

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

PRODUTO 3 – RELATÓRIO DO
DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARTICIPATIVO



MUNICÍPIO DE ARAÇUAÍ - MG



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

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



**ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE
ARAÇUAÍ - MG**

PRODUTO 3: RELATÓRIO DO DIAGNÓSTICO TÉCNICO-PARTICIPATIVO

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA - ME

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAÇUAÍ - MG

**TADEU BARBOSA DE OLIVEIRA
PREFEITO MUNICIPAL**



EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA



LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA – ME

CNPJ: 23.146.943/0001-22

Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 1203.

CEP 14020-250 – 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

Roney Felipe Moratto

Geógrafo
CREA /PR 149.021/D

Carmen Cecília Marques Minardi

Economista
CORECON SP 36677

Daniel Ferreira de Castro Furtado

Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 118987-6

Victoria Vagner

Engenheira Ambiental

Lara Ricardo da Silva Pereira

Arquiteta e Urbanista
CAU: 177264-3

Paula Evaristo dos Reis de Barros

Advogada
OAB/MG 107.935

Carolina Bavia Ferruccio Bandolin

Assistente Social
GRESS/PR 10.952

Juliano Yamada Rovigati

Geólogo
CREA/PR 109.137/D

Daniel Mazzini Ferreira Vianna

Arquiteto e Urbanista
CAU 89.230-0

Willian de Melo Machado

Analista de Sistemas

Paulo Guilherme Fuchs

Administrador
CRA/SC 21705

Guilherme Nogueira

Engenheiro Ambiental



COMITÊ MUNICIPAL EXECUTIVO



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO	18
1.1. Aspectos Regionais.....	18
1.2. Localização	19
2. ASPECTOS AMBIENTAIS	20
2.1. Clima	20
2.2. Recursos Hídricos	23
2.3. Relevo e Solo	24
2.4. Vegetação.....	27
3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS.....	30
3.1. Demografia.....	30
3.2. Densidade demográfica	30
3.3. Distribuição etária por gênero	31
3.4. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).....	31
4. ECONOMIA	33
4.1. Produto Interno Bruto (PIB)	34
4.2. Renda	34
4.3. Vulnerabilidade Social.....	35
4.4. Projeção Populacional.....	36
5. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO SANEAMENTO	44
5.1. Disponibilidade Hídrica	47
5.1.1. Mananciais Superficiais.....	47
5.1.2. Mananciais Subterrâneos	49
5.1.3. Regulação de Uso dos Recursos Hídricos.....	52
5.2. Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água.....	53
5.2.1. ARASEMPRE – CPCD	53
5.2.2. Segurança Hídrica	54
5.2.3. Características Gerais do Sistema de Abastecimento de Água	57
5.2.4. Sistema de Abastecimento de Água Gerido pela COPASA.....	59
5.2.4.1. Captação.....	59
5.2.4.2. Estação de Recalque de Água Bruta - ERAB	60
5.2.4.3. Tratamento.....	62
5.2.4.4. Distribuição	69
5.2.4.5. Reservação	69
5.2.5. Qualidade da Água Bruta	70
5.2.6. Qualidade da Água Tratada.....	72



5.2.7.	Volume de água consumido e faturado	79
5.2.8.	Análise de ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica	79
5.2.9.	Tarifa	81
5.2.10.	Indicadores de Abastecimento de Água	84
5.2.11.	Necessidade de Investimento para Atendimento da Demanda Populacