mal iluminadas.
Permite a diminuição da frota de veículos coletores em função do melhor aproveitamento dos veículos disponíveis, proporcionada pelos dois turnos.	Aumenta os custos através de encargos sociais e trabalhistas adicionais incidentes na folha de pessoal.
	Aumenta o desgaste dos veículos usados também em outros turnos e, diminui a disponibilidade dos veículos para a manutenção.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para que a coleta convencional de resíduos sólidos seja otimizada é necessária uma avaliação constante do roteiro estabelecido, para que desta maneira, locais onde a geração de resíduos sólidos é mínima, o itinerário possa ser alterado, como já comentado em parágrafos anteriores, economizando com os custos de combustíveis e tempo de coleta.

A tabela abaixo mostra os locais, as frequências e os períodos para a realização da coleta convencional de resíduos sólidos, indicados para o Município de Piraúba, a título de sugestão.

Tabela 67 - Recomendações para a coleta convencional de resíduos sólidos.

LOCAL	FREQUÊNCIA	PERÍODO
Áreas residenciais	Três vezes na semana	Diurno
Área rural	Mínimo Quinzenal	Diurno

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O monitoramento de todo o sistema pode ser realizado através de softwares de gestão, que auxiliam todo o manejo dos resíduos sólidos através de modelos matemáticos que interpretam toda a dinâmica existente dentro do procedimento.

4.3.1.5. Acondicionamento e Apresentação para a Coleta

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

O acondicionamento adequado também auxilia na diminuição da poluição visual e nos maus odores resultantes da disposição inadequada de resíduos sólidos nas vias públicas. Ressalta-se que o processo de acondicionamento dos resíduos sólidos é de responsabilidade do gerador e, a coleta é de responsabilidade do Poder Público, e este deverá fiscalizar como os resíduos sólidos estão acondicionados, se estão ou não, de forma regular.

Cabe ao Poder Público também promover campanhas de educação ambiental junto aos munícipes, orientando-os ao correto acondicionamento dos resíduos sólidos. Sendo assim, abaixo seguem algumas recomendações para o acondicionamento temporário dos RDO:

- A escolha do recipiente deverá considerar as características dos resíduos;
- O recipiente deverá ter uma altura de aproximadamente 1,50 m, do nível do solo, evitando que o coletador se incline com frequência;
- O recipiente deverá ser de metal com cantos arredondados;
- O recipiente deverá conter orifícios em sua extremidade inferior, evitando assim, o acúmulo de água da chuva;
- Em caso de bombonas ou contêineres estas deverão ser de plásticos, com alças laterais e tampas;
- Os recipientes deverão ter no máximo a capacidade de cem litros, a fim de evitar o acúmulo de resíduos em seu interior.

A figura abaixo mostra exemplos de recipientes para o acondicionamento temporário de resíduos sólidos domiciliares e comerciais, encontrados em frente aos imóveis de alguns municípios brasileiros.

Figura 92 - Recipientes para o acondicionamento temporário de resíduos sólidos domiciliares e comerciais.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Nos locais onde há grande geração de resíduos sólidos domiciliares como, centros comerciais, condomínios, shoppings centers e hipermercados, poderão ser adotados contêineres com capacidades maiores que cem litros. Porém, para este tipo de coleta, é necessário que haja caminhões coletores específicos, como os caminhões coletores do tipo basculantes.

Para a área central ou comercial do município orienta-se que a distância mínima entre um contêiner e outro não ultrapasse duzentos e cinquenta metros, para que assim, seja facilitado o acondicionamento do resíduo sólido pelo gerador. No entanto, o Poder Público pode estipular outras distâncias que se achar necessário para o dimensionamento entre um contêiner e outro, devendo também higienizar estes recipientes com frequência.

Para os sacos plásticos utilizados no acondicionamento, a ABNT NBR n° 9190/94 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo – Classificação e a ABNT NBR n° 9191/02 – Sacos Plásticos para o Acondicionamento de Lixo - Requisitos e Métodos de Ensaio, devem ser observadas quando da escolha dos mesmos.

A ABNT NBR n° 9190/94, especifica sobre a resistência, o volume e a cor dos sacos plásticos para o acondicionamento de resíduos sólidos. Além disso,

traz outras características essenciais para a adequação dos mesmos em relação aos resíduos gerados nas residências.

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

4.3.1.6. Veículos para a Coleta Convencional de Resíduos Sólidos Domiciliares

Três tipos de veículos coletores de resíduos sólidos municipais são recomendados pela ABNT NBR nº 13.463/95, sendo:

- Veículo basculante tipo *standard*;
- Veículo coletor compactador;
- Veículo coletor convencional.

A mesma norma preconiza que os principais critérios a serem avaliados para o dimensionamento da frota na coleta dos resíduos sólidos são:

- Capacidade da coleta;
- Concentração de resíduos;
- Velocidade da coleta;
- Frequência da coleta e o período de coleta;
- Distância de transporte da coleta (tempo ocioso e efetivo);
- Tempo de transporte e tempo de viagem;
- Tempo de descarga;
- Quantidade de resíduo a coletar por dia.

A Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, sugere diferentes metodologias para o dimensionamento da frota de acordo com o porte do município. Para municípios de pequeno e médio porte o cálculo da frota regular pode ser feito por meio da equação representada na figura abaixo.

Figura 93 - Equação para o dimensionamento da frota em cidades de pequeno e médio porte.

$$Nf = \frac{Lc}{Cv \times Nv} \times Fr$$

Fonte: Fundação Nacional de Saúde - Funasa, 2007. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em que:

Nf = quantidade de veículos;

Lc = quantidade de resíduos a ser coletado em m³ ou L;

Cv = capacidade do veículo em m³ ou ton (considerar 80% da capacidade);

Nv = número de viagens por dia (máximo de três viagens);

Fr = Fator frequência = $\frac{\text{número de dias de produção de resíduos na semana}}{\text{número de dias efetivamente coletados}}$

Já para o dimensionamento da frota em municípios de grande porte, o cálculo pode ser feito por meio da equação representada na figura abaixo.

Figura 94 - Equação para dimensionamento da frota em cidades de grande porte.

$$Ns = \frac{1}{J} \left\{ \left(\frac{L}{Vc} \right) + 2 \left(\frac{Dg}{Vt} \right) + 2 \left[\left(\frac{Dd}{Vt} \right) \left(\frac{Q}{C} \right) \right] \right\}$$

Fonte: Fundação Nacional de Saúde - Funasa, 2007. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em que:

Ns = quantidade de veículos por setor;

J = duração útil da jornada de trabalho da equipe em horas, desde a saída da garagem até o seu retorno, excluindo intervalo para refeições e outros tempos improdutivos;

L = extensão total das vias (ruas e avenidas) do setor de coleta, em km;

Vc = velocidade média de coleta, em km/h;

Dg = distância entre a garagem e o setor de coleta, em km;

Dd = distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga, em km;



V_t = velocidade média do veículo nos percursos de posicionamento e de transferência, em km/h;

Q = quantidade total de resíduos a ser coletada no setor, em ton ou m^3 ;

C = capacidade dos veículos de coleta, em ton ou m^3 .

Em geral, adota-se um valor que corresponde de 70 a 80% da capacidade nominal, considerando-se a variabilidade da quantidade de resíduo coletada a cada dia. É recomendado a elaboração de uma tabela por turno de trabalho em que seja indicado, para cada setor, a demanda de veículos para cada dia da semana.

A partir disto, obtém-se a frota total para cada dia. A maior frota calculada durante os sete dias da semana corresponde à frota necessária para aquele turno. Dentre as frotas identificadas para todos os turnos a maior representa a frota mínima necessária para o serviço de coleta do município. É usual acrescentar um adicional de segurança para manutenção e emergências.

Deve-se considerar que a frota total não corresponde à soma dos veículos necessários para todos os setores, pois, a coleta não ocorre em todos os setores nos mesmos dias e horários. A frota total efetivamente necessária corresponderá ao maior número de veículos que precisam operar concomitantemente num mesmo dia e horário.

Os equipamentos de segurança recomendados para os veículos de coleta de resíduos domiciliares, segundo a ABNT NBR n° 12.980/93, são os elencados abaixo.

- Jogo de cones para sinalização, bandeirolas e pisca-pisca acionado pela bateria do caminhão;
- Duas lanternas traseiras suplementares;
- Estribo traseiro de chapa xadrez, antiderrapante;
- Dispositivo traseiro para os coletores de resíduos sólidos se segurarem;
- Extintor de incêndio extra com capacidade de 10 kg;

- Botão que desligue o acionamento do equipamento de carga e descarga ao lado da tremonha de recebimento dos resíduos, em local de fácil acesso, nos dois lados;
- Buzina intermitente acionada quando engatada a marcha ré do veículo coletor;
- Lanterna pisca-pisca giratória para a coleta noturna em vias de grande circulação.

4.3.1.7. Coleta Seletiva

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Figura 95 - 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. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

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 públicas, prédios públicos, praças, centros esportivos, escolas e em outros locais onde se achar necessário. A figura abaixo exemplifica os recipientes abordados acima.

Figura 96 - Recipientes para a coleta seletiva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Estes coletores deverão estar bem identificados e a Prefeitura 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.

O Município de Piraúba 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 68 - Formas de segregação de resíduos sólidos.

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

Fonte: Imagens de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sendo assim, todos os parágrafos acima ilustram o sistema da coleta seletiva no Brasil. Percebe-se que dentro das Normas e Legislações específicas há procedimentos inclusive para a classificação de cores e maneiras de alocar os recipientes específicos para a coleta seletiva.

Apresentou-se também neste capítulo que o sistema da coleta seletiva se consolidou no Brasil, pelo menos no campo da organização e da metodologia, o que poderá nortear a implementação do sistema de coleta seletiva no município.

O que realmente falta para que uma quantidade maior de resíduos recicláveis seja aproveitada e que os municípios saltem do campo metodológico

e se conduzam para o campo da prática, de uma coleta forte e estruturada até a comercialização dos produtos e gerando renda é a sensibilização das pessoas através da Educação Ambiental.

Em Piraúba, a coleta seletiva pode dar saltos maiores através do melhoramento de campanhas junto a sua população, pois o município dispõe de estrutura para o sistema de coleta seletiva e o que deve ser melhorado é a forma de conscientizar a sua população, além, de aumentar a área de coleta seletiva englobando toda a área urbana, incluindo a área rural através da instalação de áreas de transbordo alocando-os em pontos estratégicos.

4.3.1.8. Formas de Execução da Coleta Seletiva

Abaixo seguem relacionados os modelos mais comuns de execução da coleta seletiva implantados pelos municípios brasileiros.

- Locais de entrega voluntária: os LEVs são locais de responsabilidade pública ou privada, geralmente implantados em grandes centros comerciais, como shoppings centers, hipermercados, postos de combustível e prédios públicos. Nesta modalidade, o gerador separa os seus resíduos na fonte, comumente em suas residências e os deposita em um dos locais citados acima. Em LEVs 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;
- Coleta seletiva porta-a-porta: esta modalidade geralmente é executada pelo Poder Público, através de caminhões e cronograma específicos, em que o gerador também realiza primeiramente a separação antes de enviar ao caminhão coletor;
- Associações ou Cooperativas de Catadores: este tipo de coleta realizada por organizações legalmente constituídas, abrange as duas modalidades citadas acima, ou seja, as Associações ou

Cooperativas de Catadores adquirem seus materiais recicláveis através de recolhimentos porta-a-porta, ou através de parcerias com os responsáveis dos LEVs;

- Postos de trocas: os postos de trocas permitem que o gerador de resíduos residenciais e comerciais, troquem seus materiais recicláveis em bom estado de conservação por algum tipo de produto, tais como descontos, vales-transporte, vales-refeição ou até mesmo ser remunerado pelo material reciclável entregue. Ressalta-se que esta modalidade é nova no país e ainda pouco difundida;

A tabela abaixo mostra as vantagens e desvantagens de cada modelo de execução de coleta seletiva.

Tabela 69 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de execução da coleta seletiva.

MODALIDADE	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
COLETA SELETIVA PORTA A PORTA	1) Dispensa o deslocamento das pessoas até um local de entrega voluntária, aumentando a adesão ao programa; 2) Facilita a mensuração, identificando os imóveis participantes; 3) Otimiza a descarga nos Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS.	1) Custo elevado de operação, com o aumento da frota necessária para a coleta e de recursos humanos.

PONTOS OU LOCAIS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA	1) Menor custo para a coleta; 2) Induz a população a compreender as diferentes cores dos recipientes – Educação Ambiental; 3) Os materiais são encaminhados ao Centro de Triagem já separados; 4) Permite a publicidade ou o patrocínio privado; 5) Boa qualidade dos resíduos recebidos; 6) Aumento da cidadania com a fidelização das pessoas.	1) É necessário que a população se desloque até os pontos, podendo ocasionar desestímulos ao programa; 2) Manutenção periódica dos recipientes, como limpezas e reformas, já que os mesmos se encontram expostos as intempéries e ao vandalismo; 3) Capacidade limitada de armazenamento; 4) Constante visitas de catadores informais; 5) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.
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) Altos índices de colaboradores alcoolizados; 5) Presença de exploração da mão de obra infantil; 6) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.
POSTOS DE TROCAS	1) Maior adesão da população, pois, permite que pessoas de baixa renda tenham uma receita extra;	1) Preferência a materiais de maior valor de mercado; 2) Impedimento da mensuração, não havendo o controle de quais domicílios aderiram ao programa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Alguns procedimentos e recomendações são necessários para a instalação de LEVs, 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 praças, centros comerciais, escolas e prédios públicos;
- 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.

A figura abaixo mostra um LEVs ou local de entrega voluntária de resíduos recicláveis.

Figura 97 - Exemplo de local de entrega voluntária de resíduos recicláveis - LEVs.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Complementarmente à coleta seletiva porta a porta, é recomendável que seja instalado no mínimo um LEV ou PEV para cada 5.000 habitantes, já o posto de troca, que conta com estrutura de atendimento, pode abranger um raio populacional de até 20.000 habitantes.

Os pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis deverão ser implantados primeiramente na região central da cidade e depois expandidos para o restante do município. Aliado a isto, em Piraúba, poderão ser desenvolvidos outros métodos de recolhimento dos materiais recicláveis que melhor se adéquem as condições e características locais, além dos que já são desenvolvidos na cidade.

4.3.1.9. Veículos utilizados para a Coleta Seletiva

A escolha do veículo coletor deverá considerar as características dos resíduos e a funcionalidade e otimização do sistema, considerando, principalmente, as idiosincrasias dos logradouros dos diferentes setores de coleta. Desta forma, a figura abaixo mostra o tipo de caminhão que pode ser utilizado para a coleta seletiva de Piraúba .

Figura 98 – Exemplo de caminhão que pode ser utilizado para a coleta seletiva em Piraúba .



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.3.1.10. **Guarnição da Coleta de Reciclável**

Como na coleta são utilizados veículos sem dispositivo de compactação, recomenda-se que a equipe de trabalho seja composta por dois ou três trabalhadores, além do motorista. Um permanece sobre a carroceria, ajustando a carga para melhor aproveitamento da capacidade do veículo, enquanto os demais executam a coleta propriamente dita.

Naturalmente, o número de coletores deve variar de acordo com as necessidades locais, aumentando ou diminuindo em função do relevo, das distâncias percorridas ou da quantidade de materiais recolhidos. Os uniformes e os equipamentos de proteção individual podem ser os mesmos usados pelas equipes da coleta regular, salientando-se a importância do uso de luvas de raspa de couro para a proteção das mãos e braços de ferimentos causados por vidro quebrado ou outros materiais cortantes ou perfurantes.

Quando possível, sugere-se que seja estampada a marca ou o símbolo da coleta seletiva do município no uniforme para chamar a atenção da população positivamente para o processo implantado pela municipalidade.

4.3.1.10.1. **Triagem dos Resíduos Recicláveis**

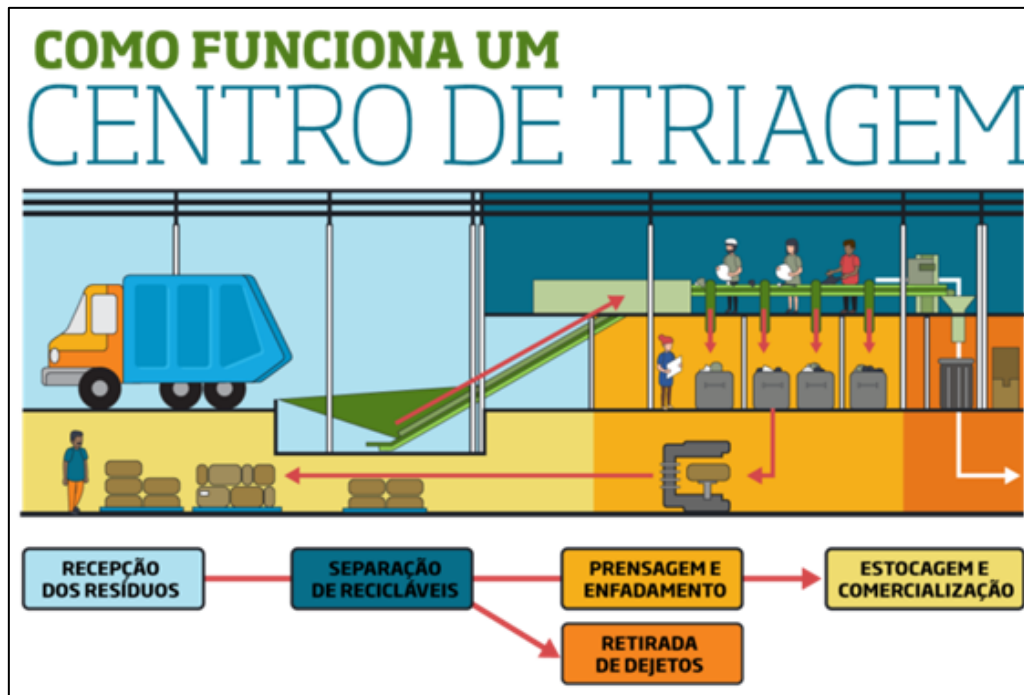
Os Centros de Triagens de Resíduos Sólidos – CTRS, ou, simplesmente Unidades de Triagem, são estabelecimentos devidamente licenciados para onde todos os resíduos da coleta seletiva são encaminhados para segregação e beneficiamento.

Nestes CTRS os resíduos recicláveis recebem tratamento especial, são separados por cada tipologia de resíduo, prensados ou triturados, estocados e posteriormente comercializados, seguindo as diretrizes básicas de manejo de resíduos recicláveis. Os resíduos não recicláveis, sendo estes os rejeitos, serão encaminhados para o aterro sanitário e os resíduos orgânicos serão encaminhados para a compostagem, quando esta modalidade de tratamento estiver operante.

Sendo assim, a disposição incorreta de resíduos recicláveis é explicada pela falta de conhecimento da população sobre a importância das suas ações no sistema de coleta seletiva, onde o habitante munido de poucas informações

encaminha para a coleta seletiva, resíduos não recicláveis ou orgânicos, julgando que os mesmos são resíduos recicláveis.

Figura 99 - Funcionamento do CTR.



Fonte: Serviço de Limpeza Pública, SLU. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Sobre a gestão dos CTRS, estes poderão ser de empresas privadas ou públicas, onde em caso de os mesmos pertencerem a empresas públicas, a administração poderá ser através de Associações ou Cooperativas de Catadores.

Entretanto, de acordo com a Lei Estadual nº 18.031/2009, que dispõe sobre a obrigatoriedade de coleta, transporte, tratamento e destinação dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos provenientes dos Grandes Geradores, a gestão do Centro de Triagem de Resíduos Sólidos – CTRs é de prioridade dos Catadores ou das Associações de materiais recicláveis. Ressalta-se, que o Artigo 39 do Decreto nº 10.936/2022, possibilita a dispensa de licitação em caso de contratação de Associações ou Cooperativas de Catadores para a gestão de CTRs públicas.

Ressalta-se também, que para a implantação de um CTRS é necessário um projeto de engenharia, objetivando a eficiência de segregação dos materiais, assim como, a classe de materiais a serem triados estudando a capacidade de escoamento e o mercado da atividade, garantindo desta maneira, uma sustentabilidade econômico-financeira de todo o processo.

Com todos estes procedimentos citados acima, percebe-se os altos custos que envolvem a implantação de um CTRS. O custo-benefício de todo o processo será mensurado através das entradas dos resíduos sólidos e as saídas dos mesmos para a reciclagem ou disposição final. Desta forma, torna-se necessário o controle periódico de saídas e entradas do processo.

Desta forma, através das metas de recuperação dos materiais recicláveis estabelecidas neste PMSB, o Município de Piraúba deverá realizar um estudo de viabilidade econômico-financeiro, social e ambiental, para a implantação do CTRS, acompanhado do projeto de engenharia com todas as exigências impostas pelo Órgão Ambiental competente.

A capacidade de recebimento deste CTRS deverá ser dimensionada para receber todos os resíduos da coleta seletiva do município. A estrutura operacional deverá comportar todo o sistema por um período de vinte anos, onde este período representa o horizonte deste PMSB.

A unidade deverá ser implantada na área do aterro sanitário, diminuindo os custos com transporte dos resíduos, tornando-o mais viável. Abaixo seguem as recomendações mínimas para a instalação de uma CTRS:

- A unidade deverá ser implantada na área do aterro sanitário;
- O local deverá possuir cobertura e solo impermeável;
- Muros e cercas impedindo a entrada de animais e pessoas não autorizadas;
- Área de descarga;
- Guarita de segurança;
- Balança industrial na entrada e saída;
- Esteiras rolantes e prensas;
- Água encanada e linha telefônica;
- Área administrativa;
- Refeitório, sanitários e área de vivência;
- Sinalizações e demais procedimentos de segurança (luz de emergência, saída de emergência, extintores, alarmes contra incêndios e etc.);
- Baías para o acondicionamento de resíduos não recicláveis.

As recomendações apresentadas neste trabalho são necessárias para que a quantidade de resíduos sólidos destinados a reciclagem seja maior. Desta maneira evita-se o acúmulo de resíduos sólidos em locais inapropriados, diminuindo os custos para a destinação correta e aumentando a vida útil do aterro sanitário utilizado pelo município de Piraúba.

As figuras abaixo mostram um Centro de Triagem de Resíduos Sólidos - CTRS e os seus colaboradores realizando a segregação entre resíduos recicláveis e não recicláveis.

Figura 100 - Centro de Triagem de Resíduos Sólidos - CTRS e segregação de resíduos recicláveis e não recicláveis.



Fonte: Imagem de divulgação Recicla Sampa. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os materiais triados deverão ser estocados separadamente em baias de alvenaria ou madeira construídas com dimensões suficientes para o acúmulo de um volume que justifique o pagamento das despesas de transporte para venda. Materiais que apresentam grande volume e peso reduzido, como latas, plásticos, papéis e papelão devem ser prensados e enfardados para maior conveniência no armazenamento e transporte.

As embalagens de vidro devem ser separadas por cores e até por tipo, como forma de se obter maior valor comercial, já que podem ser vendidas por unidade para reuso em diversas empresas. Os recipientes quebrados devem ser triturados para redução de volume e maior economia de transporte. Para trituração podem ser usadas pequenas máquinas, acopláveis sobre latões de



200 litros, que podem ser obtidas nas próprias indústrias que processam esse material.

Os materiais estocados devem ser abrigados das intempéries para não acumular água de chuva e se transformarem em focos de proliferação de vetores. É comum que sejam entregues à coleta seletiva móveis e eletrodomésticos que quase sempre podem ser reutilizados, encontrando utilidade em entidades assistenciais, por exemplo. Estes materiais também necessitam de abrigo especial.

4.3.2. Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos - Unidades de Compostagem

A gestão dos resíduos orgânicos é outra forma importante de destinação final incentivada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, lei nº 12.305/10. Como principal forma de tratamento dos resíduos orgânicos a compostagem é um processo de oxidação biológica através do qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais, liberando dióxido de carbono e vapor de água.

Os resíduos orgânicos, biodegradáveis podem ser transformados em composto orgânico, fertilizante e condicionador do solo, sob controle e monitoramento sistemático, desde que atendam às leis, normas e instruções normativas pertinentes.

O Decreto nº 4.954/04 aprova o regulamento da Lei nº 6.894/80, que dispõe sobre a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura e, a Instrução Normativa nº 25/09, que aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

Os resíduos orgânicos representam um dos maiores desafios na gestão dos resíduos sólidos domiciliares, sendo esta classe, representando a maior porcentagem da composição média dos resíduos domiciliares no país.

Com as diretrizes estabelecidas na Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, a gestão dos resíduos orgânicos é definida com processos de

coleta, tratamento e destinação final específicos. A segregação dos resíduos orgânicos dos rejeitos, na fonte geradora, possibilita a implantação da coleta diferenciada dos orgânicos, visto que, estes materiais são encontrados em quantidade majoritária e encaminhados pelo município a aterro sanitário privado localizado no município de Candiota-MG. A construção de um sistema de compostagem aumenta a vida útil dos aterros sanitários e o produto final, após o beneficiamento, pode ser reaproveitado como biofertilizante.

A implantação das novas diretrizes que nortearão a gestão dos resíduos orgânicos no Município de Piraúba deve ser pautada com um planejamento estratégico e contínuo. Processos de gestão inovadores devem ser tratados com cautela e buscando a sua abrangência gradativa, com campanhas educativas que sensibilizem e promovam a participação da população em todos os aspectos.

A gestão dos resíduos orgânicos deve ser iniciada com a coleta dos resíduos orgânicos produzidos pelos grandes geradores, buscando a sua ampliação posterior de forma regional como os bairros, os Distritos e os centros urbanos até atender a sua completa universalização. Dentro desta perspectiva, deve-se ressaltar que para áreas rurais a gestão deve ter outro direcionamento.

Em virtude da facilidade de reaproveitamento dos resíduos orgânicos na área rural, culturalmente é observado ações adequadas que trazem benefícios para o ambiente e para o homem. A sobra de alimentos, como cascas, frutas, e alimentos preparados são destinados para criação de animais ou utilizados como adubos de canteiros e hortas.

Entretanto, associado com a dificuldade de logística para atender a coleta frequente dos resíduos orgânicos, a gestão deve ser elaborada através de programas para conscientização do reaproveitamento destes resíduos, assim como, na informação técnica para construção de Centros de Tratamento de Resíduos Orgânicos – CTRO.

Outra forma de facilitar a gestão desta classe de resíduos é potencializar os programas de sensibilização à separação e armazenamento dos resíduos na origem. A utilização de bombonas é uma forma bem difundida para restringir insetos e a geração de odores, geralmente um dos principais problemas que causam o desestímulo da população. A figura abaixo mostra os tipos de bombonas que podem ser utilizadas como acondicionamento de resíduos orgânicos.

Figura 101 - Bombonas para o acondicionamento de resíduos orgânicos.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Para a população residente da área rural este cenário não representa um problema sistemático, pois, como dito anteriormente, a cultura existente no meio rural promovida pelo homem do campo tem como princípio o reaproveitamento dos resíduos orgânicos.

Contudo, emerge a necessidade de estudo da viabilidade da coleta de resíduos orgânicos, principalmente para a área urbana. Sendo uma ferramenta importante de gestão desses resíduos, a implantação de programas em parceria com as escolas e outros segmentos para auxiliar a população com as devidas técnicas de compostagem.

A necessidade dessa prática se torna fundamental para a gestão dos resíduos orgânicos no município, uma vez que não existe nenhum programa consolidado específico para este tipo de resíduo. Essas ações visadas para o tratamento dos resíduos orgânicos necessitam de acompanhamento técnico, processos muito bem elaborados, tratamento adequando e, o produto posterior, utilizado de forma ambientalmente adequada.

Pois, a disposição dos resíduos orgânicos no aterro controlado, ao entrar em contato com a água oriunda da chuva e, a sua sequente decomposição, produz um líquido negro, denso e altamente poluente chamado popularmente de chorume. Dentro dessa questão, faz-se necessário uma gestão mais rigorosa para os resíduos orgânicos.

Sendo assim, para Piraúba, propõe-se a implantação de um CTRO, de acordo com o porte do município, para o recebimento e tratamento adequado dos resíduos orgânicos, dotado de sistema de compostagem.

Cabe ainda na proposta de implantação de unidades de tratamento, uma parceria entre o Poder Público e a iniciativa privada para a viabilização dos investimentos necessários mediante gestão compartilhada. Desta forma, a redução do volume de resíduos destinados ao aterro passa a ser iminente e diminuí os impactos negativos ao ambiente neste local.

O projeto para a gestão correta dos resíduos orgânicos é a implantação do CTRO – Central de Tratamento de Resíduos Orgânicos. Depositando em um pátio impermeável os resíduos sólidos úmidos domiciliares, comerciais, de prestadores de serviços e dos resíduos provenientes da limpeza urbana, como, podas de galhos, gramas e entre outros, transformando-os em compostos orgânicos (adubos). As figuras abaixo mostram centros de tratamentos de resíduos orgânicos.

Figura 102 - Compostagem aeróbia de resíduos orgânicos em leiras. Compostagem mecânica de dejetos suínos.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Ressalta-se, que o Centro de Tratamento de Resíduos Orgânicos deverá também ser implantado através de projeto de engenharia, atentando-se para os procedimentos de compactação do solo com uma camada de trinta centímetros de argila e, drenos de captação da água da chuva no entorno.

Especificamente sobre o processo da compostagem, sendo este, um processo de degradação controlada de resíduos orgânicos sob condições aeróbias, ou seja, com a presença de oxigênio, é um processo no qual se procura reproduzir algumas condições ideais (de umidade, oxigênio e de nutrientes,

especialmente carbono e nitrogênio) para favorecer e acelerar a degradação dos resíduos de forma segura (evitando a atração de vetores de doenças e eliminando patógenos).

A criação de tais condições ideais favorece que uma diversidade grande de macro e micro-organismos (bactérias, fungos) atue sucessiva ou simultaneamente para a degradação acelerada dos resíduos, tendo como resultado final um material de cor e textura homogêneas, com características de solo e húmus, chamada composto orgânico. O processo de compostagem pode ocorrer por dois métodos:

- Método natural: a fração orgânica do lixo é levada para um pátio e disposta em pilhas de formato variável. A aeração necessária para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica é conseguida por revolvimentos periódicos, com auxílio de equipamento apropriado. O tempo para que o processo se complete varia de três a quatro meses e para este método o mais comum é a utilização de leiras, como mostra a figura abaixo:

Figura 103 - Leiras de compostagem natural de resíduos de feira.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

- Método acelerado: a aeração é forçada por tubulações perfuradas, sobre as quais se colocam as pilhas de lixo, ou em reatores, dentro dos quais são colocados os resíduos, avançando no sentido contrário ao da corrente de ar. Posteriormente, são dispostos em pilhas, como no método natural. O tempo de residência no reator é de cerca de quatro dias e o tempo total da compostagem acelerada varia de dois a três meses. A figura abaixo mostra um exemplo de um reator de compostagem acelerada:

Figura 104 - Reator de compostagem acelerada.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A tabela abaixo apresenta as vantagens e desvantagens do processo de compostagem.

Tabela 70 - Vantagens e desvantagens do processo de compostagem.

Vantagens	Desvantagens
Baixa complexidade na obtenção da licença ambiental.	Necessidade de investimentos em mecanismos de mitigação dos odores e efluentes gerados no processo.
Facilidade de monitoramento.	
Diminuição da carga orgânica do rejeito a ser enviado ao aterro, minimizando os volumes a serem dispostos.	Requer pré-seleção da matéria orgânica na fonte.
Tecnologia conhecida e de fácil implantação.	Necessidade de desenvolvimento de mercado consumidor do composto gerado no processo.
Viabilidade comercial para venda do composto gerado.	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.3.2.1. Destinação Final

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

“Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou



outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”.

Sendo assim, torna-se necessário o estudo e a análise para a implantação correta de processos de encaminhamento dos resíduos, desde a sua origem, até a sua destinação ou disposição final ambientalmente adequada. Contudo, existem maneiras de implantar este tipo de empreendimento de maneira consorciada, de acordo com a Lei Federal nº 11.107/2005, permitindo uma série de vantagens aos municípios e entre elas o ganho em escala nas operações, com a consequente redução de custos e contribuindo juntamente com a redução de emissão de gases de efeito estufa, uma vez que mais de um município utilize do mesmo local de disposição final.

Vale pontuar a necessidade de soluções ambientalmente adequadas para a disposição de outros tipos de rejeitos, como os da construção civil e de resíduos perigosos.

A possibilidade de implantar os demais serviços em uma mesma área, deverá ser considerada, pois a implantação de centrais de triagem e compostagem no mesmo ambiente do aterro que será implantado, otimiza as atividades relacionadas à disposição final dos resíduos e consequentemente, reduz os custos referentes ao transporte realizado em cada etapa. Desta forma, a tabela abaixo mostra o tipo de resíduo, a sua origem, a sua composição, o responsável e a destinação final adequada.

Tabela 71 - Tipos de resíduos, origem e responsabilidade.

TIPO DE RESÍDUO	ORIGEM	COMPOSIÇÃO	DESTINAÇÃO FINAL ADEQUADA	RESPONSÁVEL
Resíduos domiciliares	Originários de atividades domésticas em residências urbanas.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Município
Resíduos de limpeza urbana	Originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Município
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço	Originários de atividades comerciais.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador
Resíduos de serviços de transporte	Originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários, ferroviários e de passagens de fronteiras.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador



Resíduos industriais	Gerados nos processos produtivos e instalações industriais.	Resíduos orgânicos, resíduos recicláveis, resíduos não recicláveis e resíduos perigosos.	Resíduos orgânicos: compostagem. Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário. Resíduos perigosos: aterro de resíduos Classe I.	Gerador
Resíduos de serviços de saúde	Gerados em unidades de prestação de cuidados de saúde, em atividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e investigação relacionada com seres humanos ou animais, em farmácias, em atividades médico-legais, de ensino e em quaisquer outras que envolvam procedimentos invasivos.	Resíduos perigosos.	Aterro de resíduos Classe I; Incineração; Autoclave	Gerador
Resíduos da construção civil	Gerados em obras e reformas.	Resíduos recicláveis e resíduos não recicláveis.	Resíduos recicláveis: reciclagem. Resíduos não recicláveis: aterro sanitário.	Gerador



Resíduos agrossilvopastoris	São aqueles gerados por todas as atividades do setor agrossilvopastoril incluindo empresas como as serrarias, madeireiras, frigoríficos, abatedouros, além de toda a indústria de alimentos agrícolas e produtores de insumos agropecuários.	Resíduos perigosos.	Logística reversa e aterro de resíduos Classe I	Gerador
Resíduos de mineração.	Resultantes dos processos de beneficiamento que são submetidas as substâncias minerais.	Resíduos perigosos e resíduos não recicláveis.	Resíduos não recicláveis: aterro sanitário. Resíduos perigosos: aterro de resíduos Classe I.	Gerador

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.3.2.1.1. Destinação Final dos Resíduos da Coleta Seletiva

Como dito em capítulos anteriores, todos os resíduos recicláveis provenientes da coleta seletiva devem ser encaminhados para os Centros de Triagem de Resíduos Sólidos, para posterior comercialização.

Nota-se que, uma das dificuldades se dá principalmente pela falta de estrutura física, que impossibilita o armazenamento de grandes volumes de resíduos recicláveis para comercialização. Com este viés, todo planejamento e projeto devem ser calculados de modo que as unidades de reciclagem possam ter estrutura suficiente para atender essa necessidade.

Outra forma de viabilidade é a implantação do CTRS junto a área do aterro sanitário junto com as outras centrais de resíduos. O CTRS pertencendo a empresa pública deverá prestar contas sobre todos os produtos comercializados, como, destinatários, datas de saídas, tipos de resíduo comercializados, quantidades expedidas, valores e entre outros.

Sendo assim, a população poderá acompanhar a destinação final dos materiais recicláveis, no qual a mesma foi fundamental para o sucesso e aprimoramento deste projeto. Desta forma, a tabela abaixo mostra as etapas em que um resíduo reciclável é submetido dentro do processo de reciclagem.

Tabela 72 - Etapas do processo de reciclagem dos materiais.

AGREGAÇÃO DE VALOR ↓	Etapa	Vidro	Papel	Plástico	Metal
	Beneficiamento Primário	Separação	Separação	Separação	Separação
			Prensagem	Prensagem	Prensagem
			Enfardamento	Enfardamento	Enfardamento
	Beneficiamento Secundário	Granulação	Trituração	Trituração	Fusão
		Prensagem	Hidratação	Lavagem	Laminação
		Homogeneização	Purificação	Aglutinação	Extrusão
		Fusão	Geração da polpa	Extrusão	

Fonte: Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, 2014. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



4.3.2.1.2. Disposição Final dos Resíduos da Coleta Domiciliar e Comercial

Atualmente, os resíduos classificados como rejeitos representam a menor porcentagem dos resíduos domiciliares. O processo de tecnologias que envolvem a disposição final dos rejeitos é bem abrangente e tem como fator determinante o volume gerado, geralmente destinados em aterros sanitários para o processo de aterramento, os rejeitos também possuem outras formas de disposição final onde podem ser utilizados como fonte de energia.

Para que a incineração no Brasil se torne técnica e ambientalmente viável, alguns pontos chave precisam ser observados, tais como, ser instalada em grandes centros urbanos, onde há alta demanda de resíduos sólidos a ser tratado, estar alinhado ou até mesmo interligado com outras tecnologias, ser instalada em locais em que possuem legislação a respeito do tema e desenvolver um canal de comunicação aberto com a população.

Em virtude da estimativa de volume de rejeitos gerados pelo Município de Piraúba não serão apresentadas proposições de tecnologias vinculadas com o processo de incineração.

Quanto às áreas rurais, considerando o que preconiza a Lei nº 12.305/2010 e as recomendações da Lei nº 11.445/2007 – Universalização do Acesso, é prioritário o atendimento a essa população, com um serviço de qualidade e adequado à minimização dos impactos ambientais. Para isso a utilização de locais de entrega voluntária – LEVs deve ser instalada em toda a região, facilitando a coleta e possibilitando a viabilidade técnica e econômica para a gestão dos rejeitos.

Dentre os resíduos domiciliares e comerciais é necessário que os resíduos orgânicos e os recicláveis sejam tratados de forma separada e adequada.

Somente assim, a gestão dos resíduos domiciliares e comerciais atenderão as metas propostas neste Plano. Vale ressaltar que a Lei nº 12.305/2010, determina a proibição do envio de resíduos recicláveis e orgânicos para os lixões ou aterros sanitários, sem que antes se esgotem todas as possibilidades de reutilização e reciclagem destes materiais.

Sendo assim, a definição do procedimento mais adequado para a disposição final dos resíduos sólidos do Município de Piraúba é indicada a partir do Diagnóstico Técnico, considerando os aspectos como origem e quantidade e, as características do local onde estão sendo dispostos.

Desta forma, seguem abaixo as alternativas mais comuns adotadas pelos municípios brasileiros, para destinarem corretamente os seus resíduos sólidos:

- Lixão: vazadouro a céu aberto, sem controle ambiental e nenhum tratamento ao lixo, onde pessoas têm livre acesso para mexer nos resíduos e até montar moradias em cima deles. É, ambiental e socialmente, a pior situação encontrada no estado quando se fala de lixo;
- Aterro Controlado: é a instalação destinada à disposição de resíduos sólidos urbanos, na qual alguns ou diversos tipos ou modalidades objetivas de controle sejam periodicamente exercidos, quer sobre o maciço de resíduos, quer sobre os seus efluentes. Admite-se, desta forma, que o aterro controlado se caracterize por um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário;
- Aterro Sanitário: é a instalação de destinação final dos resíduos sólidos urbanos por meio de sua adequada disposição no solo, sob controle técnico e operacional permanente, de modo a que, nem os resíduos, nem seus efluentes líquidos e gasosos, venham a causar danos à saúde pública ou ao meio ambiente.

No Município de Piraúba a destinação final dos resíduos é a o aterro sanitário particular em Candiota -MG , este procedimento deve ser continuado até que novas alternativas, que otimizem a gestão dos resíduos sólidos urbanos, como um consórcio intermunicipal com os municípios próximos, sejam definidas. Para as duas formas de destinação dos resíduos sólidos citados acima é necessário seguir as diretrizes do Anexo I da Resolução CONAMA nº 237/1997, onde este, determina a elaboração de estudos para a obtenção de Licenciamento Ambiental para a instalação e operação da atividade.

Devido ao fato, de que estas atividades são potencialmente poluidoras e capaz de causar degradação ambiental. Obrigando a instalação de sistemas de proteção ambiental para a sua operação e monitoramento, além de outros requisitos exigidos por meio das condicionantes impostas pelo Órgão Ambiental competente.

A Norma responsável pela implantação de sistemas de proteção ambiental é a ABNT NBR n° 15.849/2010 – Resíduos Sólidos Urbanos – Aterros Sanitários de Pequeno Porte – Diretrizes para Localização, Projeto, Implantação, Operação e Encerramento.

Ressalta-se, que a escolha pela implantação de aterro sanitário deverá considerar além dos custos de implantação e operação, a responsabilidade socioambiental envolvida, a minimização de passivos ambientais e a garantia da qualidade ambiental e sanitária da região.

Propõe-se a implantação junto a área do aterro sanitário, o Centro de Triagem de Resíduos Sólidos, Centro de Tratamento de Resíduos Orgânicos e Resíduos de Construção Civil, pois as formas de tratamento dos resíduos serão próximas ao descarte, economizando os custos de transporte e facilitando o acesso dos mesmos. Abaixo segue a tabela com os critérios estipulados pela ABNT NBR n° 15.849/2010, para a instalação de aterros sanitários.

Tabela 73 - Critérios para a implantação de aterro sanitário.

Critérios	Definição
Impermeabilização	Elemento de proteção destinado a isolar resíduos do solo natural de maneira a minimizar a infiltração de lixiviados e de biogás.
Drenagem de lixiviados	Conjunto de estruturas que tem por objetivo possibilitar a remoção e destinação adequada do lixiviado gerado no interior dos aterros.
Tratamento de lixiviados	Instalações e estruturas destinadas à atenuação das características do lixiviado dos Aterros Sanitários atendendo a legislação no que tange ao descarte de efluentes.
Drenagem de gases	Conjunto de estruturas que tem por objetivos possibilitar a remoção adequada dos gases gerados no interior dos Aterros.
Tratamento de gases	Instalações e estruturas destinadas à queima em condições adequadas ou aproveitamento dos gases drenados dos Aterros Sanitários.



Drenagem de águas pluviais		Conjunto de estruturas que tem por objetivo captar e dispor de forma adequada às águas da chuva incidentes sobre as áreas aterradas em seu entorno.
Cobertura operacional		Camada de material aplicada sobre os resíduos ao final de cada jornada de trabalho, destinado a minimizar a infiltração das águas das chuvas, evitar o espalhamento de materiais leves pela ação do vento, a presença de materiais, a proliferação de vetores e a <u>emanação de odores</u> .
Cobertura final		Camada de material aplicada sobre os resíduos, destinada ao fechamento da área aterrada, garantindo a integridade do maciço, minimizando a infiltração das águas de chuva e possibilitando o uso futuro da área.
Isolamento físico		Dispositivos que tem por objetivo controlar o acesso as instalações dos Aterros Sanitários, evitando desta forma a interferência de pessoas não autorizadas e animais em sua operação ou a realização de descargas irregulares de resíduos, bem como diminuir ruídos, poeira e odores no entorno do empreendimento.
Monitoramento	Águas Subterrâneas	Estruturas, instrumentos e procedimentos que tem por objetivo a avaliação sistemática e temporal das alterações da qualidade das águas subterrâneas.
Monitoramento	Águas Superficiais	Estruturas, instrumentos e procedimentos que tem por objetivo a avaliação sistemática e temporal das alterações da qualidade das águas superficiais.
	Geotécnico	Instrumentos e procedimentos destinados a acompanhar o comportamento mecânico dos maciços, visando a avaliação das suas movimentações e condições de estabilidade.

Fonte: ABNT NBR n° 15.849, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A tabela abaixo mostra a infraestrutura básica para a instalação de aterros sanitários, de acordo também com a ABNT NBR n° 15.849/2010.

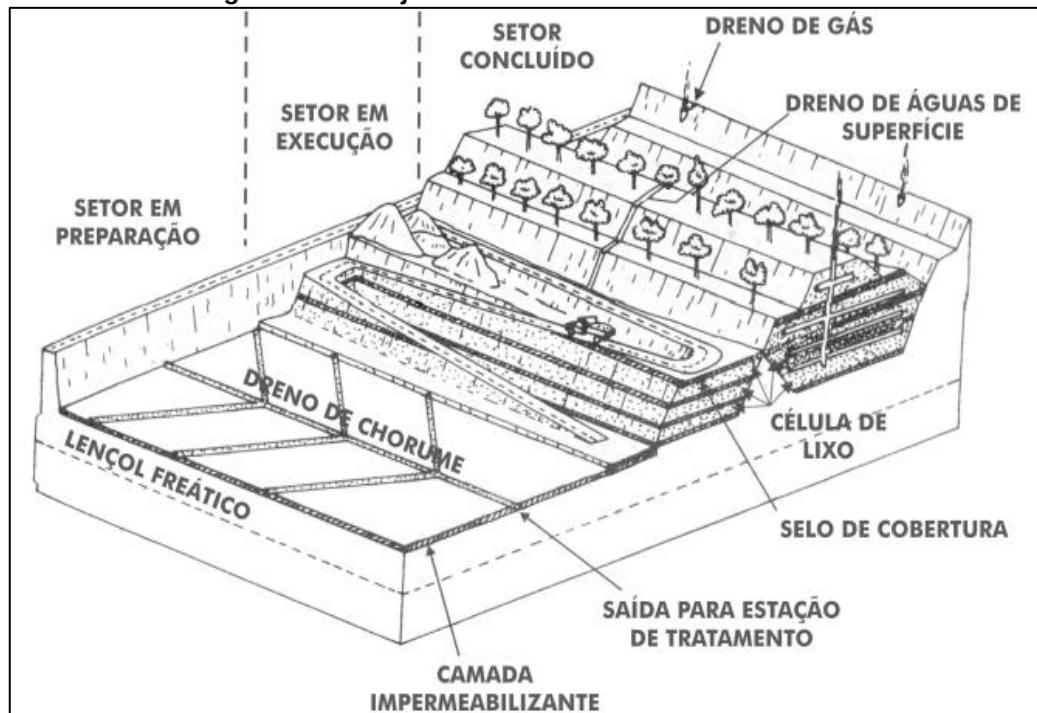
Tabela 74 - Infraestrutura básica para a instalação de aterros sanitários.

Instalações Necessárias	Definição
Guarita ou portaria	Local onde são realizados os trabalhos de recepção, inspeção e controle dos caminhões e veículos que chegam à área do Aterro Sanitário.
Balança	Local onde é realizada a pesagem dos veículos coletores para se ter controle dos volumes diários e mensais dispostos no Aterro Sanitário.
Sinalização	Placas indicativas das unidades e advertência nos locais de risco.
Cinturão verde	Cerca viva com espécies arbóreas no perímetro da instalação.
Acessos	Vias externas e internas, construídas e mantidas de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.
Iluminação e energia	Ligação à rede de energia para uso dos equipamentos e ações de emergência no período noturno, caso necessário.
Comunicação	Ligação a rede de telefonia fixa, celular ou rádio para comunicação interna e externa, principalmente em ações de emergência.
Abastecimento de água	Ligação à rede pública de abastecimento tratada ou outra forma abastecimento, para uso nas instalações de apoio e para umedecimento das vias de acesso.
Instalações de apoio operacional	Prédio administrativo contendo, no mínimo, escritório, refeitório, copa, instalações sanitárias e vestiários.
Área de disposição de resíduos	Local destinado ao aterramento dos resíduos, previamente preparado, em conformidade com as normas técnicas e ambientais vigentes, com adoção de sistemas de impermeabilização de base e das laterais e de drenagens de chorume, de águas pluviais e de gases.

Fonte: ABNT NBR nº 15.849, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra um projeto técnico de um aterro sanitário.

Figura 105 - Projeto técnico de aterro sanitário.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Destaca-se também a necessidade de haver nos locais, profissionais habilitados para a recepção e identificação dos resíduos sólidos, realizando a inspeção visual e certificando que o resíduo recebido esteja dentro da Classe compatível com a que o aterro está licenciado.

4.3.2.2. Resíduos da Limpeza Pública

As atividades de limpeza pública definidas na Lei nº 11.445/2007 - Lei Federal de Saneamento Básico, dizem respeito da varrição, podas, capina, raspagem, remoção de solo e areia em logradouros públicos, desobstrução e limpeza de bueiros, bocas de lobo e galerias, limpeza dos resíduos de feiras públicas e eventos particulares ou de acesso aberto ao público, atividades correlatadas como limpeza de escadarias, sanitários, abrigos, monumentos entre outros.

Dentre os principais problemas relacionados a esses tipos de resíduos, cita-se o fato de os mesmos serem constituídos, em sua maioria, por materiais de pequenas dimensões, tornando-os menos aparentes que os demais e com



poucas opções de destinação final. Em virtude da variação dos serviços e a sua abrangência específica em cada município, as ações de planejamento são voltadas especificamente com a implantação de tecnologias e principalmente na forma consorciada de aquisição.

Conforme será apresentado neste Plano, busca-se desenvolver mecanismos onde a gestão dos resíduos de limpeza pública do município, favoreça a redução dos custos dos maquinários utilizados nesta limpeza, bem como trabalhe de forma adequada a destinação destes resíduos.

As diretrizes que possam implementar a triagem obrigatória dos resíduos no próprio processo de limpeza pública e no fluxo coordenado dos materiais até as áreas de triagem, transbordo e outras áreas de destinação, são apresentadas como soluções para a gestão que se almeja.

Ressalta-se, que a limpeza pública possui como objetivo central a saúde ambiental dos municípios, prevenindo desta forma, a proliferação de vetores, a ocorrência de enchentes ou assoreamentos, ocasionados pelos acúmulos de resíduos nas galerias pluviais e bocas de lobo.

Outra questão importante relacionada a limpeza urbana é sobre o caráter estético do município. Quando as vias públicas, praças, jardins e terrenos vazios estão limpos e bem cuidados, a população percebe a benfeitoria e a boa aparência, colaborando desta forma, com a manutenção destes locais, como, por exemplo, não jogando seus resíduos nas vias públicas. O município estando limpo e bem cuidado propicia também uma boa impressão e imagem, principalmente para os turistas.

Seguindo estas diretrizes, seguem abaixo as descrições, os procedimentos e as especificações técnicas necessárias para os serviços relacionados a limpeza pública.

4.3.2.2.1. Varrição e Manutenção de Vias e Logradouros Públicos

O serviço de varrição possui a sua definição pela ABNT NBR nº 12.980/1993, sendo:

“O ato de varrer vias, calçadas, sarjetas, túneis e logradouros públicos, em geral pavimentados, de forma manual ou mecânica”.

A varrição pode ser considerada a principal atividade dentro dos serviços de limpeza urbana. Geralmente, esta atividade possui um grande número de colaboradores e a sua frequência está relacionada as dimensões físicas do Município, assim como, as características ambientais regionais, o grau de conscientização das pessoas e os procedimentos operacionais estipulados pelo Poder Público.

É comum no Brasil, principalmente em pequenos municípios, a varrição ser executada de forma manual, justificando desta forma o grande número de colaboradores envolvidos nesta atividade. Pois, quanto maior o município, maiores são as vias públicas a serem limpas e varridas.

Ressalta-se, que para os serviços de varrição, comumente, são utilizadas mão de obra com menor qualificação profissional e, população de baixa renda. Enquanto que em municípios maiores ou, em países mais desenvolvidos, este tipo de serviço é realizado de forma mecânica, aumentando a eficiência da limpeza. A figura abaixo mostra um equipamento de varrição mecanizada.

Figura 106 - Equipamento utilizado para varrição mecânica.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A Prefeitura de Piraúba poderá implantar procedimentos para a otimização dos serviços de varrição, determinando, por exemplo, que as varrições sejam realizadas em uma faixa de até um metro de distância das sarjetas. Sendo os passeios particulares, tendo a sua manutenção e limpeza sob

responsabilidade dos seus proprietários, onde esta determinação poderá estar inserida no Código de Obras Municipal ou, em outra legislação municipal pertinente.

Sendo assim, ao realizar o serviço de varrição, os colaboradores envolvidos deverão acondicionar os resíduos sólido em sacos plásticos de até cem litros, deixando-os dispostos sobre os passeios para posterior coleta convencional de resíduos sólidos. Estes resíduos, como são caracterizados como resíduos não recicláveis, deverão ser encaminhados para destinação final.

Dentre as ferramentas e materiais necessários para um melhor aproveitamento das varrições manuais, seguem abaixo uma relação dos mais utilizados:

- Vassourão ou escovão;
- Pás;
- Carrinho do tipo lutocar;
- Carriolas;
- Sacos de lixo na cor preta.

Recomenda-se, que para os resíduos sólidos provenientes do serviço de varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, a coleta, deve ser realizada por veículo coletor independente, para que o controle da pesagem seja diferenciado e, que possa haver um banco de dados com informações sobre o sistema e a dinâmica do serviço de varrição pública.

Dentro dos procedimentos implantados pela Prefeitura, relacionados a este serviço, deverá haver o controle da periodicidade, pois, de acordo com as características físicas e sociais de cada logradouro, as varrições poderão ocorrer diariamente, de dois a três dias ou, semanalmente.

Os procedimentos dos serviços de varrição deverão conter também os itinerários de coleta dos resíduos provenientes deste serviço, a fiscalização e as equipes envolvidas. De acordo com o Diagnóstico Técnico, o Município de Piraúba realiza a limpeza urbana conforme a demanda, porém, a tabela abaixo apresenta proposta técnica, que poderá ser adotada pela Prefeitura, a fim de melhorar a eficiência do sistema e diminuir os custos destas atividades.

Tabela 75 - Proposta de frequência para o serviço de varrição pública.

LOCAL	FREQUÊNCIA	PERÍODO	OBSERVAÇÕES
Bairros residenciais	Três a quatro vezes por semana	Diurno	Preferência pelas vias de maior movimento.
Comercial	Diária	Diurno e noturno	Preferência pelas vias de maior movimento.
Feiras, festas e exposições	Conforme a demanda	Após a realização do evento	Em caso de eventos particulares, para a realização das varrições durante o evento, deverão os organizadores a contratar a sua própria mão de obra.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A atividade de varrição deverá ser realizada sempre por grupos de dois colaboradores, revezando entre eles a coleta e a varrição. Estes colaboradores deverão sempre estar munidos de EPIs fornecidos pela Prefeitura ou empresa terceirizada, caso seja este o tipo de contratação para a execução do serviço.

A fiscalização de todo o procedimento de varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, deverá ser realizada por um supervisor de cada equipe, oferecendo também, todo o apoio logístico, de materiais e qualquer outro tipo situação que seja necessário para melhorar a execução do serviço. Podendo ser realizado também, uma pesquisa de opinião junto à população, para avaliar a qualidade dos serviços.

4.3.2.2.2. Limpeza de Feiras

A limpeza de feiras se assemelha com o serviço de varrição de vias públicas, porém, com a especificidade de haver em feiras uma maior quantidade de alimentos dispersos em lixeiras e no próprio chão. A Prefeitura Piraúba deve realizar uma campanha educacional com os feirantes orientando-os, a não misturar os alimentos que não foram comercializados com os outros tipos de resíduos. Facilitando o envio destes ao sistema de compostagem a ser instalado no município.

O dimensionamento da mão de obra para a realização do serviço de limpeza de feiras dependerá do tamanho e das características do local de

realização. Comumente, nas diversas feiras espalhadas pelos municípios brasileiros, as varrições e a lavagem do local ocorrem ao término da mesma.

A Prefeitura deverá implantar um procedimento, no qual, em dias de realização de feiras uma equipe é deslocada até o local, acompanhadas de um caminhão pipa e de um supervisor. As ferramentas necessárias para a realização da limpeza são as mesmas utilizadas nos serviços de varrição de vias públicas.

Após o recolhimento e acondicionamento dos resíduos em sacos plásticos de até cem litros, os mesmos deverão estar dispostos sobre o passeio, para posterior coleta e destinação final ambientalmente adequada. Finalizando este procedimento o caminhão pipa realizará a lavagem do local.

4.3.2.2.3. Limpeza de Eventos Festivos

Como dito anteriormente, ao ocorrer eventos festivos particulares em locais públicos, como, parques de exposições, praças e jardins, vias públicas, centro de convenções municipal, ginásio esportivo municipal, praias públicas e entre outros, a responsabilidade de limpeza e arrumação do local é de responsabilidade do organizador.

A organização do evento festivo deverá contratar a mão de obra necessária para recolher os resíduos gerados e a Prefeitura de Piraúba deverá cobrar uma taxa dos organizadores do evento festivo, para a coleta e a destinação final dos resíduos gerados. Seja através de contrato com a organização do evento festivo, seja através de leis municipais específicas.

Cabe a organização do evento festivo também, disponibilizar no local acondicionadores de resíduos sólidos para a coleta seletiva e, divulgar o programa dentro do evento. Pois, este tipo de ação pode apresentar resultados satisfatórios na coleta de recicláveis.

Entretanto, quando o evento festivo for de caráter público, a Prefeitura poderá disponibilizar uma equipe do serviço de varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, para a realização da limpeza e arrumação do local. Porém, para isso, algumas medidas são necessárias como:

- Efetuar a limpeza durante todo o evento, evitando desta forma grandes acúmulos de resíduos sólidos;

- Aumentar temporariamente o efetivo de colaboradores;
- Aumentar o número de turnos para a limpeza;
- Disponibilizar um número maior de acondicionadores de resíduos sólidos;
- Disponibilizar também um número maior de acondicionadores de resíduos sólidos para a coleta seletiva.

Todos os resíduos gerados, tanto em eventos públicos, como em eventos particulares, devem ser destinados ao aterro sanitário que atende o município. Caso os acondicionadores da coleta seletiva estejam com resíduos recicláveis em seu interior, estes devem ser destinados para a reciclagem.

4.3.2.2.4. **Limpeza de Praças e Jardins**

Assim como a varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, a limpeza de praças e jardins seguem os mesmos procedimentos. Vale lembrar que estes espaços são públicos, com grande circulação de pessoas e, necessitam de constantes manutenções para que a população continue usufruindo deste bem comum.

A Prefeitura de Piraúba deverá destinar as podas dos gramados e dos galhos de árvores para o sistema de compostagem que deve ser implantado no município, enquanto que, os resíduos de varrição deverão ser encaminhados para a coleta convencional.

As varrições deverão ser realizadas no mínimo a cada três dias e, as podas dos gramados e galhos de árvores, ocorrendo conforme a demanda. Geralmente, a maior demanda envolvendo os serviços de podas ocorre em períodos chuvosos.

A varrição e limpeza de praças e jardins devem ocorrer de duas formas, podendo ser, no momento em que as suas vias adjacentes estejam sendo varridas, desta maneira, os colaboradores se deslocariam até estes locais e realizariam as limpezas, ou, em dias específicos, com equipes destinadas apenas a limpeza de praças e jardins.

As ferramentas de trabalho utilizadas para a varrição de praças e jardins são as mesmas utilizadas para a varrição e manutenção de vias e logradouros públicos, assim como, o acondicionamento dos resíduos sólidos em sacos plásticos com até cem litros, a fiscalização do serviço por um supervisor, coleta sendo realizada pelo mesmo veículo coletor dos resíduos provenientes do serviço de varrição e a destinação destes resíduos para o aterro sanitário.

Recomenda-se, que a Prefeitura realize campanhas educacionais junto à população, mostrando a importância em se conservar as praças e os jardins. Por outro lado, deverá instalar recipientes de acondicionamento de resíduos sólidos, em pontos específicos destes locais, facilitando para as pessoas descartarem corretamente seus resíduos. Preferencialmente, instalando sempre coletores de resíduos exclusivos para a coleta seletiva, além, de toda a infraestrutura necessária para o lazer.

4.3.2.2.5. **Roçada, Capina e Poda**

Atualmente, alguns municípios do Brasil realizam a poda dos galhos das árvores quando necessário, enquanto que outros municípios realizam esta atividade apenas uma vez ao ano. O procedimento é quase o mesmo em todos os lugares e, a destinação atualmente é feita em terrenos baldios existentes nos municípios ou nos arredores. De acordo com a ABNT NBR nº 12980/1993, a definição de roçada e capina são:

- Roçada: corte de vegetação no qual se mantém uma cobertura vegetal viva sobre o solo;
- Capina manual: corte e retirada total da cobertura vegetal existente em determinados locais, com a utilização de ferramentas manuais;
- Capina química: eliminação de vegetais, realizada através de aplicação de produtos químicos que, além de matá-los, podem impedir o crescimento deles.

Na questão da capina química, deve-se atentar para a legislação local relacionada a utilização de produtos químicos para a mesma. Pois, há municípios no país, que proíbem dentro da área urbana o uso de produtos químicos para a



atividade em questão, devido ao fato, de haver a probabilidade de contaminação do solo e da água.

A Prefeitura deverá exigir que a capina em terreno e passeios particulares, seja realizada pelos proprietários, cabendo a Prefeitura a fiscalização destas atividades. Enquanto que o Poder Público fica responsável pela capina e roçada de vias públicas, praças e margens de canais e rios, podendo ser realizada de forma manual ou mecanizada.

A frequência e periodicidade destas atividades serão mais intensificadas nos períodos chuvosos, devido ao aumento da radiação solar e, da quantidade de água disponível no solo, onde estes fatores citados contribuem para o rápido crescimento das plantas. Nos períodos mais secos, a Prefeitura poderá optar por capinas e roçadas mensais, caso haja a necessidade.

A equipe de colaboradores ou mão de obra necessária para estas funções poderão ser as mesmas equipes envolvidas em outras atividades de limpeza pública, alternando-se os períodos, as frequências e o número de colaboradores, de acordo com a necessidade. Dentre as ferramentas utilizadas para estas atividades, podem ser utilizadas:

- Foices;
- Roçadeiras;
- Rastelos;
- Ceifadeiras;
- Enxadas;
- Pás;
- Carriolas.

A vantagem em se utilizar ceifadeiras mecânicas portáteis, é o fato de as mesmas possuírem um rendimento até oito vezes superior as ceifadeiras manuais.

Sendo assim, deve-se priorizar a utilização desta ferramenta e, de ceifadeiras acopladas a tratores de pequeno e médio porte. Entretanto, a definição dos equipamentos a serem utilizados no momento da execução dos serviços, dependerá da disponibilização da mão de obra no local.

Os resíduos deverão ser ensacados e o mato cortado poderá ser amontoado para posteriormente, serem recolhidos, não podendo ultrapassar a marca de um ou dois dias, evitando assim, que as partes menores sejam carregadas pela água da chuva e os ventos e, que possam ser queimados por vândalos.

Os serviços de poda, assim como, os serviços de capina e roçada em vias públicas, praças, margens de canais e rios também são de responsabilidade do Poder Público. A Prefeitura deverá manter um sistema de comunicação periódico com a Companhia de Energia Elétrica responsável, em caso de necessidade em desligar a rede energizada para a execução do serviço de poda de galhos de árvores. O processo de execução de poda de galhos das árvores no município, deve ser coordenado por técnicos capacitados que promovam o mínimo de distúrbios ao balanço fisiológico existentes e, assegurar o máximo de benefícios derivados destes resíduos.

Observando sempre as melhores épocas do ano para a realização desta atividade, em função do momento em que a árvore é capaz de suportar intervenções com o mínimo risco e melhores chances de recuperação. Os resíduos oriundos da roçada, capina e poda, podem ser utilizados como material seco para compostagem.

A Prefeitura de Piraúba, caso opte por terceirizar este tipo de serviço, a contratação deverá considerar os termos de períodos adequados à formação e manutenção de mão de obra bem treinada. Abaixo seguem a ferramentas necessárias para a eficiência da atividade de poda de galhos de árvores:

- Motosserras;
- Machados;
- Foices;
- Facão;
- Caminhão munck;
- Escadas ou plataformas elevatórias;
- Tesoura de poda;
- Serra de poda.

A manutenção das ferramentas dos serviços de roçada, capina e poda deverão estar sempre limpas e afiadas, e com todos os dispositivos de segurança aferidos. Os colaboradores deverão estar sempre munidos de Equipamentos de Proteção Individual e, a Prefeitura é a responsável pela manutenção das ferramentas e segurança dos colaboradores.

Outra proposta relacionada aos resíduos da roçada, capina e poda é o estabelecimento de parceria entre o Município de Piraúba e o setor privado para a destinação adequada do material. Seriam desta forma, as empresas que já atuam no segmento de limpeza pública e as empresas que realizam o aproveitamento de resíduos de madeira. Estes segmentos de mercado poderão dar destinação final adequada a estes tipos de resíduos.

4.3.2.2.6. Limpeza de Bocas de Lobo, Galerias e Valas de Drenagem

A limpeza de bocas de lobo, galerias e valas de drenagem é extremamente importante para o sistema de drenagem urbana no município. Pois, quando há o acúmulo de resíduos nestes locais, a probabilidade de enchentes ou alagamentos aumenta exponencialmente.

Os resíduos sólidos podem se deslocar para estes locais de inúmeras maneiras, podendo ser, na coleta irregular de resíduos sólidos, falta de cidadania por parte de alguns munícipes, que descartam seus resíduos em locais inapropriados ou, por parte dos colaboradores da varrição pública, onde por descuido ou por falta de informações e treinamentos varrem os resíduos para dentro das galerias.

Desta forma, recomenda-se para o município a realização da manutenção destes locais duas vezes ao mês, ou após grandes períodos chuvosos. Abaixo seguem a relação das ferramentas e equipamentos necessários para a manutenção de bocas de lobo, galerias e valas de drenagem.

- Pás;
- Enxadas;
- Picaretas;
- Ganchos;

- Aspiradores;
- Sopradores;
- Caminhão pipa para o jateamento de água.

Os resíduos coletados devem ser ensacados, quando possível, e destinados como resíduos não recicláveis para o aterro sanitário. Quando estes não puderem ser ensacados, deverão ser acondicionados em caminhões basculantes com o auxílio de pás-carregadeira.

A Prefeitura deverá implantar um procedimento para este tipo de limpeza, com a utilização de sistemas de informações que indicam os roteiros a serem percorridos, periodicidade das manutenções, mapeamento e outras informações que se achar necessário para a adequada manutenção das bocas de lobo, galerias e valas de drenagem.

4.3.2.3. Resíduos dos Serviços de Saúde – RSS

Atualmente no Brasil, órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, assumem o papel de orientar, fiscalizar e definir as regras referentes ao gerenciamento e ao manejo dos resíduos dos serviços de saúde.

Desta forma, consideram-se os resíduos dos serviços de saúde os provenientes dos atendimentos clínicos à saúde humana ou animal, incluindo os atendimentos as consultas domiciliares e de trabalho de campo. Abaixo seguem a relação dos estabelecimentos geradores de RSS, segundo a Resolução CONAMA nº 358/2005:

- Hospitais;
- Clínicas médicas e odontológicas;
- Farmácias e drogarias;
- Laboratórios de análises clínicas e postos de coleta de material biológico;
- Serviços de acupuntura;
- UTIs móveis;

- Instituto Médico Legal;
- Clínicas veterinárias;
- Centros de controle de zoonoses;
- Funerárias;
- Institutos educacionais e de pesquisas médicas;
- Serviços de tatuagens.

Os resíduos dos serviços de saúde constituem uma parte importante do total de resíduos sólidos urbanos produzidos, não pela quantidade gerada, mas sim pelo seu potencial poluidor que pode vir a resultar em um risco para a saúde e ao meio ambiente. Estes resíduos estão inseridos em uma problemática ambiental, da qual, vêm assumindo grande importância nos últimos anos, tanto em âmbito nacional como regional.

Com esta premissa referente à problemática dos resíduos resultantes dos serviços de saúde, deve-se considerar que as unidades geradoras devem possuir o Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Saúde, que definem diretrizes para os procedimentos gerais e para o manejo destes resíduos.

Também deve ser observada na íntegra a Resolução CONAMA 358/2005 que dispõe especificamente sobre o tratamento e destinação final dos resíduos de serviços da saúde. O gerenciamento destes resíduos também pode considerar a dimensão intermunicipal e consorciada de gestão, buscando através dela melhorias na oferta do serviço, abrangência e a redução de custos, tendo como base princípios técnicos, econômicos e ambientais.

Quanto à classificação, segundo as Resoluções RDC ANVISA nº 306/2004 e CONAMA 358/2005, os resíduos são classificados em cinco grupos, sendo eles: A, B, C, D e.

- **Grupo A:** engloba os componentes com possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção. Exemplos: placas e lâminas de laboratório, carcaças, peças anatômicas (membros), tecidos, bolsas transfusionais contendo sangue, dentre outras;

- **Grupo B:** contém substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade. Exemplos: medicamentos apreendidos, reagentes de laboratório, resíduos contendo metais pesados, dentre outros;
- **Grupo C:** quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, como, por exemplo, serviços de medicina nuclear e radioterapia;
- **Grupo D:** não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. Exemplos: sobras de alimentos e do preparo de alimentos, resíduos das áreas administrativas;
- **Grupo E:** materiais perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares (ANVISA, 2006).

A Lei nº 12.305/2010 – PNRS determina que os geradores dos resíduos dos serviços de saúde são os responsáveis pelo seu correto gerenciamento, devendo desta forma, elaborar um Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde.

A Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – RDC ANVISA nº 306/2004, orienta os geradores quanto a elaboração do respectivo Plano. Exigindo que o Plano de Gerenciamento dos Resíduos dos Serviços de Saúde, incluam os critérios técnicos referentes as informações sobre as legislações pertinentes (Federal, Estadual e Municipal), geração, segregação, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final.

A Prefeitura e a vigilância sanitária municipal devem fiscalizar o cumprimento destas ações, referentes ao Plano de RSS, aplicando taxas para estabelecimentos que geram este tipo de resíduo, afim de assegurar o devido tratamento e destinação correta do mesmo.

4.3.2.4. Resíduos da Construção Civil - RCC

De maneira geral, os RCCs são vistos como resíduos de baixa periculosidade, tendo como principal impacto o grande volume gerado. Contudo, nesses resíduos também são encontrados materiais orgânicos, produtos perigosos e embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças.

De acordo com o Art. 13 da Lei nº 12.305/2010, os resíduos de construção civil são aqueles gerados nas construções, em reformas, em reparos e em demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. São definidos e classificados em quatro classes pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 307/2002, em função do seu potencial para serem reciclados ou reutilizados.

Na grande maioria dos municípios, a maior parte dos RCCs é depositada em bota-foras clandestinos, nas margens de rios e córregos ou em terrenos baldios. A deposição irregular de entulho ocasiona proliferação de vetores de doenças, entupimento de galerias e bueiros, assoreamento de córregos e rios, contaminação de águas superficiais e poluição visual.

Com relação à estimativa diária de geração de resíduos de construção civil, há no Brasil uma variação de 0,80 a 2,64 kg/hab. dia. Uma das soluções para os problemas com os RCCs é a reciclagem, que no Brasil, se iniciaram estudos sistematizados na década de 1980.

A análise da possibilidade de usinas de reciclagem é fundamental para a realização de medidas mais eficazes para destinação desse tipo de resíduo, uma vez que conforme já mencionado anteriormente, sua disposição inadequada acarreta numa série de impactos, e mesmo quando dispostos adequadamente ocupam um volume considerável, prejudicando a disposição dos demais resíduos no aterro.

Assim, as soluções para a reciclagem de RCC variam em função do tipo do resíduo a ser tratado. Após a coleta seletiva, os resíduos passam por um processo de trituração, assim as frações se encontram misturadas e os resíduos tem pouco valor agregado. Somente após a granulagem, ou seja, a separação das frações é que se pode dar uma destinação adequada aos novos materiais.

De acordo com o tamanho da fração, os resíduos serão classificados em areia, brita, pedrisco bica corrida e outros. Em seguida, poderão ser comercializados como matéria prima secundária, e/ou utilizados para o tamponamento de vias rurais com buracos.

De acordo com o empreendimento e a quantidade de resíduos de construção civil, há duas categorias de usinas de reciclagem que poderão ser implantadas. As usinas fixas, que são construídas em um terreno com uma área que varia em função da capacidade de processamento da usina, ou seja, quanto maior a capacidade, maior será a área necessária para construir.

Já as usinas móveis têm como vantagens o fato de que o empreendimento se locomove para regiões onde seu serviço se faça necessário. Se aproveitado dessa forma, o empreendimento pode ser altamente lucrativo e extremamente versátil. As figuras abaixo ilustram os dois modelos de usinas de tratamento de resíduos de construção civil.

Figura 107 - Usina fixa de RCC.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 108 - Usina móvel de RCC.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.3.3. Estabelecimento de critérios para pontos de apoio ao sistema de limpeza nos diversos setores da área de planejamento, como apoio à guarnição, centros de coleta voluntária, mensagens educativas para a área de planejamento em geral e para a população específica, ou seja, população vizinha a esses pontos de apoio

A organização do serviço de limpeza urbana deve ser realizada de acordo com as peculiaridades da região e do trabalho a ser executado tendo em consideração dados estatísticos, cadastros, plantas e outros instrumentos de controle que possam ser atualizados periodicamente ou sob demanda devido a alguma alteração que impacte este serviço.

Como atividade de características técnicas a limpeza urbana deverá, preferencialmente, estar subordinada à Secretaria de Serviços Públicos ou Obras e contar com apoio, se possível, de um engenheiro, pois diariamente surgem situações em que o conhecimento técnico deste profissional deve ser aplicado. Em Piraúba, devido ao tamanho reduzido do município, a limpeza urbana pode ficar sob a direção de um encarregado de seção, treinado e com acesso às informações necessárias, que deverá atuar como supervisor e fiscal para o bom andamento dos trabalhos.

Entre as responsabilidades deste encarregado deve estar a organização da frente de trabalho e apoio a guarnição com o objetivo de garantir o cumprimento das metas e das normas trabalhistas aplicáveis.

- Apoio a guarnição

De maneira a garantir a boa execução da limpeza pública o município deve prover toda estrutura necessária, técnica e legalmente, aos trabalhadores e as frentes de trabalho, ou guarnições. Deve-se disponibilizar às guarnições, de acordo com a NR 24, em locais estratégicos, dispositivos para que os trabalhadores higienizem as mãos, se hidratem, realizem as necessidades fisiológicas e se alimentem.

Para os locais onde não seja possível a instalação de um ponto fixo de apoio deve ser disponibilizadas estruturas móveis desde que as mesmas funções e características sejam mantidas, como área ventilada com conforto térmico, lavatório com água corrente, sabonete líquido, toalha descartável e sistema de descarga ou similar que garanta o isolamento da caixa de detritos.

Também devem fornecidos água potável e fresca em recipientes portáteis hermeticamente fechados, armazenados em locais higienizados, os copos de uso coletivo são proibidos. Os colaboradores devem ser continuamente capacitados de modo que sejam esclarecidas as necessidades de utilização dos EPIs, dos procedimentos de operação de sua função objetivando a proteção e segurança da sua saúde e dos que estiverem diretamente ligados a esta atividade.

- Centro de coleta voluntária

Os centros de coleta voluntária são dispositivos instalados em locais com grande fluxo de pessoas e fácil acesso ao público que permitam manobras dos caminhões que fazem o seu manuseio.

Estes pontos são disponibilizados para a população depositar voluntariamente materiais recicláveis (plástico, papel, vidro e metal) ou de logística reversa obrigatória (pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas fluorescentes, e vapor de sódio e mercúrios e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes e agrotóxicos, seus resíduos e embalagens). É aconselhável que estes equipamentos sejam

posicionados em parques, postos de gasolina e áreas públicas que não atrapalhem o fluxo viário de pedestres.

Recomenda-se que os pontos de entrega voluntária estejam sinalizados, com adesivos, indicando qual o tipo de resíduo a ser depositado. Cada tipo de resíduo deve ser identificado com a cor correspondente de acordo com a Resolução CONAMA 275/2000:

- AZUL: papel/papelão;
 - VERMELHO: plástico;
 - VERDE: vidro;
 - AMARELO: metal;
 - PRETO: madeira;
 - LARANJA: resíduos perigosos;
 - BRANCO: resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde;
 - ROXO: resíduos radioativos;
 - MARROM: resíduos orgânicos;
 - CINZA: resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação.
- Mensagens Educativas para a população vizinha aos pontos de apoio

As práticas educativas devem sensibilizar e conscientizar a comunidade sobre as questões ambientais e sua organização na defesa da qualidade do meio ambiente além dos espaços formais. A educação ambiental dos vizinhos dos pontos de apoio das frentes de trabalho móveis é igualmente importante para o êxito do serviço devido aos impactos diretos aos quais estão expostos.

Os encarregados pela organização da limpeza urbana de Piraúba devem identificar os equipamentos utilizados nestes serviços, com adesivos, fitas de sinalização, cartazes com mensagens educativas sobre a importância do serviço que será executado além do período que levará para a conclusão da limpeza. Este material deverá estar fixado em pontos específicos do ponto de apoio onde a população consiga se aproximar e compreender a mensagem sobre o transtorno temporário ao qual os vizinhos serão submetidos.

4.3.4. Estabelecimento de critérios de escolha da área para localização do bota-fora dos resíduos inertes, como excedente de terra dos serviços de terraplenagem e entulhos, gerados, tanto da fase de instalação como de operação

De acordo com o artigo 5º da Resolução CONAMA 307/2002 (alterada pela Resolução CONAMA nº 448/2012) pelos municípios devem elaborar uma Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, e neste plano devem estar cadastradas as áreas públicas ou privadas aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal que possibilite a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento.

Já a ABNT NBR 15.113 determina as diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de triagem, áreas de reciclagem e aterros, bem como o estabelecimento de requisitos para os agregados reciclados que podem ser gerados.

Segundo esta norma os critérios para avaliação da adequabilidade de um local para a implantação de um aterro de resíduos da construção civil classe A e resíduos inertes, primeiramente, devem estar de acordo com a legislação de uso do solo e com a legislação ambiental pertinente. Para esta avaliação devem ser observados os seguintes aspectos:

- a) geologia e tipos de solos existentes;
- b) hidrologia;
- c) passivo ambiental;
- d) vegetação;
- e) vias de acesso;
- f) área e volume disponíveis e vida útil;
- g) distância de núcleos populacionais.

O local adequado também deve ter acessos internos e externos protegidos, executados e mantidos de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas e possuir cercamento em todo o perímetro da área em operação, construído de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas e animais com portão onde seja possível o controle de acesso ao local. Também

devem ser instaladas placas de sinalização na entrada e nas cercas que identifiquem o empreendimento.

Outro dispositivo a ser instalado é a cerca viva arbustiva no perímetro da instalação, para que sejam minimizados os ventos dominantes e a estética para a vizinhança. O local deve dispor de iluminação e energia que permitam qualquer ação de emergência, a qualquer tempo, e o uso imediato de equipamentos, como bombas, compressores e etc.

Os funcionários responsáveis pela operação do aterro devem receber treinamento adequado incluindo, pelo menos, a forma de operação do aterro, com ênfase na atividade específica a ser desenvolvida pelo indivíduo e os procedimentos a serem adotados em casos de emergência.

O aterro não deve comprometer a qualidade das águas subterrâneas, que na sua área de influência deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos na legislação. Quando qualquer parâmetro listado na legislação for excedido, com concentração superior ao limite recomendado, o órgão ambiental competente poderá estabelecer padrões para cada caso levando em consideração a concentração do constituinte e os usos atuais e futuros do aquífero.

Nestes casos o operador da instalação deve recuperar a qualidade do aquífero contaminado apresentando um plano de recuperação da área contaminada ao órgão responsável. A qualidade das águas subterrâneas deve ser monitorada no aquífero mais próximo a superfície, podendo este sistema ser dispensado pelo órgão ambiental competente, em função das condições hidrogeológicas do local.

Os aterros de pequeno porte com área inferior a 10.000 m² e volume de disposição inferior a 10.000 m³ estão dispensados do monitoramento. Para as águas superficiais devem ser previstas medidas de proteção que respeitem as faixas de proteção dos corpos hídricos prevendo-se a implantação de sistema de drenagem compatíveis com a macrodrenagem local e que seja capaz de suportar a chuva com períodos de recorrência de cinco anos, que impeça acesso, ao aterro, de águas precipitadas no entorno e o carreamento de material sólido para fora da área delimitada para o aterro.

4.3.5. Ações de Emergência e Contingência para o Sistema de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos

A paralisação da coleta de resíduos e limpeza pública, bem como ineficiência da coleta seletiva e inexistência de sistema de compostagem poderão gerar incômodos à população e comprometimento da saúde pública e ambiental.

A limpeza das vias através da varrição trata-se de serviço primordial para a manutenção de uma cidade limpa e salubre. A paralisação dos serviços de destinação de resíduos ao aterro interfere no manejo destes resíduos, provocando mau cheiro, formação excessiva de chorume, aparecimento de vetores transmissores de doenças, comprometendo a saúde pública e a qualidade ambiental. Diante disso, objetivou-se a adoção de medidas de contingência para casos de eventos emergenciais de paralisação dos serviços relacionados à limpeza pública, coleta e destinação de resíduos, conforme as tabelas a seguir.

Tabela 76 - Ações de emergências e contingências - Resíduos Sólidos.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	3	GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Paralisação dos serviços de varrição	Greve dos funcionários da empresa contratada para os serviços de varrição ou outro fato administrativo (rescisão ou rompimento de contrato, processo licitatório, etc.)	Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa no caso de paralisação da varrição pública
		Contratar empresa especializada em caráter de emergência para varrição e coleta destes resíduos
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias
Paralisação dos serviços de coleta de resíduos domiciliares	Greve dos funcionários da empresa contratada para os serviços de coleta de resíduos domiciliares e da	Acionar funcionários e veículos da prefeitura, da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos e da Secretaria de Meio Ambiente, para efetuarem a coleta de resíduos em locais críticos, bem como do entorno



	Prefeitura Municipal ou outro fato administrativo	de escolas, hospitais, terminais urbanos de ônibus, lixeiras públicas, etc.
		Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa no caso de paralisação da coleta de resíduos
		Contratar empresas especializadas em caráter de emergência para coleta de resíduos
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias
Paralisação dos serviços de segregação de resíduos recicláveis e/ou coleta seletiva	Greve ou problemas operacionais das associações/ ONGs/ Cooperativas responsáveis pela coleta e triagem dos resíduos recicláveis	Acionar funcionários da prefeitura, da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos para efetuarem estes serviços temporariamente
		Acionar os caminhões da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos para execução dos serviços de coleta seletiva
		Realizar campanha de comunicação visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa no caso de paralisação da coleta seletiva
		Celebrar contratação emergencial de empresa especializada para a coleta e comercialização dos resíduos recicláveis
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores
Paralisação dos serviços de coleta e destinação dos resíduos de saúde/hospitalares	Greve ou problemas operacionais da empresa responsável pela coleta e destinação dos resíduos de saúde/hospitalares	Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias
		Acionar funcionários da prefeitura, da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos para efetuarem estes serviços temporariamente
		Acionar os caminhões da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos para execução dos serviços de coleta dos resíduos de saúde/hospitalares, bem como o transporte dos resíduos de tratamento
		Negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores



		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias
Paralisação total dos serviços realizados no aterro	Greve ou problemas operacionais do órgão ou setor responsável pelo manejo do aterro e/ou área encerrada de disposição dos resíduos	Encaminhar os resíduos orgânicos para aterro alternativo (aterro particular ou de cidade vizinha), negociação da prefeitura/empresa com os trabalhadores
		Cumprimento de todas as obrigações trabalhistas, contratuais e regulatórias
	Explosão, incêndio, vazamentos tóxicos no aterro	Acionar os caminhões da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Urbanos para execução dos serviços de transporte dos resíduos até o local alternativo
		Ações de remediação do problema e contenção da poluição ambiental. Reparo mediato
Paralisação parcial dos serviços realizados no aterro	Ruptura de taludes/células	Cumprimento de todas as obrigações operacionais, normativas, contratuais e regulatórias
		Evacuar a área do aterro sanitário cumprindo os procedimentos internos de segurança; acionar o órgão ou setor responsável pela administração do equipamento, bem como os bombeiros
Vazamento de Chorume	Excesso de chuvas, vazamento de chorume ou problemas operacionais	Promover a contenção e remoção dos resíduos através de caminhão limpa fossa e encaminhar estes para a estação de tratamento de efluentes mais próxima do aterro
		Procedimentos de remediação emergenciais da área
		Monitoramento constante/cumprimento de todas as obrigações operacionais, normativas, contratuais e regulatórias

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.



4.3.6. Objetivo 1 – Implementação do Programa de Educação Ambiental

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 77 - Síntese do objetivo 1.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
OBJETIVO	1	IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL					
FUNDAMENTAÇÃO		A base para qualquer projeto na área de gerenciamento de resíduos sólidos e limpeza pública é a Educação Ambiental, quanto mais consciente o cidadão, melhor será o local onde ele vive. Isto independe de sua condição financeira, da sua cor, da sua raça ou do seu credo. População bem-educada é sinônimo de rios e córregos limpos, separação de seus resíduos dentro da sua casa, da sua escola, do seu trabalho ou do seu local de lazer, ruas e avenidas limpas e principalmente, cobrar uns dos outros e do Poder Público para manter locais limpos e arborizados. Sendo assim, pouco foi informado de Programas de Educação Ambiental, seja para crianças, jovens ou adultos em Piraúba. Se faz necessário então, a adoção de práticas que estabeleçam no município programas como este, voltado para toda a população, atendendo aos instrumentos da Lei nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Número de ações realizadas, número de pessoas impactadas, entrevistas com garis sobre a diminuição ou não de resíduos em vias públicas, número de terrenos baldios com acúmulo de resíduos, controle de recebimento de embalagens de agrotóxicos, qualidade de da água de rios e córregos da região e controle de resíduos da logística reversa e RSS.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Estruturar Programa de Educação Ambiental voltado para os resíduos recicláveis (separação, coleta, transporte e destinação final), orgânicos, e resíduos de logística reversa obrigatória (tipos, separação, transporte e destinação final)		2) Estruturar Programa de Educação Ambiental voltado para a limpeza pública como as vias públicas limpas, rios e córregos, terrenos baldios e a importância de se encerrar lixões a céu aberto.		3) Manter o Programa de Educação Ambiental.		4) Manter o Programa de Educação Ambiental	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.1.1	Implementar programa de Educação Ambiental para a população com o objetivo de melhorar a segregação dos RDO apresentados à coleta convencional, envolvendo os resíduos recicláveis, resíduos orgânicos, RSS, RCC.	R\$ 40.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 80.000,00	RP - FPU - FPR	1º ano 20 mil + 10 mil/ano até o 20º ano.
3.1.2	Implementar programa de Educação Ambiental para a população com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos dispostos irregularmente em vias públicas, terrenos baldios e rios e córregos.	R\$ 40.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 80.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20 mil + 10 mil/ano até o 20º ano.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



3.1.3	Implementar programa de Educação Ambiental junto a população sobre a importância de se encerrar os lixões a céu aberto.		R\$ 60.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 80.000,00	RP – FPU – FPR	20 mil no 4º ano e + 10 mil/ano do 5º até o 20º ano.
3.1.4	Implementar programa de Educação Ambiental junto aos comerciantes e aos produtores rurais referentes a embalagens de agrotóxicos e produtos veterinários.	R\$ 40.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 80.000,00	RP – FPU – FPR	1º ano 20 mil + 10 mil/ano até o 20º ano.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 120.000,00	R\$ 210.000,00	R\$ 160.000,00	R\$ 320.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 810.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.7. Objetivo 2 – Manutenção e Aprimoramento da Coleta Convencional

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 78 - Síntese do objetivo 2.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
OBJETIVO	2	MANUTENÇÃO, APRIMORAMENTO E UNIVESALIZAÇÃO DA COLETA CONVENCIONAL					
FUNDAMENTAÇÃO	O Município de Piraúba atualmente realiza a coleta convencional em 100% da área urbana. A Prefeitura dispõe de planejamento para a execução do serviço através de um cronograma semanal e veículos apropriados para a coleta. Porém, nas comunidades rurais mais distantes da área urbana não há realização da coleta convencional. Desta forma, atendendo aos princípios contidos da Lei nº 12.305/2010 e na Lei nº 11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026/2020, se faz necessário a universalização dos serviços de gestão de resíduos sólidos.						
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Extensão de comunidades rurais atendidas a partir da instalação de PEVs - Ponto de Entrega Voluntária. Custo unitário da coleta de geração <i>per capita</i> de RDO. Custo unitário da coleta convencional por tonelada de RDO recolhido.						
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Manter 100% da coleta convencional de RDO. 2) Implantar sistema de coleta de RDO nas comunidades rurais não atendidas.		3) Manter a coleta convencional de RDO nas áreas urbana e rural.		4) Reduzir em 10% a geração <i>per capita</i> de RDO. 5) Manter a coleta convencional de RDO.		6) Reduzir em 40% a geração per capita de RDO. 7) Manter a coleta convencional de RDO.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.2.1	Manutenção da coleta convencional de RDO na área urbana.	R\$ 1.932.440,61	R\$ 3.369.378,60	R\$ 2.721.957,64	R\$ 5.563.354,48	RP – FPU – FPR	Geração anual x o custo da coleta
3.2.2	Implantação de PEVS nas comunidades rurais não atendidas.	R\$ 144.000,00				FPU – FPR	R\$8.000,00 o valor de um PEV de 2.500 litros, sendo 18 PEVs no total para a área rural até o 3º ano.
3.2.3	Manutenção da coleta de RDO nas comunidades rurais	R\$ 311.435,88	R\$ 411.770,74	R\$ 509.119,62	R\$ 801.677,02	FPU – FPR	Geração anual x % de ampliação x custo/ton. x o prazo estipulado.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES	R\$ 2.387.876,49	R\$ 3.781.149,34	R\$ 3.231.077,26	R\$ 6.365.031,50	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 15.765.134,59

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.8. Objetivo 3 – Gestão de Resíduos Orgânicos

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 79 - Síntese do objetivo 3.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
OBJETIVO	3	IMPLANTAR A GESTÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS					
FUNDAMENTAÇÃO		Atualmente não há ações direcionadas aos resíduos orgânicos gerados em Piraúba, os mesmos são destinados junto aos demais resíduos da coleta convencional para o aterro sanitário localizado no Município de Candiota, distante 111 Km de Piraúba, sobrecarregando o respectivo aterro sanitário. Ressalta-se, que a Lei nº 12.305/2010 - PNRS prevê dentre outras ações a implementação de práticas voltadas ao reaproveitamento da fração orgânica dos resíduos gerados nas atividades urbanas. A mesma lei também obriga os usuários do sistema a apresentarem os resíduos orgânicos segregados dos demais resíduos para coleta.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Fração orgânica dos RDO coletados, grandes geradores cadastrados e produção de composto.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Mapear os grandes geradores de resíduos orgânicos. 2) Aquisição de um veículo apropriado para a coleta diferenciada dos resíduos orgânicos. 3) Iniciar para 30% da população urbana a coleta diferenciada dos resíduos orgânicos.		4) Iniciar para 75% da população urbana a coleta diferenciada de resíduos orgânicos. 5) Implementar o projeto piloto de horta comunitária e viveiro de mudas junto à central de compostagem.		6) Iniciar para 100% da população urbana a coleta diferenciada para os resíduos orgânicos.		7) Manter a coleta diferenciada de resíduos orgânicos para a população urbana.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.3.1	Cadastrar os grandes geradores de resíduos orgânicos, como por exemplo: hotéis, restaurantes, escolas, mercados, feiras e etc.	R\$ 25.200,00				RP - AA	Salário estagiário (R\$700,00) x 12 meses
3.3.2	Aquisição de Caminhão caçamba para a coleta de orgânicos.	R\$ 330.000,00				RP - FPU -FPR	Média mercado de preço do caminhão caçamba basculante



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



3.3.3	Elaborar e divulgar a rota e o cronograma de coleta diferenciada para os resíduos orgânicos em toda a área urbana.	-				AA	
3.3.4	Implementar e realizar a coleta diferenciada para resíduos orgânicos em toda a área urbana.	R\$ 315.566,25	R\$ 857.861,25	R\$ 3.112.402,50	R\$ 3.112.402,50	RP - FPU - FPR - PPP	Geração anual de orgânicos x custo unitário de coleta urbana x porcentagem de atendimento do referido período
3.3.5	Implementar projetos piloto de horta comunitária e viveiro de mudas junto à central de compostagem.	R\$ 84.800,00	R\$ 83.000,00	R\$ 66.400,00	R\$ 132.800,00	RP - FPU -FPR	R\$5.000,00 implantação da horta + R\$1.600,00/ano operação + R\$30.000,00 implantação do viveiro + R\$15.000,00/ano operação
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 755.566,25	R\$ 940.861,25	R\$ 3.178.802,50	R\$ 3.245.202,50	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 8.120.432,50

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.9. Objetivo 4 – Implantar e Manter a Coleta Seletiva

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 80 - Síntese do objetivo 4.

SETOR	3	MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
OBJETIVO	4	MANTER E AMPLIAR A COLETA SELETIVA					
FUNDAMENTAÇÃO	A coleta seletiva é essencial para atingir as metas de redução, reutilização e reciclagem. No Município de Piraúba não há coleta seletiva, se tornando necessário a implantação de uma política municipal voltada para esta vertente da Lei nº 12.305/2010.						
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)	Massa de recicláveis coletada. Massa de recicláveis enviada ao aterro sanitário de Candiota. Massa de rejeitos após a triagem dos recicláveis.						
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Mapear os grandes geradores. 2) Instalar PEVs na área urbana. 3) Atender 15% a população urbana com a coleta seletiva. 4) Aquisição de um caminhão.		5) Manter a coleta seletiva. 6) Atender 50% a população urbana com a coleta seletiva.		7) Atender em 100% a população urbana com a coleta seletiva. 8) Aquisição de dois caminhões. 9) Manter a coleta seletiva.		10) Manter a coleta seletiva.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.4.1	Programa de cadastro e capacitação de catadores.	R\$ 50.400,00	R\$ 84.000,00	R\$ 67.200,00	R\$ 134.400,00	AA - RP	2 Estagiários R\$700,00 cada (Imediato), ação administrativa para manutenção a médio e longo prazo



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



3.4.2	Realizar o cadastro de grandes geradores do município.	R\$ 25.200,00	R\$ 42.000,00	R\$ 33.600,00	R\$ 67.200,00	AA - RP	salário estagiário * anos
3.4.3	Ampliação e divulgação da rota de coleta de recicláveis na área urbana.		-	-	-	AA	
3.4.4	Implantação de PEVs para o recebimento de recicláveis na área urbana.	R\$ 24.000,00				RP- FPU - FPR	R\$8.000,00 o valor de um PEV de 2.500 litros, sendo um PEV cada cinco mil pessoas.
3.4.5	Implementar e manter a coleta seletiva porta-a-porta	R\$ 11.942,64	R\$ 85.588,89	R\$ 169.187,35	R\$ 364.250,40	FPU - FPR	Geração anual x % de ampliação x custo/ton. x o prazo estipulado.
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 111.542,64	R\$ 211.588,89	R\$ 269.987,35	R\$ 565.850,40	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.158.969,28

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.10. Objetivo 5 - Adequar os Serviços de Limpeza Pública

A tabela abaixo sintetiza as metas, ações e investimentos para este objetivo.

Tabela 81 - Síntese do objetivo 5.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	3	RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA					
OBJETIVO	5	ADEQUAR OS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA					
FUNDAMENTAÇÃO		Os resíduos verdes oriundos das podas e cortes de árvores são encaminhados para o bota-fora irregular (não sendo licenciado para tal atividade) localizado no município. As informações disponíveis sobre a limpeza pública no SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento são insuficientes.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Taxa de empregados no manejo de RDO em relação à população, extensão de vias atendidas com varrição, poda, capina e roçagem, produção de composto e equipe de fiscalização de terrenos baldios.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Adequar o planejamento e execução dos serviços. 2) Fiscalização ostensiva.		3) Adquirir um triturador de galhos. 4) Manter o serviço de limpeza pública.		5) Destinar os resíduos verdes para a compostagem. 6) Manter a fiscalização e adequação dos serviços.		7) Manter o serviço de limpeza pública. 8) Manter a fiscalização e adequação dos serviços.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.5.1	Aumentar a fiscalização	R\$ 50.922,00	R\$ 84.870,00	R\$ 67.896,00	R\$ 135.792,00	RP	Salário fiscal * anos
3.5.2	Adquirir um triturador de galho	R\$ 15.308,00				RP - FPU	Valor médio de compra de trituradores de galho.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



3.5.3	Manter o serviço de limpeza pública	R\$ 2.973.443,01	R\$ 4.955.738,35	R\$ 3.964.590,68	R\$ 7.929.181,36	RP - FPU - FPR	Custo atual x anos
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 3.039.673,01	R\$ 5.040.608,35	R\$ 4.032.486,68	R\$ 8.064.973,36	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 20.177.741,40

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.11. Objetivo 6 - Gestão Dos Resíduos Sólidos da Construção Civil – RCC

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 6, suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



3.6.4	Exigir a adequação ambiental das empresas coletoras de RCC.	-				AA	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 216.000,00	R\$ 328.000,00	R\$ 360.000,00	R\$ 576.000,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.480.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.12. Objetivo 7 - Gestão de Resíduos Sólidos Agrossilvopastoris

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 7 com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 83 - Síntese do objetivo 7.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	3	RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA					
OBJETIVO	7	GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROSILVOPASTORIS					
FUNDAMENTAÇÃO		Basicamente, nesta categoria incluem-se como os resíduos mais emblemáticos as embalagens vazias de agrotóxicos.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Controle de recebimento de embalagens vazias nos pontos de venda. Controle de destinação final adequada emitido pelo INPEV.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Mapear os grandes geradores. 2) Implantar o controle de recebimento das embalagens vazias nos pontos de venda.		3) Firmar parceria com o INPEV - Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias.		4) Atingir o descarte correto de 50% das embalagens de agrotóxico comercializadas.		5) Atingir o descarte correto de 100% das embalagens de agrotóxico comercializadas.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.7.1	Mapear os grandes geradores.	R\$ 29.772,00				AA	salário estagiário * anos
3.7.2	Implantar a fiscalização e o controle de recebimento de embalagens vazias nos pontos de venda.	R\$ 203.688,00	R\$ 271.584,00	R\$ 339.480,00	R\$ 543.168,00	RP	salário fiscal * anos
3.7.3	Estabelecer parceria com o INPEV para o recolhimento das embalagens.	-				AA	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 233.460,00	R\$ 271.584,00	R\$ 339.480,00	R\$ 543.168,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 1.387.692,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.13. Objetivo 8 - Fomentar a Responsabilidade Compartilhada Sobre a Gestão dos Resíduos da Logística Reversa

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 8 com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 84 - Síntese do objetivo 8.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO										
SETOR	3	RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA								
OBJETIVO	8	FOMENTAR A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA LOGÍSTICA REVERSA								
FUNDAMENTAÇÃO		No Município de Piraúba não há controle da quantidade gerada e coletadas dos resíduos de logística reversa. Faz-se necessário a implantação de programas responsáveis por realizar essa quantificação e aprimorar os existentes. Além de promover a correta coleta e destinação de tais resíduos, considerando as implicações legais e ambientais vigentes.								
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Responsáveis mapeados. Massa e/ou volume coletados e destinados.								
METAS										
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS			CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS			
1) Mapear, cadastrar e quantificar a geração de REE - Resíduos Eletroeletrônicos e Resíduo da Logística Reversa Obrigatória - RLO. 2) Coletar e destinar corretamente 30% dos REE e Resíduos da Logística Reversa aumentando o número de PEVs. 3) Aprimorar o local de armazenamento de pneus inservíveis.			4) Fortalecer a fiscalização. 5) Buscar solução para a destinação final dos resíduos de logística reversa obrigatória.		6) Coletar e destinar corretamente 50% dos REE e Resíduos da Logística Reversa.		7) Coletar e destinar corretamente 100% dos REE e Resíduos da Logística Reversa Obrigatória.			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES										
CÓDIGO	DESCRIÇÃO								POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
					IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.8.1	Mapear e cadastrar os responsáveis pelos resíduos (comerciantes, distribuidores, importadores, fabricantes, etc) em cada tipologia da Logística Reversa dos Resíduos.				R\$ 29.772,00				AA	salário estagiário * anos
3.8.2	Aumentar os PEVs destinados ao recebimento de pilhas e baterias usadas, lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos.				R\$ 900,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	RP – FPU – FPR	Preço médio de um PEV para resíduos eletrônicos x a quantidade de PEVs necessário.



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



3.8.3	Buscar a destinação correta para pilhas e baterias usadas, lâmpadas fluorescentes e resíduos eletrônicos	-	-	-	-	AA	
3.8.4	Aprimorar o local de armazenamento de pneus inservíveis	R\$ 60.000,00				RP	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 90.672,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 91.572,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.14. Objetivo 9 – Aprimorar a Gestão dos RSS

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 9 com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 85 - Síntese do objetivo 9.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	3	RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA					
OBJETIVO	9	APRIMORAR A GESTÃO DOS RSS					
FUNDAMENTAÇÃO		Todas as Unidades Públicas de Saúde de Piraúba possuem Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde - PGRSS, informando sobre as quantidades geradas, coletadas e destinadas corretamente. Porém não se possui tais dados referentes as unidades de saúde particulares do município, sendo estes dados importantes para conhecimento afim de se estimar os valores totais.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Massa de RSS coletada. Fração reciclável dos RSS coletados.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Exigir o PGRSS dos estabelecimentos particulares de saúde. 2) Adequar procedimentos internos de gerenciamento. 3) Adequar os locais de armazenamento.		4) Instalar PEVs em farmácias e drogarias para que a própria população realize o seu descarte corretamente.		5) Reduzir em 50% a fração de recicláveis descartados junto aos RSS.		6) Reduzir em 90% a fração de recicláveis descartados junto aos RSS.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.9.1	Exigir o PGRSS dos estabelecimentos particulares de saúde	-				RP - FPU	
3.9.2	Instalação de PEVs em drogarias e farmácias para o recebimento de medicamentos vencidos pela população.	R\$ 6.200,00				RP	Número de farmácias x a quantidade PEVs.
3.9.3	Melhorias nos locais de acondicionamento	-	-	-	-	AA	



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES	R\$ 6.200,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 6.200,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.15. Reestruturar o Sistema Tarifário

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 10 com as suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 86 - Síntese do sistema tarifário.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	3	RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA					
OBJETIVO	10	REESTRUTURAR O SISTEMA TARIFÁRIO					
FUNDAMENTAÇÃO		O Município de Piraúba possui déficit orçamentário em seu sistema de gerenciamento de resíduos sólidos e limpeza pública, demonstrando a urgência em adequar a realidade do município com as novas diretrizes da PNRS. É necessário que haja receita para que este segmento do Poder Público local possa ser mais independente financeiramente, propiciando desta forma, autonomia em suas tomadas de decisão. Alocando os seus recursos financeiros em melhorias para este setor. A criação de um sistema tarifário justo e eficiente para o município poderá melhorar a gestão dos resíduos sólidos e a limpeza pública de Piraúba.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Balanço financeiro do gerenciamento de resíduos sólidos e limpeza pública. Índice de inadimplência.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Implementar 1/6 da taxa de manejo de RS, a cada ano.		2) Implementar 1/6 da taxa de manejo de RS, a cada ano até o montante total.		3) Fiscalizar e manter os serviços de cobrança.		4) Atingir a autossuficiência financeira.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO					POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
3.11.1	Elaborar a estrutura tarifária para os diferentes usuários do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos limpeza pública.	-	-	-	-	AA	
3.11.2	Implementar a taxa de manejo de resíduos sólidos progressivamente.	-	-	-	-	AA	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						TOTAL DO OBJETIVO	

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios, FPU – Financiamento Público, FPR – Financiamento Privado, AA – Ação Administrativa.



4.3.16. Análise Econômica

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

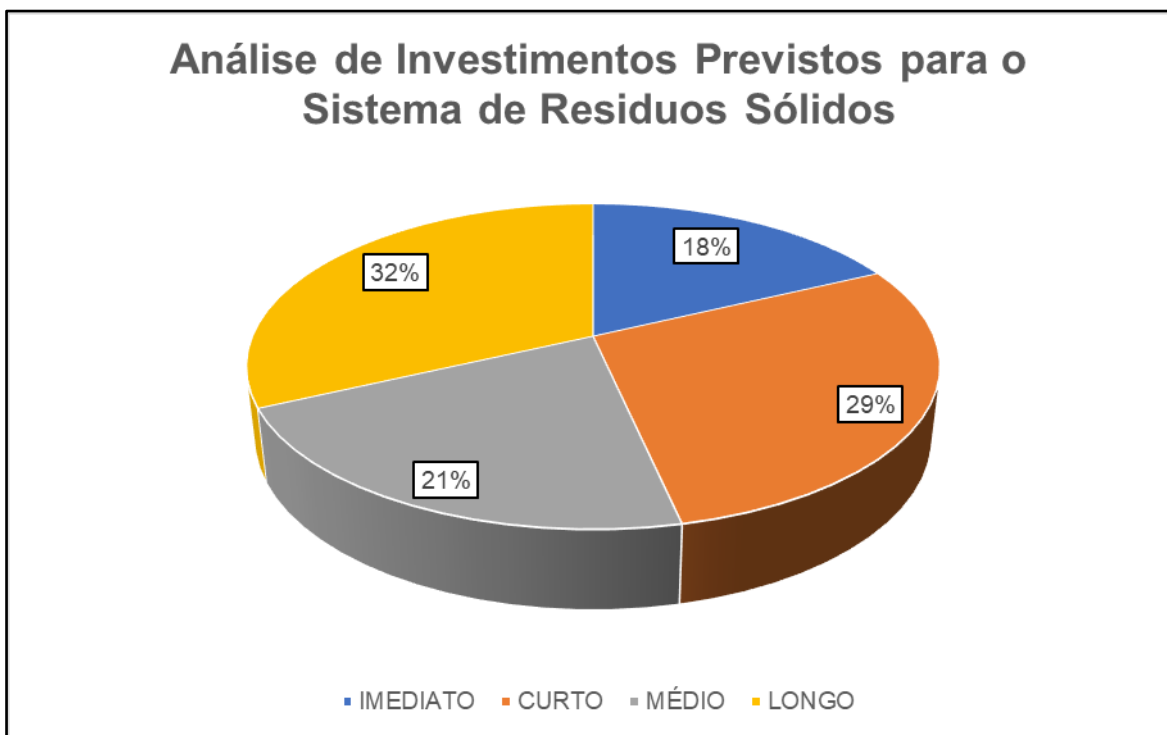
Tabela 87 - Totais dos valores estimados.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SISTEMA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA					
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)					
OBJETIVOS					TOTAL GERAL
	IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO	
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	R\$ 120.000,00	R\$ 210.000,00	R\$ 160.000,00	R\$ 320.000,00	R\$ 810.000,00
MANUTENÇÃO E UNIVERSALIZAÇÃO DA COLETA CONVENCIONAL	R\$ 2.387.876,49	R\$ 3.781.149,34	R\$ 3.231.077,26	R\$ 6.365.031,50	R\$ 15.765.134,59
GESTÃO DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS	R\$ 755.566,25	R\$ 940.861,25	R\$ 3.178.802,50	R\$ 3.245.202,50	R\$ 8.120.432,50
MANUTENÇÃO E UNIVERSALIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA	R\$ 111.542,64	211.588,89	269.987,35	565.850,4	R\$ 1.158.969,28
AMPLIAR E ADEQUAR OS SERVIÇOS DE LIMPEZA PÚBLICA	R\$ 3.039.673,01	R\$ 5.040.608,35	R\$ 4.032.486,68	R\$ 8.064.973,36	R\$ 20.177.741,40
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	R\$ 216.000,00	R\$ 328.000,00	R\$ 360.000,00	R\$ 576.000,00	R\$ 1.480.000,00
GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROSILVOPASTORIS	R\$ 233.460,00	R\$ 271.584,00	R\$ 339.480,00	R\$ 543.168,00	R\$ 1.387.692,00
FOMENTAR A RESPONSABILIDADE COMPARTILHADA SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA LOGÍSTICA REVERSA	R\$ 90.672,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 91.572,00
APRIMORAR A GESTÃO DOS RSS	R\$ 6.200,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 6.200,00
REESTRUTURAR O SISTEMA TARIFÁRIO	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
TOTAL GERAL	R\$ 6.960.990,39	R\$ 10.784.091,83	R\$ 11.572.133,79	R\$ 19.680.525,76	R\$ 48.997.741,77

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura a seguir ilustra o gráfico com a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 109 - Gráfico com as despesas por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais

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

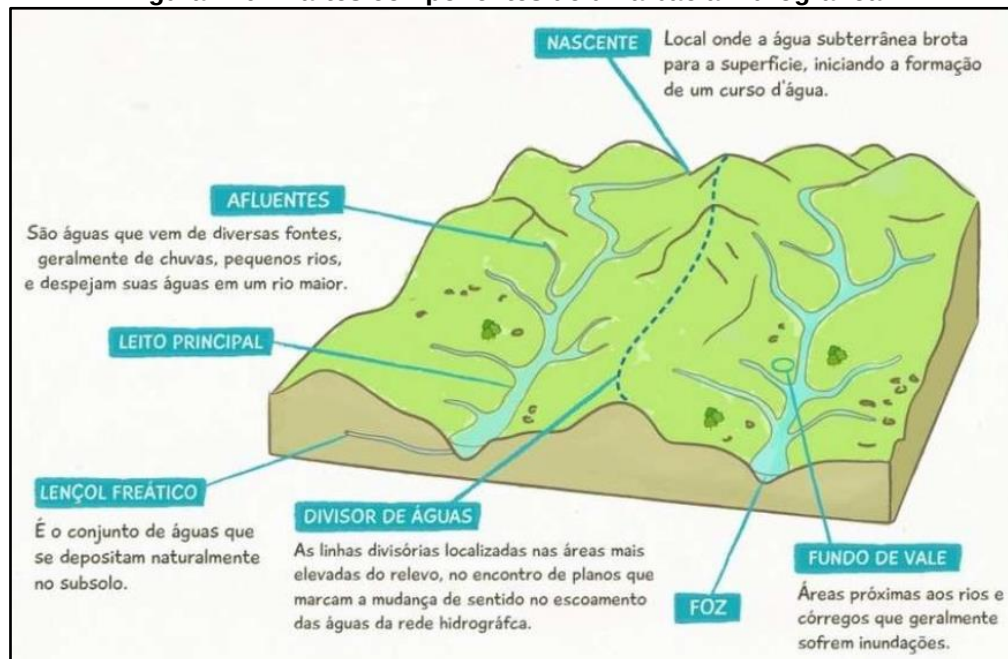
As medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando a correção ou prevenção dos problemas. Já as medidas não estruturais são aquelas em que se procura reduzir, danos ou consequências, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem,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

Os fundos de vale correspondem a áreas situadas nas porções mais baixas das bacias hidrográficas, como o ponto com a cota mais baixa em uma área de relevo, próximas aos cursos d'água e consequentemente suscetíveis a alagamentos.

Durante as reuniões técnicas com a administração municipal também foram apontados que existem alguns pontos de alagamento no município fato esse que devem ser dispostas soluções no escopo do plano.

A área denominada como fundo de vale recebe as águas de trechos de drenagem do entorno em função da declividade e localização do mesmo, que por ventura escoam e formam os rios. Geralmente, fundos de vale são constituídas por APPs - Áreas de Preservação Permanente, visto a importância da mesma para a proteção dos corpos hídricos. A figura abaixo exemplifica sobre as partes que compõem as bacias hidrográficas, sendo o fundo de vale um dos componentes.

Figura 110 - Partes componentes de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Os fundos de vale são resguardados pela Lei nº 12.651/2012 - Código Florestal, que estabelece as normas e vigências em relação as APP. Outras legislações que resguardam tais áreas diretamente, são a Lei Federal nº 6.938/81 - Política Nacional do Meio Ambiente, as Resoluções do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente e de forma indireta, a Lei nº 6.766/79 que dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providencias.

Porém, considerando a ocupação e expansão urbana de bacias hidrográficas e associadas com atividades antrópicas com potenciais impactos ambientais negativos, nota-se que os fundos de vale estão em estado de degradação e fragilidade ambiental, principalmente em função de ocupações irregulares e ocupação e uso do solo indevidas.

A degradação das áreas de fundo de vale ocorre principalmente em função da falta de ordenamento territorial e pelo uso e ocupação do solo de forma irregular nas bacias hidrográficas. A ocupação destas áreas de forma irregular é responsável por trazerem problemáticas de grandes proporções como a degradação ambiental em áreas naturais. Quando ocorre em área urbana pode causar grandes enchentes, principalmente em épocas de altos índices pluviométricos, considerando o aumento da contribuição das águas das chuvas associada com a falta de permeabilidade do solo. Evidencia-se sobre a

importância de estudos e prudência nas construções em áreas de várzea, buscando evitar transtornos futuros em relação a drenagem.

Em se tratando de incentivo a pesquisa para a recuperação de áreas de fundo de vale, o Brasil possui pesquisas em andamento. Contudo, devido à complexidade exigida na condução destes estudos relacionados com o reestabelecimento de áreas naturais e das margens dos corpos hídricos, as pesquisas caminham a passos lentos. Nesse sentido, torna-se de grande interesse para governantes e população civil a priorização das recuperações dessas áreas, visando a diminuição das problemáticas em decorrência dos impactos ambientais negativos nas áreas de fundo de vale.

A recuperação e tratamento das áreas de fundo de vale deve partir de um estudo estruturado em relação aos âmbitos sociais, físicos e de variáveis ambientais. Abaixo segue propostas de instrumentos que visam o estabelecimento de métodos para a recuperação e manejo de áreas de fundo de vale.

4.4.1. Medidas Estruturais

4.4.1.1. Medidas de Controle para Redução do Assoreamento

Os impactos causados pela urbanização em um ambiente natural podem ser constatados a partir da análise do ciclo hidrológico. Qualquer meio natural tem sua forma determinada principalmente pela ação das águas, entre outros condicionantes físicos. As águas pluviais são dissipadas através da evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial.

Com o crescimento dos centros urbanos, todos estes processos são reduzidos drasticamente devido à impermeabilização do solo, com exceção do escoamento superficial, o qual tem seu tempo de concentração diminuído, causando graves reflexos nos cursos de drenagem natural, provocando erosão, assoreamento e enchentes (BARBOSA, 2006).

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

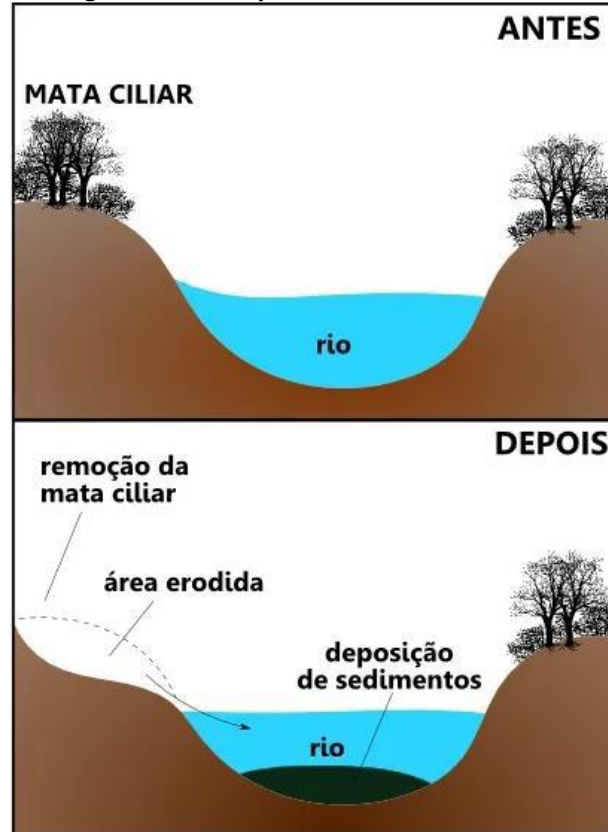
A principal causa do assoreamento de rios é a intensificação do processo de erosão do solo, ou seja, a remoção dos sedimentos na camada superficial com o seu posterior destino aos cursos d'água graças ao transporte realizado pelo escoamento da água das chuvas. Essa situação é originada ou agravada pelas práticas humanas, principalmente pela remoção da vegetação, que teria como função conter a produção de sedimentos por meio da proteção do solo e também dificultar a locomoção desses em direção aos rios.

O combate ao assoreamento é uma das principais medidas extensivas para evitar problemas com drenagem. O poder público em parceria com o governo encarregado precisa entender a necessidade de elaborar e arquitetar obras de controle da erosão do solo que resultem em meio certo para resolver o problema, sendo extensiva a toda área da bacia, sendo assim, conter o assoreamento ao longo do rio.

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

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

Figura 111 - Esquema de Assoreamento.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No caso do Município de Piraúba, este, não possui problemas graves relacionados com a erosão do solo. Porém ao longo dos anos, há a possibilidade de acontecer eventos isolados, onde os maiores potenciais erosivos são registrados em locais de elevada precipitação e declividade, como também problemas com assoreamento em canais superficiais ao longo das rodovias onde não há um sistema de microdrenagem e pavimentação.

O problema de erosão acontece com maior frequência em áreas com vias não pavimentadas, como a zona rural, dessa forma, uma das maneiras para mitigar esses acontecimentos é a realização de pavimentação porosa associada à instalação de sistema de drenagem (bueiros, boca de lobo, galerias, sarjetas, etc.).

4.4.1.2. Reservatórios e Bacias de Retenção ou Detenção.

A utilização de reservatórios ou bacias de Detenção e Retenção é uma estratégia que evita picos de vazões de diferentes sub-bacias que se sobreponham gerando picos resultantes superiores à capacidade de drenagem da calha dos talwegues e conseqüentemente acarretando inundações indesejadas.

As bacias de detenção são reservatórios de armazenamento de curtos períodos, que reduzem as vazões de pico dos hidrogramas de cheias, aumentando seu tempo de base, tendo o potencial de produzir os seguintes benefícios: reduzir problemas de inundações localizadas; reduzir custos de sistemas de galerias de drenagem, melhorar a qualidade da água; minorar os problemas de erosão nos pequenos tributários; aumentar o tempo de resposta do escoamento superficial; melhorar as condições de reuso da água e recarga do aquífero; reduzir as vazões máximas de inundações à jusante (TUCCI, 2000).

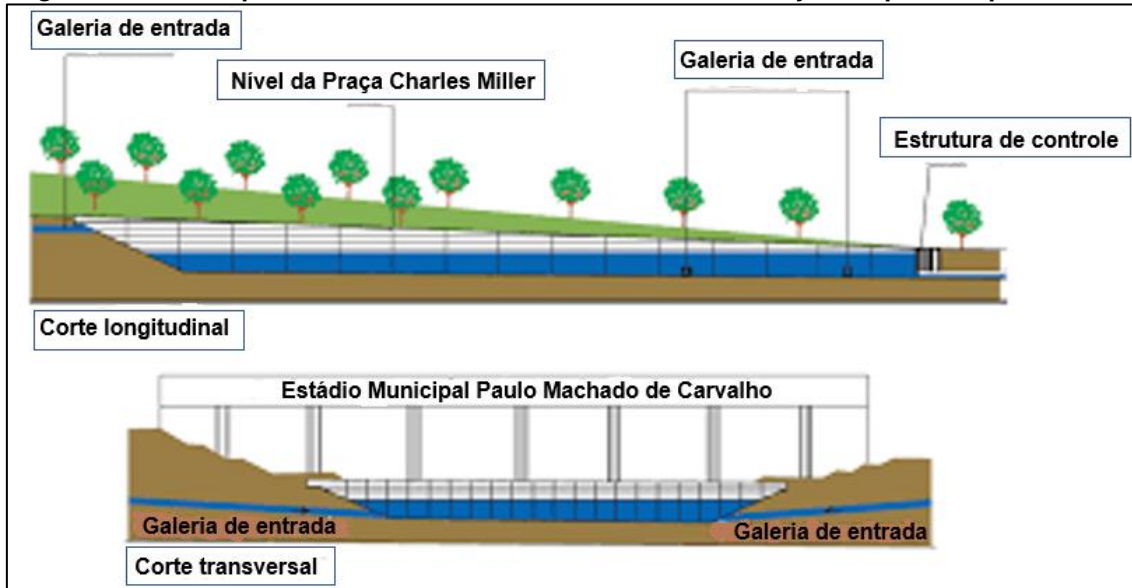
Um grande diferencial da estratégia para controle de sistemas de Macrodrenagem está justamente na locação dos reservatórios de detenção, onde se busca, na medida do possível, a utilização de barragens já existentes e áreas de planícies de inundação naturais em sub-bacias não urbanizadas, ou seja, áreas predominantemente rurais ou menos urbanizadas. Estas características de projeto facilitam a viabilidade de sua implantação tanto do ponto de vista técnico-financeiro como do ponto de vista ambiental, pois aproveita áreas que já são periodicamente inundadas, evitando desapropriações em áreas urbanas e construções de estruturas hidráulicas complexas.

De acordo com alguns autores citados em Canholi (1995), tais como, Walesh (1989), Urbonas (1991), Lazaro (1990) e Asce (1989), procuram diferenciar as obras de reservação entre bacias de detenção e retenção. As bacias de detenção são obras destinadas a armazenar os escoamentos de drenagem, normalmente secas durante as estiagens, mas projetadas para reter as águas superficiais apenas durante e após as chuvas.

As bacias de retenção são reservatórios de superfície que sempre contém um volume substancial de água permanente para servir as finalidades recreacionais, paisagísticas ou abastecimento. As bacias de sedimentação são

reservatórios que possuem a função principal da retenção de sólidos em suspensão, detritos e absorver poluentes que são carregados pelos escoamentos superficiais (CANHOLI, 1995). Abaixo segue um exemplo de reservatório subterrâneo com recreação na parte superior.

Figura 112 - Exemplo de reservatório subterrâneo com recreação na parte superior.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

No Município de Piraúba, para o controle da macrodrenagem, a qual pretende retardar a vazão resultante do escoamento superficial de determinadas áreas, recomenda-se a implantação de uma bacia de retenção ou detenção, a qual irá atender à necessidade específica do sistema de drenagem e agrega ao aspecto paisagístico da área urbana.

Como citado acima, a bacia de detenção mantém a água provinda da drenagem e libera a mesma aos poucos, obtendo maior controle sobre o escoamento da mesma. No caso da adoção da bacia de detenção, seria interessante que a água liberada possuía sistema de tubulação para disposição no curso d'água mais próximo da área da bacia.

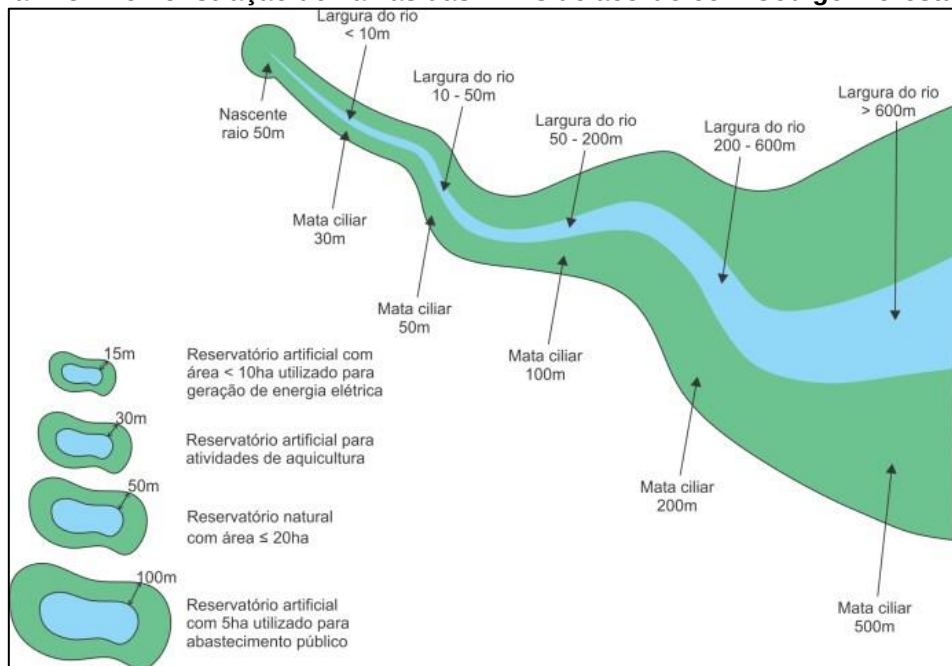
4.4.1.3. Recuperação de Matas Ciliares e APPs

A cidade possui um potencial de expansão da malha urbana, contudo esse crescimento deve ser planejado e organizado para evitar o incremento dos problemas de drenagem a jusante. Uma das maneiras de mitigar esses problemas é a recuperação das matas ciliares de acordo com a legislação

pertinente para APPs, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 o novo Código Florestal Brasileiro.

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

Figura 113 - Demonstração de Faixas das APPs de acordo com Código Florestal.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A recuperação deve ser feita com espécies nativas do bioma em que a bacia está inserida. Além disso, pressupor uma futura urbanização, e mais adiante, a possibilidade de criação de parques lineares para evitar a ocupação irregular nas planícies aluviais. As Áreas de Proteção Permanente – APP, dos demais cursos hídricos que cortam a malha urbana também devem ser recuperados, concomitantemente à implantação dos parques lineares, sempre respeitando a largura estabelecida em lei e a escolha de espécies nativas da região.

O Município de Piraúba é cortado principalmente pelo Ribeirão Piraúba, muitas propriedades estão regulares, de acordo com o Código Florestal, contudo, foram identificadas áreas que estão irregulares em função da proximidade com o corpo hídrico.

4.4.1.4. Utilização de Áreas Verdes para Controle Hidrológico

As áreas verdes de controle hidrológico são apresentadas por representarem importância significativa no controle da drenagem urbana, visando o equacionamento de problemas de inundações existentes no município bem como evitar a formação de novas áreas de risco.

Além disto, desempenham de maneira integrada as funções ecológicas na bacia, em especial a preservação de fauna e flora, através da formação de corredores ecológicos, a proteção da qualidade dos recursos hídricos, a formação de áreas verdes urbanas para prática de esportes, cultura e lazer, a melhoria da paisagem e ambiência urbana, contribuindo para o desenvolvimento sustentável municipal.

O Município de Piraúba possui o terreno ondulado e o lençol freático profundo, portanto a capacidade de infiltração do solo fica reduzida, aumentando assim a probabilidade dos eventos de alagamento para toda a área urbana. Segue abaixo um trecho de conscientização e um conjunto de maneiras para mitigar os alagamentos em centros urbanos.

“O conceito de cidade sustentável reconhece que a cidade precisa atender aos objetivos sociais, ambientais, políticos e culturais, bem como aos objetivos econômicos e físicos de seus cidadãos. É um organismo dinâmico tão complexo quanto à própria sociedade e suficientemente ágil para reagir com rapidez às suas mudanças que, num cenário ideal, deveria operar em ciclo de vida contínuo, sem desperdícios [...]. A cidade sustentável deve operar segundo um modelo de desenvolvimento urbano que procure balancear, de forma eficiente, os recursos necessários ao seu funcionamento, seja nos insumos de entrada (terra urbana e recursos naturais, água, energia, alimento, etc.), seja nas fontes de saída (resíduos, esgoto, poluição, etc.).” (BENINI, 2012 apud LEITE; AWAD, 2012, p. 135)

- Corredores Verdes

A ideia de "corredor verde" surgiu no final do século XX, buscando uma ecologia do campo. A sua função principal é a conexão dos diferentes elementos que compõem a paisagem, florestas, campos agrícolas, rios, estradas, etc., permitindo o fluxo de água, materiais, animais ou seres humanos, e favorecendo a existência de uma trama inter-relacionada. Equivalentemente, tem-se a aplicação deste conceito em cidades.

A relação entre diferentes áreas verdes e o espaço urbano, envolve a criação de uma estrutura verde formada pelas árvores na estrada, parques

lineares e trechos de jardins pequenos para executar a função de corredor entre grandes parques e jardins conectando o ambiente natural envolventes nas cidades. (FALCÓN, 2007, p. 45 apud BENINI,2012).

Corredores verdes oferecem possibilidades de conciliar múltiplos usos para o homem com o convívio cotidiano com áreas naturais, ou recuperadas. Por serem espaços abertos lineares, podem ser projetados ao longo de rios e córregos, lagos, brejos e áreas alagáveis, em linhas de cumeada e encostas, áreas que devem ser protegidas pela sua fragilidade e importância ecológica. (HERZOG, 2008, p. 17 apud BENINI, 2012). Abaixo vemos exemplos de corredores verdes.

Figura 114 - Exemplo de Corredores Verdes.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em conformidade com os apontamentos apresentados por Franco (2010), torna-se possível afirmar a importância dos corredores verdes no espaço urbano, pois além de valorizarem a paisagem urbana, contribuem para o conforto ambiental (minimizam o ruído e os efeitos da poluição do ar, além de ajudar a regular a umidade e a temperatura) e para a drenagem urbana é um plano que abrange a bacia de drenagem e deve ter um projeto holístico, multifuncional e estético adequado à paisagem local.

São ruas arborizadas, que integram o manejo de águas pluviais (com canteiros pluviais), reduzem o escoamento superficial durante o período das chuvas, diminuem a poluição difusa que é carregada de superfícies impermeabilizadas, possibilitam dar visibilidade aos processos hidrológicos e do funcionamento da infraestrutura verde. (HERZOG, 2010b, p. 09 apud BENINI,2012).

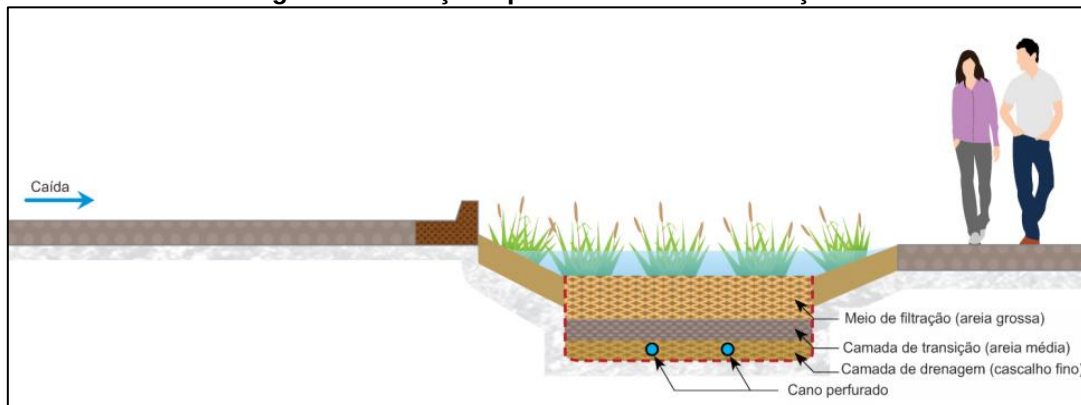
- Biovaleta

Para Cormier e Pellegrino (2008, p. 32) apud Benini (2012), as biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas, “são semelhantes aos jardins de chuva, mas geralmente se referem a depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que processam uma limpeza da água da chuva”, sendo que nesta estrutura, ao mesmo tempo em que aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para os jardins de chuva ou sistemas convencionais de retenção e detenção das águas.

“Desse modo, cabe aos jardins de chuva fazerem a maior parte do trabalho de infiltração no solo, mas a biovaleta também contribui, filtrando os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo de seu substrato e da vegetação implantada. A luz do sol, o ar e os microrganismos decompõem os poluentes que ficam retidos na vegetação. Eles são, geralmente, usados para tratar os escoamentos de ruas e de estacionamentos.” (CORMIER; PELLEGRINO, 2008, p. 132).

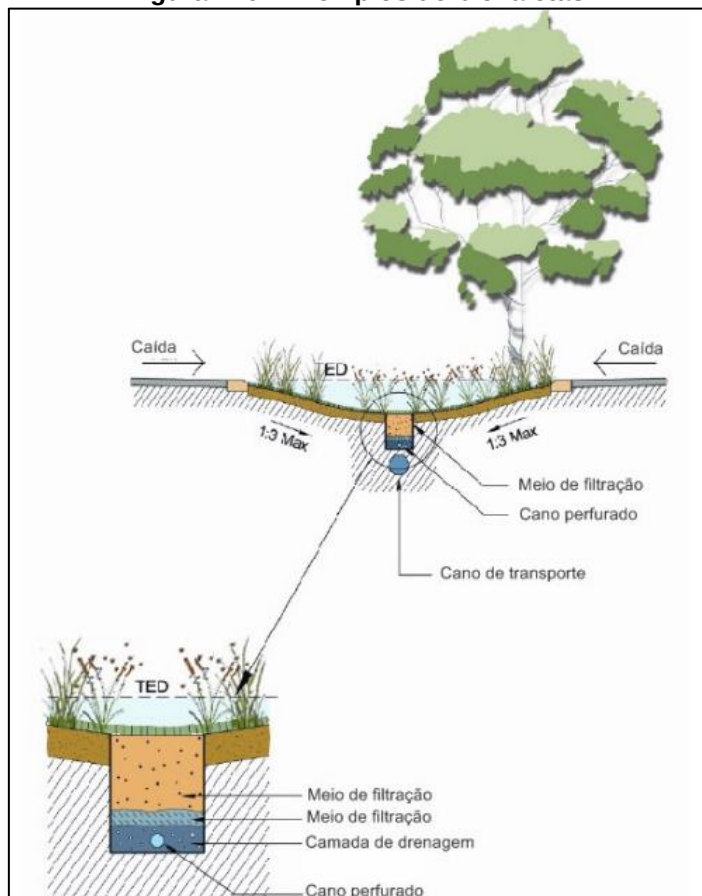
As Biovaletas são depressões lineares com vegetação, que limpam a água de chuva, podendo ser amplamente aplicadas para tratar o escoamento das estradas, parques de estacionamento, áreas residenciais, dentre outros, exemplo na figura.

Figura 115 - Seção típica de valas biorretenção.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Figura 116 - Exemplos de biovaletas.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

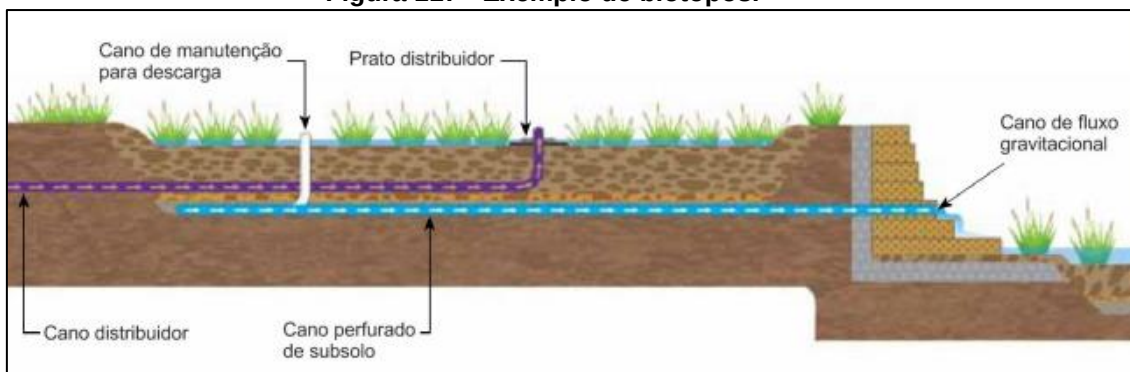
Portanto, as Biovaletas são uma alternativa que pode se tornar viável em cenários futuros, considerando o crescimento da população do Município de Piraúba. A tipologia da infraestrutura verde ajuda a disciplinar as águas pluviais, assim como ajuda no processo de infiltração e limpeza de sedimentos tanto pelo dreno, como pelo processo natural de infiltração.

- **Biótopos Purificadores**

Os biótopos de limpeza exercem a função de retenção, sedimentação e absorção biológica. Biótopos de limpeza são uma forma de pântanos artificialmente construídos com recirculação. Eles consistem de substratos pobres em nutrientes que são implantados com plantas de pântanos que são conhecidas por sua capacidade de purificação. E pode ser uma maneira de

direcionar esse fluxo para a bacia de retenção e enviar essas águas para uma macrodrenagem, canais ou rio mais próximos.

Figura 117 - Exemplo de biótopos.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4.1.5. Caixas de Expansão

Uma caixa de expansão é corretamente indicada para aquela área alagável destinada a exercitar um efeito de decapitação da onda de cheia que se propaga ao longo de um curso d'água. A função de uma caixa de expansão é similar à de um reservatório de laminação de cheia.

As caixas de expansão geralmente são executadas no pé da montanha ou na zona de planície, em série, em paralelo ou de modo misto a respeito ao curso d'água. Muitas planícies funcionam como caixa de expansão naturais, pois no momento das enchentes elas são inundadas, armazenando grande volume d'água, que retorna ao rio principal quando as águas começam a baixar. Abaixo segue uma imagem para exemplificar.

Figura 118 - Exemplo de caixa de expansão.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4.1.6. Diques

Diques são barramentos ou muros laterais de terra ou de concreto, inclinados ou retos, construídos ao longo das margens do rio, de altura tal que contenham as vazões no canal principal a um valor limite estabelecido em projeto. Este tipo de obra assegura o controle completo das cheias que tenham o seu pico inferior ao limite estabelecido, mas nenhuma proteção para as vazões que ultrapassam tal limite, que passarão sobre tais muros.

Este tipo de obra é uma das mais antigas medidas estruturais de controle de cheias. Em geral esses diques ficam ao tempo, ficando sujeitos a água de chuva. Como o dique de contenção tem que ficar fechado para garantir que o vazamento (se houver) fique contido no dique, ele acaba enchendo de água de chuva. Para isso, os diques de contenção em geral possuem válvulas para realizar a drenagem.

Figura 119 - Diques.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4.1.7. Pôlderes

Um pôlder é uma porção de terreno baixo e plano construído de forma artificial, localizada entre aterros conhecidos como diques e, utilizado para a agricultura ou habitação. Nele, a drenagem das águas pluviais deve ser realizada por meio de canais com comportas e/ou bombas, a fim de impedir a subida excessiva da água no interior da área ensecada pelos diques. Essas estruturas estão entre as mais importantes técnicas clássicas da drenagem para controle

de enchentes, utilizadas para proteger regiões baixas próximas a rios ou mares. Assim, regiões urbanas onde o rio antes extravasava, ou eram tomadas pelo mar, passam a estar “secas” para a ocupação humana.

Os pôlders são utilizados para proteger áreas restritas. A distinção entre diques e pôlders é que estes últimos utilizam uma estação de bombeamento para retirar as águas que chegam na área protegida durante uma enchente. Neste tipo de obra geralmente há necessidade de construir uma galeria com comportas reguláveis para evitar a entrada da água do rio principal na área protegida e propiciar a saída da água do ribeirão quando a situação é normal.

Figura 120 - Exemplos de Pôlder



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4.1.8. Canais de Desvios

Canais de desvio servem para desviar parte da vazão da cheia do curso d'água principal, diminuindo assim a vazão do rio na zona que se deseja proteger. Neste tipo particular de obra em geral a água desviada não retorna mais ao canal principal, mas sim para um lago, um outro curso d'água ou diretamente ao mar.

O inconveniente deste tipo de obra está no fato que, subdividindo a vazão entre mais de um ramo, a velocidade d'água diminui, então se reduz a força de transporte dos materiais. Como consequência, haverá uma elevação do fundo do leito do rio devido ao assoreamento, que pode provocar o desaparecimento de todas as vantagens obtidas com a construção da obra. Por isto, estas obras devem ser projetadas com muita prudência.

Pode-se utilizar também a metodologia de canal paralelo, onde é utilizado quando, por diversas razões, não se pode incrementar a capacidade do canal principal. Neste tipo de obra a vazão é repartida em dois ou mais ramos, por um certo trecho, após o desvio a água retorna a escoar por um único canal. Assim, o nível da cheia do canal principal no trecho interessado diminui. Os inconvenientes deste tipo de obra são os mesmos descritos para o canal de desvio.

Outro canal muito utilizado é o canal extravasor. Este não é considerado como um canal de desvio ou paralelo. A diferença é que o canal extravasor é alimentado pelo rio somente durante as maiores cheias, quando a vazão na seção do álveo em correspondência com o vertedor supera um valor pré-fixado e extravasa do canal principal.

Um canal extravasor é normalmente privado de água e permite o crescimento de vegetação, mas está sempre em condições de receber parte da vazão do rio, quando este supera o valor pré-fixado. Os mesmos inconvenientes dos canais de desvios e paralelos ocorrem também nos canais extravasores, mas com grau muito menor porque funcionam de um modo não contínuo. Por permanecer seco durante o período que não há cheias e permitir o crescimento de vegetações o canal extravasor é chamado também canal verde.

4.4.1.9. Diretrizes para o controle de escoamento na fonte.

As medidas de controle de escoamento pluvial na fonte vêm para possibilitar meios de otimizar a redução e retenção dos sistemas tradicionais de drenagem pluvial. Os sistemas tradicionais são conhecidos como os condutos e galerias pluviais enterradas, sarjetas, bocas-de-lobo, calhas coletoras de telhados e rios urbanos retificados ou enterrados.

As MCs (Best Management Procedures, BMP, em inglês) têm um objetivo mais amplo do que o controle quantitativo do escoamento pluvial, incorporando-se também o controle da poluição e dos sedimentos e lixo. As medidas são de dois tipos, dispositivos de armazenamento e dispositivos de infiltração.

Os dispositivos de armazenamento normalmente têm por objetivo primordial o retardo do escoamento pluvial para sua liberação defasada, e com pico amortecido, ao seu destino, que pode até ser um ponto de captação de uma

rede pluvial existente. Reservatórios residenciais em lotes, bacias de retenção e detenção nos loteamentos ou na macrodrenagem são exemplos típicos destes dispositivos de armazenamento.

Os dispositivos de infiltração, diferentemente dos de armazenamento, retiram água do sistema pluvial, promovendo sua absorção pelo solo para redução do escoamento pluvial. Portanto, uma das medidas de controle que mais se adaptariam a essa situação são, pavimentos porosos, trincheiras de infiltração, faixas e valas gramadas são alguns exemplos típicos de tais dispositivos, mais adequados às escalas do lote e do loteamento.

Segundo Nakamura (1988), dispositivos de infiltração, podem ser divididos em dois grupos, métodos dispersivos e métodos em poços. Os métodos dispersivos englobam os dispositivos pelos quais a água superficial se infiltra no solo. Já os métodos em poços são aqueles em que ocorre a recarga do nível subterrâneo pelas águas da superfície.

Os métodos dispersivos estão sujeitos a inevitável colmatagem ao longo do tempo de sua vida útil e são recomendados para casos em que há maior disponibilidade de área para implantação. Os principais dispositivos dispersivos são descritos a seguir:

- Superfícies de infiltração: considerado o método mais simples para disposição no local, consiste em deixar que as águas superficiais percorram uma área coberta por vegetação. Em terrenos com subsolo argiloso ou pouco permeável pode-se instalar subdrenos para evitar acúmulo de água parada;
- Trincheiras de percolação: as trincheiras de percolação são construídas por meio do preenchimento de uma pequena vala com meio granular para infiltração e/ou detenção do escoamento superficial. Geralmente é instalada juntamente com manta geotêxtil de porosidade maior a do solo para promover o pré-tratamento da água infiltrada. Para fins de projeto, geralmente são dimensionadas com largura e profundidade de 1 a 2m e comprimento variável. O material granular tem diâmetro aproximado de 40 a 60mm de forma que a porosidade resulte em pelo menos 30%;

- Valetas de infiltração abertas: constituem-se de valetas revestidas com vegetação, geralmente grama, adjacentes a ruas e estradas, ou próximas a áreas de estacionamento para facilitar a infiltração. Podem ou não ser complementadas por trincheiras de percolação ou alagados construídos, formando pequenos bolsões de retenção denominadas valetas úmidas. A vegetação promove a melhoria da qualidade da água e também ajuda a diminuir sua velocidade de escoamento. Para fins de projeto, são dimensionadas com largura de até 2m, margens com inclinação 3:1 e declividade longitudinal de 1%;
- Lagoas de infiltração: constituem-se de pequenas bacias de detenção especialmente projetadas que facilitam a infiltração pelo aumento do tempo de detenção. Possuem nível de água permanente e um volume de espera;
- Bacias de percolação: usadas desde a década de 70 para a disposição de águas de drenagem, as bacias de percolação são constituídas pela escavação de uma valeta preenchida com brita ou cascalho e posteriormente re-aterrada. O material granular promove a reservação temporária do escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para o subsolo. Para fins de projeto, são dimensionadas com uma profundidade de até 0,6m e grãos de dimensão de 0,5 a 1mm com uma razão mínima entre comprimento e largura de 2:1;
- Pavimentos porosos: também conhecidos como pavimentos permeáveis, constituem-se normalmente de pavimentos de asfalto ou concreto convencionais dos quais foram retiradas as partículas mais finas e construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de material granular. Uma variação de pavimento poroso pode ser obtida com a implantação de elementos celulares de concreto sobre uma base granular. Para evitar a passagem de partículas mais finas, usualmente coloca-se mantas geotêxteis entre a base e o pavimento;

- Poços de Infiltração: medida de detenção na fonte mais indicada quando a disponibilidade de área para implantação é baixa, geralmente quando a urbanização, já consolidada, não permite a utilização das medidas dispersivas para aumento de infiltração. Para serem eficientes, os poços devem ser instalados em locais onde a altura do lençol freático se encontre suficientemente baixa em relação a superfície do terreno e o subsolo possua camadas arenosas.

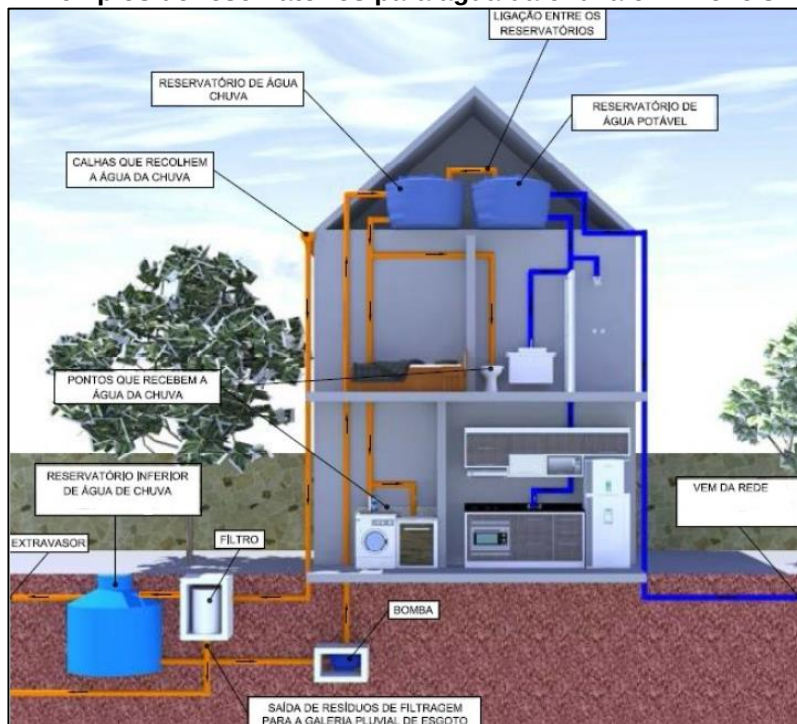
Figura 121 - Exemplos de controles na fonte.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Em função da relevância dos reservatórios de detenção em lotes ou loteamentos urbanos como dispositivos de planejamento e controle de drenagem urbana, no Município de Piraúba, deve-se criar uma lei para que as residências tenham um reservatório que capta água da chuva, e reutilizem em descargas, para lavar o chão e regar as plantas. Esses reservatórios podem ser subterrâneos ou superficial como os exemplos na figura abaixo.

Figura 122 - Exemplos de reservatórios para água da chuva em imóveis residenciais.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4.2. Medidas Não Estruturais

As medidas estruturais, geralmente, não são projetadas para fornecer uma proteção completa. Isto requer uma proteção contra a maior enchente possível. As medidas não-estruturais, juntas com as estruturais ou sozinhas, podem minimizar significativamente os danos com um menor custo.

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

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

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

Com a falta de investimento em saneamento básico, problemas no tratamento das águas, perda da vegetação nas margens de rios, além do descarte de resíduos feitos por empresas e o consumo exagerado de produtos plásticos, a recuperação das águas ao redor do mundo é um desafio muito maior do que imaginamos. Uma pesquisa feita pela Organização das Nações Unidas, em 2010, apontou que para cada mil litros de água utilizada pelo homem, há 10 mil litros de água que não estão em condições de uso por conta da poluição (BANDEIRA, 2018).

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

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

4.4.2.2. Programas de Fiscalização de Despejo Irregular de Esgoto

Com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem na área urbana de Piraúba, deve-se criar um programa de fiscalização para detectar o despejo irregular de esgotos domésticos. Além de comprometer a qualidade das águas drenadas, a presença de esgoto tende a assorear e diminuir a capacidade de escoamento dos canais. A degradação biológica natural dos



dejetos também pode ocasionar mau cheiro e proliferação de vetores de pragas urbanas.

4.4.2.3. Regulamento do Uso da Terra

O zoneamento municipal é a definição de um conjunto de regras para a ocupação das áreas de maior risco de inundação, visando à minimização futura das perdas materiais e humanas em face das grandes cheias. Conclui-se daí, que o zoneamento urbano permitirá um desenvolvimento racional das áreas de inundação.

A regulamentação do uso das zonas de inundação apoia-se em mapas com demarcação de áreas de diferentes riscos e nos critérios de ocupação das mesmas, tanto quanto ao uso quanto aos aspectos construtivos. Para que esta regulamentação seja utilizada, beneficiando as comunidades, a mesma deve ser integrada à legislação municipal sobre loteamentos, construções e habitações, a fim de garantir a sua observância.

Sendo assim, o regulamento do uso da terra tem a finalidade de servir de base para a regulamentação da várzea de inundação, através dos planos diretores urbanos, permitindo às prefeituras a viabilização do seu controle efetivo.

O risco de ocorrência de inundação varia com a respectiva cota da várzea. As áreas mais baixas obviamente estão sujeitas a maior frequência de ocorrência de enchentes. Assim sendo, a delimitação das áreas do zoneamento depende das cotas altimétricas das áreas urbanas.

A regulamentação da ocupação de áreas urbanas é um processo iterativo, que passa por uma proposta técnica que é discutida pela comunidade antes de ser incorporada ao Plano Diretor da cidade. Portanto, não existem critérios rígidos aplicáveis a todas as cidades, mas sim recomendações básicas que podem ser seguidas em cada caso.

No caso de Piraúba, o caminho mais correto nesse sentido é o de restringir construções nas áreas aluviais que ainda não foram urbanizadas, a montante da malha urbana e nas margens dos corpos hídricos presentes na área urbana. Para o primeiro caso já se recomendou, acima neste mesmo plano, a recuperação das áreas de APP do referido corpo hídrico e a criação dos Parques Lineares dos mesmos onde pretende evitar a ocupação das planícies sujeitas à inundação.

4.4.2.4. Normatização para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais

Outra medida não estrutural extremamente eficiente é a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra. As técnicas de retenção na fonte já foram abordadas e devem ser incorporadas à legislação municipal, principalmente no que se refere ao código de obras e posturas municipal.

Exemplos de outros municípios brasileiros que obrigam a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 400m² (quatrocentos metros quadrados), com os seguintes objetivos:

I - Reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas com alto coeficiente de impermeabilização do solo e dificuldade de drenagem;

II - Controlar a ocorrência de inundações, amortecer e minimizar os problemas das vazões de cheias e, conseqüentemente, a extensão dos prejuízos;

III - Contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada.

No caso de estacionamentos e similares, 30% (trinta por cento) da área total ocupada deve ser revestida com piso drenante ou reservado como área naturalmente permeável. A água contida nos reservatórios deverá:

- Infiltrar-se no solo, preferencialmente;
- Ser utilizada em finalidades não potáveis, caso as edificações tenham reservatório específico para essa finalidade.

O volume dos reservatórios, quando viável, deverá ser dimensionado de modo a manter as condições de infiltração e vazão do escoamento superficial o mais próximo possível dos naturais antes da implantação dos empreendimentos. Para Piraúba, baseado nas experiências de Asce (1992) e Apud Porto (1995), faz-se necessário a captação e infiltração dos primeiros 10mm de precipitação para novas construções em lotes acima de 400m², reduzindo assim significativamente os picos de vazão a jusante nas bacias propensas à expansão da malha urbana.

Assim, o critério para a construção de caixas de retenção em cenários futuros, os quais deverão ser integrados nos projetos de drenagem de águas pluviais a serem desenvolvidos para cada empreendimento urbanístico, seria a capacidade de dez litros por metro quadrado impermeabilizado. No caso do sistema viário, quando da pavimentação das vias do município, sugere-se a implantação de uma caixa de retenção com 10 m³ para cada 1.000 m² de pavimento impermeável.

No caso de uma edificação em lote que impermeabilize 500 m², seria obrigatória, por parte do proprietário do lote, a implantação de uma caixa de retenção com volume de 5,0 m³.

Já no caso onde ocorra uma impermeabilização no lote acima de 65% da área total, a área impermeabilizada adicional a este índice deverá ser compensada com o aumento do volume da caixa de retenção na ordem de 87 litros por metro quadrado de impermeabilização adicional. Tal valor se refere a 85% do volume de água de uma precipitação de 102,44 mm, com duas horas de duração, utilizada para a simulação hidrológica da bacia, quando somente a implantação de bacias de detenção seria suficiente para anular os impactos da urbanização com impermeabilização máxima no lote de 65%.

Dessa forma, em um lote de 500 m² onde o proprietário impermeabilize 450 m², ou seja, 90%, seria necessária a implantação de caixa de retenção com volume calculado abaixo:

$$V_{\text{caixa de retenção}} (\text{m}^3) = (0,65 \times A_{\text{lote}} \times 0,010) + (0,25 \times A_{\text{lote}} \times 0,087)$$

$$V_{\text{caixa de retenção}} (\text{m}^3) = (0,65 \times 500 \times 0,010) + (0,25 \times 500 \times 0,087)$$

$$V_{\text{caixa de retenção}} (\text{m}^3) = (3,25) + (10,875)$$

$$V_{\text{caixa de retenção}} = 14,13 \text{ m}^3$$

4.4.2.5. Educação Ambiental

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

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

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

- O ciclo da água;
- O conceito de bacia hidrográfica;
- Escoamento superficial;
- Impactos da urbanização 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 para a drenagem urbana;
- A necessidade de se manter áreas permeáveis nos lotes comerciais e residenciais;
- Medidas de contenção e mitigação de escoamentos superficiais na fonte;
- Captação e utilização de águas pluviais.

4.4.2.6. Seguro Enchente

Os critérios tradicionais de segurabilidade são em geral os seguintes: Possibilidade de algo ser quantificado, aleatoriedade, condições e preços

adequados ao risco. Com o decorrer do tempo, apesar de uma nova proporção assumida pelo risco, são as catástrofes provocadas por fenômenos naturais, como por exemplo, tempestades, enchentes e terremotos, que são responsáveis pelas maiores indenizações da indústria do seguro.

O seguro contra enchentes fornece proteção econômica para pessoas físicas ou jurídicas para eventuais perdas. Este seguro é uma medida preventiva viável para empreendimentos com alto valor agregado, no qual os proprietários possuem disponibilidade econômica de pagar o prêmio do seguro. Além disso, nem todas seguradoras estão dispostas a fazer o seguro contra enchentes caso não haja um sistema de resseguros para distribuição do risco.

No entanto, quando a população que ocupa a área de inundação é de baixa renda este tipo de medida torna-se inviável devido a incapacidade da população de pagar o prêmio, além do baixo valor da propriedade. Alguns bancos no Brasil, como a Caixa Econômica Federal, estão oferecendo seguros contra inundações e alagamentos para residências.

Em caso de inundação causada pelo transbordamento de um rio ou canal e a água danificar o imóvel, este estará segurado. A residência também estará protegida de alagamentos causados por agentes externos ao imóvel, por exemplo, chuva ou rupturas de canalizações não pertencentes ao imóvel segurado, nem ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte.

Não são cobertos por este seguro danos ao imóvel que sejam repetitivos, oriundos de vícios de construção, uso e desgaste do imóvel. Os sinistros decorrentes de inundação e/ou de alagamento, quando reincidentes e com características de repetitividade, receberão cobertura e indenização na primeira e na segunda ocorrência.

Na segunda ocorrência, reincidência de eventos, a Seguradora informará a necessidade de providências, que devem ser tomadas pelo proprietário para eliminar os fatores causadores de repetitividade. Caso ocorra outro sinistro, uma terceira ocorrência, no prazo de três anos a contar do primeiro evento, a indenização ficará suspensa até a eliminação do fator causador da repetitividade. No entanto, a ocorrência de chuvas intensas seguidas não é um evento raro.

No verão, a probabilidade de acontecer esta singularidade é maior. Segundo esta rede bancária, nos sinistros de danos físicos ao imóvel, não estão cobertos os danos provenientes de:

- Uso e desgaste – danos verificados exclusivamente em razão da utilização normal do imóvel ou do decurso do tempo, como os que afetam revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas, pintura, esquadrias, vidros, ferragens e pisos;
- Má conservação ou falta de manutenção, ou seja, falta de cuidados usuais visando o funcionamento normal do imóvel, como limpeza de calhas, tubulações de esgoto, entre outros;
- Atos dolosos do próprio segurado ou de quem o representar;
- Água de chuva ou neve, quando penetrando diretamente no interior do imóvel, pelas portas, janelas, vitrinas, claraboias, respiradouros ou ventiladores abertos ou defeituosos;
- Água de torneira ou registro, ainda que deixados abertos inadvertidamente;
- Infiltração de água ou outra substância líquida através de pisos, paredes e tetos, salvo quando consequente de riscos cobertos;
- Danos já existentes antes da contratação do seguro;
- Água oriunda de ruptura de encanamentos, pertencentes ao próprio imóvel segurado ou ao edifício ou conjunto do qual o imóvel faça parte (fatores internos);
- Trincas e fissuras no imóvel, sem ameaça de desmoronamento;
- Obras de melhorias no imóvel não comunicadas à seguradora antes da ocorrência de sinistro;
- Recuperação de qualquer dano não decorrente de sinistro;
- Móveis, utensílios e eletrodomésticos;
- Danos oriundos de vícios de construção (erro de cálculo, de projeto ou na execução da obra);
- Danos elétricos, salvo quando consequentes de riscos cobertos;

- Furacões, ciclones, erupções vulcânicas e outras convulsões da natureza;
- Riscos aparentes;
- Roubo ou furto;
- Obras de infraestrutura.

São observadas inúmeras inconsistências na listagem de não cobrimento do seguro apresentada pela rede bancária. Em relação ao item no que se refere a água de chuva penetrando pelas portas, não há menção se estas deverão ser vedadas ou devem ser tomados outros procedimentos.

Ainda no mesmo item, o termo “outras convulsões da natureza” não é um termo apropriado, além de não fornecer especificidade do evento. No último item, o termo “Obras de infraestrutura” deixa em aberto uma gama de possibilidades, necessitando de mais especificação em relação a este item.

Diante do exposto, conclui-se que o seguro enchente tem maior aplicabilidade para prédios públicos e comerciais de alto valor agregado, devendo a população e as residências de baixa renda serem assistidas pela defesa civil.

As precauções para evitar as enchentes devem ser mantidas e implementadas outras ações cabíveis para impedir o acontecimento deste evento desastroso, como a educação ambiental em relação aos resíduos dispostos em vias públicas, sendo este um dos principais fatores que levam as enchentes. Nesse sentido, é viável manter a recomendação do seguro enchente para cenários futuros, considerando a projeção populacional e o ordenamento territorial.

4.4.2.7. Sistemas de alerta e Previsão de inundações

O monitoramento em tempo real propicia uma avaliação permanente da condição do sistema ou dos equipamentos do sistema de drenagem urbana. Este monitoramento constitui-se do estabelecimento de uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.

As estações automáticas pluviométricas e fluviométricas podem transmitir dados em tempo real mediante satélite ou via GPRS (Serviço de Rádio de Pacote Geral) e possibilitam o desenvolvimento de rotinas de previsão

hidrometereológica e de gerenciamento de contingências em tempo real, com mecanismos de supervisão à distância.

As informações obtidas pelo sistema de monitoramento em tempo real possibilitam a antecipação dos impactos devido à previsibilidade do conjunto de dados, a atuação em situações emergenciais de risco para controle de inundações e acionar os meios humanos e materiais de proteção a eventos extremos.

A automatização propiciada pelo monitoramento em tempo real também permite identificar imediatamente qualquer defeito ou falha no funcionamento dos equipamentos do sistema de drenagem, permitindo ao operador adotar as soluções possíveis.

A previsão e alerta de inundação compõe-se de aquisição de dados em tempo real, da transmissão de informações para um centro de análise, da previsão em tempo atual com modelo matemático e acoplada a um plano de contingências e de defesa civil que envolve ações individuais ou coletivas para reduzir as perdas durante as inundações. Um sistema de alerta de previsão em tempo real envolve os seguintes aspectos:

- 1) Sistema de coleta e transmissão de informações do tempo e hidrológicas: Sistema de monitoramento por rede telemétrica, satélite ou radar e transmissão destas informações para o centro de previsão;
- 2) Centro de Previsão: recepção e processamento de informações, modelo de previsão, avaliação e alerta;
- 3) Defesa Civil: programas preventivos: educação, mapa de alerta, locais críticos; alerta aos sistemas públicos: escolas, hospitais, infraestrutura; alerta a população de risco, remoção e proteção à população atingida durante a emergência ou nas enchentes.

Na ocorrência de eventos chuvosos críticos, há três níveis referentes ao sistema de alerta:

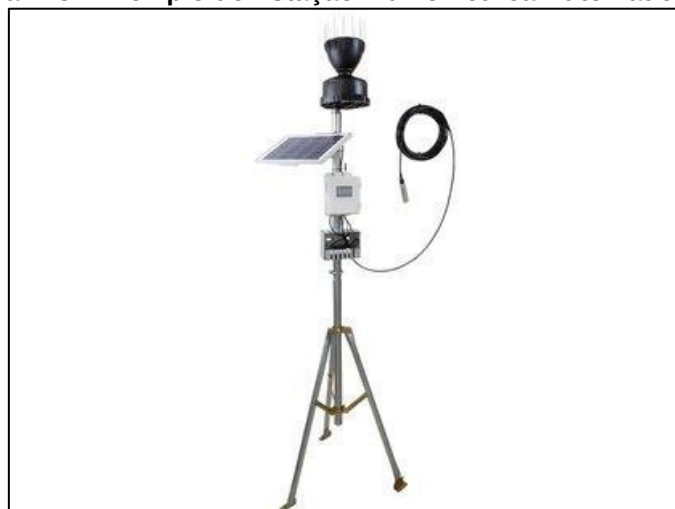
- Nível de acompanhamento: Nível onde existe um acompanhamento por parte da equipe técnica na evolução da

enchente. A partir desse momento a Defesa Civil é alertada sobre a chegada de uma enchente. É iniciada então a previsão de níveis em tempo real;

- **Nível de alerta:** A partir deste nível é previsto que um nível futuro crítico será atingido dentro de um horizonte de tempo da previsão. Tanto a Defesa Civil como os administradores municipais passam a receber regularmente as previsões para a cidade e então a população recebe o alerta e as instruções da Defesa Civil;
- **Nível de emergência:** Neste nível ocorrem os prejuízos materiais e humanos. Essas informações são o nível real e previsto com antecedência, e o intervalo provável dos erros, obtidos dos modelos. A fase de mitigação consiste em medidas que devem ser executadas para diminuir o prejuízo da população quando a enchente ocorre, isolando ruas e áreas de risco, remoção da população, animais e proteção de locais onde haja interesse público.

Considerando as atuais características topográficas, climáticas e populacionais do Município de Piraúba, não se torna viável a instalação de sistemas de alertas no momento atual. No entanto, tal possibilidade pode ser reavaliada em cenários futuros. Abaixo segue um exemplo de estação fluviométrica:

Figura 123 - Exemplo de Estação Fluviométrica Automática.



Fonte: Imagem de divulgação. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.4.2.8. Programa de Manutenção e Limpeza das estruturas de Microdrenagem

Para garantir a eficiência e a eficácia dos dispositivos de microdrenagem, faz-se necessário manter essas estruturas limpas e desobstruídas, tanto de vegetação – que costuma crescer nos canais abertos – como de resíduos sólidos e partículas do solo carregadas com o escoamento superficial. Para tal, é necessária uma rotina de acompanhamento das condições das estruturas e dispositivos e uma equipe constituída de colaboradores para efetuarem a limpeza de bueiros e trabalho de capina, além dos demais profissionais para realizar essa manutenção.

Sempre que uma não conformidade na malha de microdrenagem for identificada deve-se realizar um estudo de seu impacto na rede total e classificar a manutenção como urgente ou não-urgente. Essa classificação indicará se a manutenção deve ser feita a curto, médio ou longo prazo, dependendo da época do ano de sua ocorrência. Nos períodos chuvosos recomenda-se que os reparos sejam feitos sempre a curto prazo. O contrário acontece para os períodos de estiagem, quando a manutenção pode ser feita com um maior prazo de tempo.

Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto

Com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem da rede de Piraúba, deve-se criar um programa de fiscalização para detectar o despejo irregular de esgotos domésticos nesses dispositivos. Além de comprometer a qualidade das águas drenadas, a presença de esgoto tende a assorear e diminuir a capacidade de escoamento dos canais. A degradação biológica natural dos dejetos também pode ocasionar mau cheiro e proliferação de vetores de pragas urbanas.

4.5. Ações de Emergência e Contingência

Áreas com sistema de drenagem ineficiente, emissários e dissipadores de energia insuficientes, causam problemas como erosões, assoreamentos e

alagamentos, comprometendo a qualidade deste serviço. Cabe a adoção de medidas de emergência e contingência para ocorrências atípicas.

Tabela 88 - Ações para emergências e contingências referentes a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
OBJETIVO	1	ALTERNATIVAS PARA EVITAR ALAGAMENTOS LOCALIZADOS POR INEFICIÊNCIA DO SISTEMA
METAS	Criar e implantar sistema de correção e manutenção das redes e ramais para resolução dos problemas críticos de alagamentos.	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Alagamentos localizados.	Boca de lobo e ramal assoreado/entupido ou subdimensionado da rede existente.	Comunicar à Defesa Civil e ao Corpo de Bombeiros sobre o alagamento das áreas afetadas, acionar o socorro e desobstruir redes e ramais.
		Comunicar o alagamento à Secretaria de Obras, responsável pela limpeza das áreas afetadas, para desobstrução das redes e ramais.
		Sensibilizar e mobilizar a comunidade através de iniciativas de educação ambiental como meio de evitar o lançamento de resíduos nas vias públicas e nos sistemas de drenagem.
	Deficiência no “engolimento” das bocas de lobo.	Promover estudo e verificação do sistema de drenagem existente para identificar e resolver problemas na rede e ramais de drenagem urbana (entupimento, estrangulamento, ligações clandestinas, etc.) (Secretaria de Obras).
	Deficiência ou inexistência de emissário.	Promover reestruturação/reforma/adaptação ou construção de emissários e dissipadores adequados nos pontos finais do sistema de drenagem urbana (Secretaria de Obras).
Inundações e enchentes	Transbordamento de rios, córregos ou canais de drenagem, devido à ineficiência do sistema de drenagem urbana.	Identificar a intensidade do fenômeno e comunicar a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros sobre o alagamento das áreas afetadas, acionar o socorro e desobstruir redes e ramais. Comunicar o setor de assistência social para que sejam mobilizadas as equipes necessárias e a formação dos abrigos, quando necessários.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 89 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas com processos erosivos.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
OBJETIVO	2	ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS COM PROCESSOS EROSIVOS PROVENIENTES DA INEFICIÊNCIA DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA
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 rede de	Elaborar e implantar projetos de drenagem urbana, iniciando pelas áreas, bairros e loteamentos mais



	drenagem urbana.	afetados por processos erosivos (Secretaria Municipal de Obras).
	Inexistência ou ineficiência de emissário e dissipadores de energia.	Recuperar e readequar os emissários e dissipadores de energia existentes (Secretaria de Obras).
		Recompor APP dos principais cursos hídricos, principalmente dos que recebem água do sistema de drenagem urbana (Secretaria de Obras).
	Inexistência de APP/áreas desprotegidas.	Ampliar a fiscalização e o monitoramento das áreas de recomposição de APP (Secretaria de Obras).
		Executar obras de contenção de taludes (Defesa Civil e Secretaria de Obras).

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

Tabela 90 - Ações para emergências e contingências referentes a alternativas para resolução dos problemas

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO		
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS
OBJETIVO	3	ALTERNATIVAS PARA RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS de LIMPEZA E MAU CHEIRO PROVENIENTE DOS SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA
METAS	Ampliar o sistema de fiscalização, manutenção e limpeza do sistema de drenagem urbana (boca de lobo, ramais, redes).	
EMERGÊNCIAS E CONTINGÊNCIAS		
OCORRÊNCIA	ORIGEM	AÇÕES PARA EMERGÊNCIA E CONTINGÊNCIA
Limpeza e mau cheiro dos sistemas de drenagem do município	Interligação clandestina de esgoto nas galerias pluviais.	Comunicar à Secretaria de Obras sobre a possibilidade da existência de ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem urbana (para sistemas separadores) para posterior detecção do ponto de lançamento, regularização da ocorrência e aplicação de penalidades.
	Resíduos lançados nas bocas de lobo.	
	Ineficiência da limpeza das bocas de lobo.	Sensibilizar e mobilizar a comunidade através de iniciativas de educação ambiental como meio de evitar o lançamento de resíduos nas vias públicas e nos sistemas de drenagem (Secretaria de Obras).
		Ampliar a frequência de limpeza e manutenção das bocas de lobo, ramais e redes de drenagem urbana (Secretaria de Obras).

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

4.5.1. Objetivos, Programas, Projetos e Ações

O dimensionamento incorreto associados a falta de manutenção e limpeza dos dispositivos causam problemas no sistema de drenagem urbana, situação diretamente relacionada com a fase de projeto destes dispositivos. A eficiência destes projetos depende principalmente dos dados utilizados nos cálculos, portanto, é preciso atualizar com precisão estes valores utilizados nos projetos.

Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a montante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis, além disso, deve-se realizar a recuperação, revitalização e criação de áreas verdes urbanas, como fundos de vales, parques e praças como forma de amenizar os problemas da drenagem urbana.

Para o eficiente funcionamento do sistema de drenagem, sugere-se a criação de uma taxa de drenagem urbana, precedida de estudos detalhados e discussão com a comunidade.



4.5.1.1. Objetivo 1 – Mapeamento, Digitalização e Georreferenciamento do Sistema de Drenagem do Município

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

Tabela 91 - Tabela Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS					
OBJETIVO	1	MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO					
FUNDAMENTAÇÃO		O Município de Piraúba não possui projetos ou mapeamento do sistema de drenagem urbana de águas pluviais. Se faz necessário o mapeamento das áreas, a digitalização dos projetos em meios físicos existentes e o georreferenciamento de todo o sistema de drenagem urbana municipal. No entanto, para o Município de Piraúba observou-se a inexistência de informações e/ou banco de dados capazes de formular os indicadores necessários para apresentar a evolução e a qualidade dos serviços prestados.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Será o índice de área atendida por sistema de drenagem e com projeto digitalizado e georreferenciado, o qual corresponde ao percentual da área atendida pelo sistema e com projeto digitalizado e georreferenciado em relação à área total atendida pelo sistema de drenagem urbana.					
METAS							
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1)Elaborar mapeamento e cadastramento/banco de dados de 80% do sistema de drenagem urbana		2)Elaborar mapeamento e cadastramento/banco de dados de 100% do sistema de drenagem urbana		3)Alimentação do banco de dados		4)Alimentação do banco de dados	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.1.1	Elaborar mapeamento e cadastramento/banco de dados do sistema de drenagem com o auxílio da ferramenta Sistema de Informações Georreferenciadas - SIG.	R\$ 86.333,33	R\$ 259.000,00	R\$ 172.000,00		RP- FPU- FPR	R\$ 60,00 / H.S. (6 e 4hrs por dia)
4.1.2	Atualização e Manutenção BD.	R\$ 25.200,00	R\$ 33.600,00	R\$ 33.600,00	R\$ 67.200,00	RP	R\$8.400 ano
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 111.533,33	R\$ 292.600,00	R\$ 205.600,00	R\$ 67.200,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 676.933,33

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.



4.5.1.2. Objetivo 2 – Implementar Ações Não-Estruturais que Minimizem os Problemas no Sistema de Drenagem Urbana

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

Tabela 92 - Tabela Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO			
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
OBJETIVO	2	IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	
FUNDAMENTAÇÃO		As medidas não estruturais englobam um conjunto de instrumentos definidos como soluções indiretas, destinadas ao controle do uso e ocupação do solo ou à diminuição da vulnerabilidade dos ocupantes das áreas de risco como consequência das inundações. Envolve aspectos de natureza cultural e participação do público, indispensáveis para implantação. É baseado principalmente na conscientização e educação da população.	
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.	
METAS			
IMEDIATO - ATÉ 3 ANOS	CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS	MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS	LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS
1)Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano que regulamentem o uso da terra, restringindo a ocupação nas áreas aluviais que ainda não foram urbanizadas; 2) Normatização para contenção de enchentes; 3) Programa de Educação Ambiental; Elaboração de projeto para implantação de um sistema de alerta e previsão de inundações; Programa de manutenção e limpeza da microdrenagem; Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.	4)Aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana;5) Aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários;6) Implantação de Programa de Educação Ambiental; 7) Implantação de um sistema de alerta e previsão de inundações; Implantação de um cronograma de manutenção e limpeza da microdrenagem; 8) Aplicação do Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.	9)Monitoramento da eficiência da aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana; 10) Monitoramento da eficiência da aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários; 11) Constante implementação do Programa de Educação Ambiental; Constante implementação do sistema de alerta e previsão de inundações; 12) Manter um cronograma de manutenção e limpeza da microdrenagem; 13)Manter Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto.	14)Fiscalização da eficiência da aplicação de Políticas de Planejamento Urbano ordenando a expansão urbana; 15)Fiscalização da eficiência da aplicação de normas que visem a restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários; 16)Constante implementação do Programa de Educação Ambiental; 17) Constante implementação do sistema de alerta e previsão de inundações; 18)Fiscalizar e manter um cronograma de manutenção e limpeza da microdrenagem; 19)Fiscalização de despejo irregular de esgoto.



PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.3.1	Implantação e implementação constante de um Programa de Educação Ambiental em todos os níveis educacionais, de forma interdisciplinar e holística, assegurando uma visão crítica dos indivíduos sobre seu papel na sociedade e na proteção do meio ambiente.	R\$ 40.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 90.000,00	AA-RP	1º ano 20.000+ 10 mil/ano
4.3.2	Criação de normas para restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra. Tais práticas devem ser incorporadas à legislação municipal, garantindo sua aplicabilidade.	R\$ 40.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 90.000,00	AA-RP	1º ano 20.000+ 10 mil/ano
4.3.3	Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano, regulamentando o uso das zonas de inundação, permitindo um desenvolvimento racional dessas áreas.	R\$ 40.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 90.000,00	AA-RP	1º ano 20.000+ 10 mil/ano

4.3.4	Implantação de um Sistema de alerta e previsões de inundações, estabelecendo uma rede de transmissão de dados pluviométricos e fluviométricos às centrais de processamento e informação.	R\$ 300.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 500.000,00	AA-RP	Estimado
4.3.5	Implantação de um Programa de manutenção e limpeza das estruturas de microdrenagem, garantindo a eficiência e eficácia desses dispositivos.	R\$ 30.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 80.000,00	AA-RP	10.000 ano
4.3.6	Programa de fiscalização de despejo irregular de esgoto, com a finalidade de preservar os canais de micro e macrodrenagem, além da qualidade dos corpos hídricos.	R\$ 121.536,00	R\$ 162.048,00	R\$ 162.048,00	R\$ 324.096,00	AA-RP	R\$40.512 ano
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 571.536,00	R\$ 652.048,00	R\$ 652.048,00	R\$ 1.174.096,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 3.049.728,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.



4.5.1.3. Objetivo 3 – Implementar Medidas Estruturais que Minimizem os Problemas de Drenagem Urbana

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 3, suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 93 - Tabela Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS					
OBJETIVO	2	IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA					
FUNDAMENTAÇÃO		Ações que executadas visam evitar e/ou mitigar possíveis enchentes ou alagamentos pontuais nas vias do município e suas comunidades.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.					
METAS							
IMEDIATA - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1)Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 25% das deficiências; 2) Elaboração de projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem; 3) Recuperar as áreas de APP 50%.		4)Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 50% das deficiências; 5) Obras do projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem; 6) Recuperar áreas de APP 100% 7) Cercamento de toda a área.		8)Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 75% das deficiências; 9) Obras do projeto para implantação de dispositivos de controle de drenagem; 10) Instalar equipamentos de convivência		11)Promover a correção nos locais que apresentam insuficiências ou deficiências nas galerias e que causem problemas de alagamento, erosão, enxurrada, correnteza de água e empoçamento, eliminando 100% das deficiências; 12) Monitoramento dos dispositivos de controle de drenagem; 13) Manutenção dos parques lineares.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



4.2.1	Elaborar e executar Projeto para rede pluvial na área urbana do Município, e áreas com necessidade de implantação de sistemas e dispositivos de microdrenagem, levando em consideração as prioridades levantadas e apontadas pelo município.	R\$ 150.000,00	R\$ 300.000,00	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.500.000,00	RP-FPU-FPR	Estimado
4.2.2	Promover limpeza e remoção de detritos acumulados nas tubulações e canais de drenagem de águas pluviais que impedem o fluxo contínuo de águas e reduzem a área útil da rede.	R\$ 90.000,00	R\$ 120.000,00	R\$ 150.000,00	R\$ 240.000,00	RP-FPU-FPR	30.000 por ano
4.2.3	Dimensionamento e Implantação de dispositivos de controle de drenagem como bacias de retenção, bacias de detenção e desvio de canais.	R\$ 500.000,00	R\$ 1.000.000,00	R\$ 2.500.000,00	R\$ 3.500.000,00	RP-FPU-FPR	Média do custo de implementação dos dispositivos
4.2.5	Pavimentação com meios porosos das principais vias das comunidades rurais com infraestrutura de drenagem (*Valores referente a Comunidade Baixa-quente. Adequar para as demais).	R\$ 200.000,00	R\$ 497.813,00	R\$ 497.813,00	R\$ 497.813,00	RP-FPU-FPR	R\$120 m²
4.2.6	Recuperação das APP's degradadas e ações de reflorestamento de espécies nativas	R\$ 3.359.295,00	R\$ 3.359.295,00	-	-	RP-FPU-FPR	Média do custo
4.2.7	Cercamento de Arame para as zonas de APPs		R\$ 777.400,00			RP-FPU-FPR	Estimado



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



4.2.8	Instalação de Equipamentos de Convivência em acordo com a população local		R\$ 1.000.000,00	R\$ 1.000.000,00	R\$ 1.000.000,00	RP-FPU-FPR-PPP	Média do custo
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 4.299.295,00	R\$ 7.054.508,00	R\$ 5.147.813,00	R\$ 7.737.813,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 24.239.429,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.



4.5.1.4. Objetivo 4 – Controle de Águas Pluviais na Fonte

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 4, suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 94 - Tabela Síntese do Objetivo 4.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS					
OBJETIVO	4	CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)					
FUNDAMENTAÇÃO		Uma forma de amenizar a maioria dos problemas na drenagem das águas pluviais urbanas é realizar o controle das águas na fonte, ou seja, criar mecanismos para que os lotes ou loteamentos realizem a retenção das águas que precipitam em suas áreas para que a contribuição a jusante não aumente, assim, os dispositivos já construídos não sofreriam sobrecarga e a água retida poderia ser utilizada para fins não potáveis. Assim, o município deve realizar tal controle nos prédios públicos, assim como fiscalizar a execução dos novos projetos de edificações em lotes e loteamentos particulares, conforme consta na legislação proposta pelo Plano.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Será o índice de empreendimentos públicos que realizam controle das águas pluviais na fonte, o qual corresponde ao número de empreendimentos públicos que realizam o controle das águas pluviais na fonte em relação ao número total de empreendimentos públicos.					
METAS							
IMEDIATA - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Elaborar legislação que regulamente o controle das águas pluviais na fonte para prédios Públicos e novos empreendimentos (loteamentos). Deverá também realizar campanhas para orientar e estimular o armazenamento da água da chuva.		2) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 40% dos prédios públicos e empreendimento com dispositivos de captação das águas da chuva.		3) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 70% dos prédios públicos e empreendimento com dispositivos de captação das águas da chuva.		4) Fiscalização dos Lotes e Atualização da Planta Genérica de Cadastro e atingir 100% dos prédios públicos e empreendimento com dispositivos de captação das águas da chuva.	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		

4.4.1	Elaborar projetos de lei e ações para que todos os empreendimentos públicos, privados, e lotes residenciais realizem o controle e reutilização das águas pluviais na fonte, além da priorização de uso de calçadas ecológicas e beneficiamento tributário (IPTU) para proprietários que aderirem à ação.	37.500,00	50.000,00	50.000,00	37.500,00	AA-RP	10.000 ano
4.4.2	Fiscalização dos lotes urbanos beneficiados para aferir os índices de permeabilidade do solo. Realizar juntamente com a atualização da Planta Genérica de Valores - a cada 4 anos.	AA	AA	AA	AA	AA-RP	Média do custo
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 37.500,00	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 37.500,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 175.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa..



4.5.1.5. Objetivo 5 - Implantação da Taxa de Drenagem

A tabela a seguir sintetiza o Objetivo 5, suas metas de imediato, curto, médio e longo prazos, as ações para atingir as metas, os investimentos necessários para realiza-las bem como os métodos de acompanhamento de sua implementação.

Tabela 95 - Tabela Síntese do Objetivo 5.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO							
SETOR	4	DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS					
OBJETIVO	5	IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE DRENAGEM					
FUNDAMENTAÇÃO		Os serviços de drenagem possuem características de bens públicos, como a não excludência e a não rivalidade. Isto significa que não é possível excluir um agente de seu consumo: quando oferecido os serviços, todos podem e vão obrigatoriamente consumi-los. A definição adequada da taxa possibilita que esta cumpra algumas funções, o que depende do objetivo a ser alcançado com a receita auferida. Na ausência de informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem e sem experiências de medição do consumo individual e a sua cobrança, deve definir-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema. Como o sistema de drenagem urbana foi concebido para controlar o escoamento pluvial excedente, decorrente da impermeabilização do solo, parece aceitável que a cobrança pelo serviço incida sobre a área impermeável da propriedade. Diante das deficiências atuais, sugere-se a regularização da qualidade do serviço, mediante cumprimento das ações anteriores para se iniciar a discussão sobre a cobrança.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.					
METAS							
IMEDIATA - ATÉ 3 ANOS		CURTO PRAZO - 4 A 8 ANOS		MÉDIO PRAZO - 9 A 12 ANOS		LONGO PRAZO - 13 A 20 ANOS	
1) Realizar estudos e elaborar um projeto para a implementação da taxa de drenagem no município.		2) Realizar debates com a população para a definição da taxa de drenagem urbana		3) Implantar a taxa de drenagem.		4) Fiscalizar	
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS				POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO		
4.6.1	Elaboração do projeto e a realização dos estudos para a implementação da taxa de drenagem	R\$ 30.000,00	R\$ 40.000,00			AA-RP	10.000 ano



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
Relatório Preliminar do PMSB
Piraúba - MG



4.6.3	Implantar a taxa de drenagem.			AA	AA	AA-RP	AA
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R\$ 30.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	TOTAL DO OBJETIVO	R\$ 70.000,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023. Legenda: RP – Recursos Próprios; FPU – Financiamento Público; FPR – Financiamento Privado; AA – Ação Administrativa.

4.5.2. Análise Econômica.

A tabela síntese a seguir mostra os investimentos necessários por objetivo e por prazo de implementação.

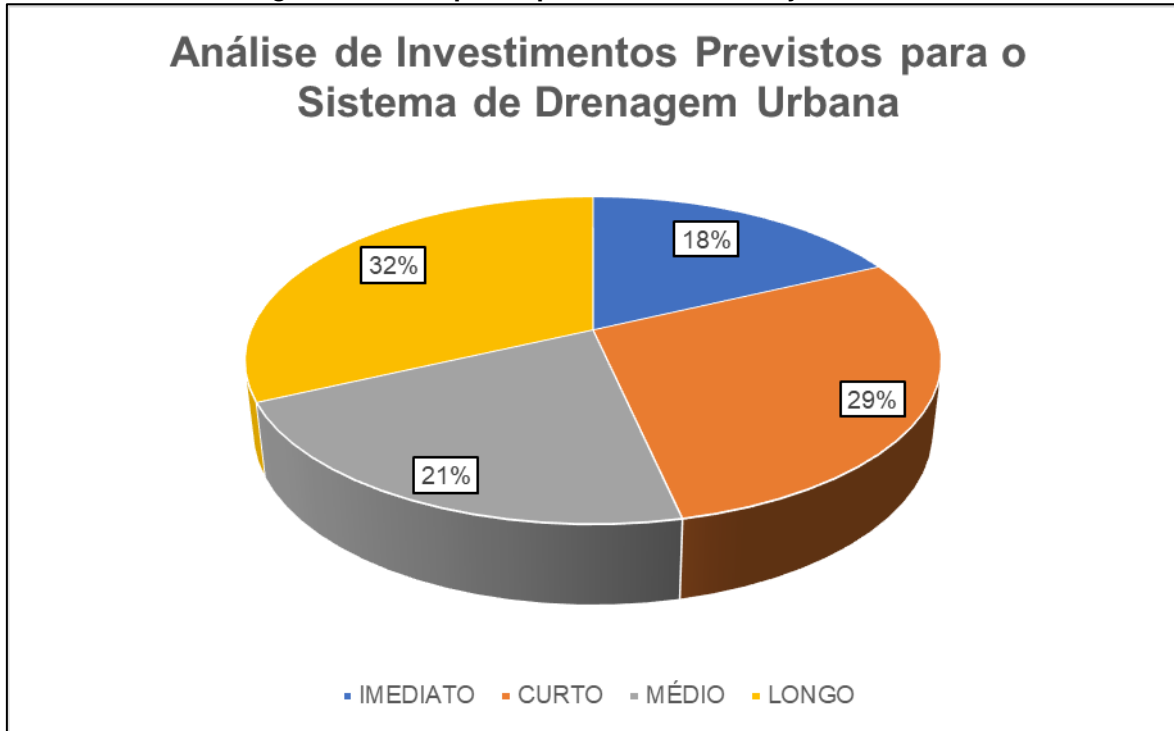
Tabela 96 - Tabela Síntese dos Investimentos Necessários para o Setor 4.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA /MG - PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO					
SETOR	4	DRENAGEM URBANA E O MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS			
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R\$)					
OBJETIVOS	PRAZOS				TOTAL GERAL
	IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO	
MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO	R\$ 111.533,33	R\$ 292.600,00	R\$ 205.600,00	R\$ 67.200,00	R\$ 676.933,33
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R\$ 571.536,00	R\$ 652.048,00	R\$ 652.048,00	R\$ 1.174.096,00	R\$ 3.049.728,00
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R\$ 4.299.295,00	R\$ 7.054.508,00	R\$ 5.147.813,00	R\$ 7.737.813,00	R\$ 24.239.429,00
CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)	R\$ 37.500,00	R\$ 50.000,00	R\$ 50.000,00	R\$ 37.500,00	R\$ 175.000,00
CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM	R\$ 30.000,00	R\$ 40.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 70.000,00
TOTAL GERAL	R\$ 5.049.864,33	R\$ 8.089.156,00	R\$ 6.055.461,00	R\$ 9.016.609,00	R\$ 28.211.090,33

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

A figura abaixo mostra o gráfico a seguir ilustra a porcentagem de despesas por prazo de execução.

Figura 124 - Despesas por Prazo de Execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

5. 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 (2020), 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 a promoção universalização dos serviços de saneamento básico com qualidade e eficiência.

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

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

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



preestabelecidos e são despendidos sem necessidade de reembolso à instituição financiadora, alocados nos fundos nacionais, estaduais e municipais.

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

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

5.1. 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.

5.2. 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.

5.3. Os Programas de Financiamento Reembolsáveis

5.3.1. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES

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.

5.3.2. 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.

5.3.3. 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.

5.3.4. 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.

5.3.5. 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.

5.4. Programas de Financiamento Não Reembolsáveis

5.4.1. 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.

5.4.2. 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.

5.4.3. 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 limpeza urbana.

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.

5.4.4. 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.

5.4.5. 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.

5.4.6. 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.

5.4.7. 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.

6. ANÁLISE GLOBAL DOS INVESTIMENTOS PREVISTOS PARA UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

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



Tabela 97 - Análise Global.

EIXO	PRAZOS				TOTAL GERAL
	IMEDIATO	CURTO	MÉDIO	LONGO	
Sistema de Abastecimento de Água	R\$ 5.922.319,63	R\$ 6.999.495,52	R\$ 9.304.344,18	R\$ 11.966.647,43	R\$ 34.192.806,76
Sistema de Esgotamento Sanitário	R\$ 550.000,00	R\$ 450.000,00	R\$ 590.000,00	R\$ 240.000,00	R\$ 1.830.000,00
Sistema de Limpeza Pública e Manejo dos Resíduos Sólidos	R\$ 6.960.990,39	R\$ 10.784.091,83	R\$ 11.572.133,79	R\$ 19.680.525,76	R\$ 48.997.741,77
Sistema de Drenagem Urbana e Manejo das Águas Pluviais	R\$ 5.049.864,33	R\$ 8.089.156,00	R\$ 6.055.461,00	R\$ 9.016.609,00	R\$ 28.211.090,33
TOTAL GERAL	R\$ 18.483.174,35	R\$ 26.322.743,35	R\$ 27.521.938,97	R\$ 40.903.782,19	R\$ 113.231.638,86

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Regiões hidrográficas. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. PERFIL PIRAÚBA. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/#idhm-all>> Acesso em: 2022.

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.

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.

AYOADE, J. O. Introdução a Climatologia para os Trópicos. 4a Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1996. 332 p.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2002.

BARROS, RT de V. et al. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, v. 2, p. 221, 1995.



BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. – São Paulo: Ícone. – 6ª edição p.17-173. 2005.

BRASIL. Lei nº 9.974, de 06 de junho de 2000. Brasília – DF, 06 de junho de 2000.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2000. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília – DF, 15 de junho de 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília – DF, 02 de agosto de 2010.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília – DF, 08 de janeiro de 1997.

CANÇADO, V. L. et al. Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais: bases conceituais. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 2, n. 1, p. 5-21, 2005.

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

CARVALHO, P. Clima. Ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília, DF. Disponível em:
<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwc2vmaz02wyiv80166sqf14e0r8d.html#:~:text=Temperatura%20m%C3%A9dia%20anual%3A%2018%2C8,%C2%BAC%20\(Gua%C3%ADra%2C%20PR\)>](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fwc2vmaz02wyiv80166sqf14e0r8d.html#:~:text=Temperatura%20m%C3%A9dia%20anual%3A%2018%2C8,%C2%BAC%20(Gua%C3%ADra%2C%20PR)>)>. Acesso em: 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2005.



CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 006, de 19 de setembro de 1991. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 1991.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008. Ministério do Meio Ambiente, Brasília: 2008.

DATASUS - Tecnologia da Informação do Serviço Único de Saúde.
Disponível em: <
<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?ibge/cnv/popmg.def> > Acesso em:
junho de 2022.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, p. 677-685, 2016.

HORTON R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, in Chow, Ven Te; Maidment, D. R; Mays, L. W. (1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York. 1945.

GOMES, C. A.; BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Financiamento da drenagem urbana: uma reflexão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 3, p. 93-104, 2008.



IBGE. Bdia – Banco de dados de informações ambientais. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geologia>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION – IWA. Disponível em: <https://iwa-network.org/resources/>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria da Consolidação nº 5 de setembro de 2017. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: junho de 2022.

MOURÃO, R. F.; SEO, E. S. M. LOGÍSTICA REVERSA DE LÂMPADAS FLUORESCENTES. Interfacehs, São Paulo, v. 7, n. 3, p. 94-112, mar. 2012. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/2012/19127.pdf>. Acesso em: junho de 2022.

MUNICÍPIO DE PIRAÚBA . Cidade Brasil. 22 de fevereiro de 2021. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio.html>>. Acesso em: junho de 2022.

NBR 10.844 - Instalações Prediais de Águas Pluviais. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbmxnYWxlcmlhZGVwcm9qZXRvc2FycXVpdm98Z3g6NGY2Y2I4NzU1NjY2ZDZhZQ>. Acesso em: junho de 2022.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO - PLANSAB. Brasília: Brasil, 2008.

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Lei 9.433/1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.html. Acesso em: 10 de junho de 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO - PMSP. Hidráulica e Drenagem Urbana. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/normas_tecnicas/index.php?p=31338. Acesso em: junho de 2022.

SANCHES, E. S. S. Logística reversa de pós-consumo do setor de lâmpadas fluorescentes In: Anais do Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 5, 2008. Salvador.

SANTOS, J. R. D. Regulação do saneamento básico no Brasil: os objetivos de política e as experiências nos municípios fluminenses. 2013.

SANTO ANDRÉ. Lei Municipal n.º 7.606, de 23 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a drenagem de águas pluviais. Diário Oficial do Grande ABC, São Paulo, p.12, 25 dez. 1997.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: http://appsfnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto/. Acesso em: junho de 2022.

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

TASCA, F. A. Simulação de uma taxa para manutenção e operação de drenagem urbana para municípios de pequeno porte. 2016.

TUCCI, C. E. M. Impacto da Urbanização nas cheias urbanas e na produção de sedimentos. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, relatório de pesquisa FAPERGS, p. 120, 1995.



VILLELA, S.M. e MATTOS, A. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p. 1975.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 1996.

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

WILKEN, P. S. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo: CETESB p, 477, 1978.

ZAVARIS, C. Documento de recomendações a serem implementadas pelos órgãos competentes em todo território nacional relativas as lâmpadas com mercúrio. Disponível em:
http://www.acpo.org.br/campanhas/mercúrio/docs/recomendacoes_lampadas_hg.pdf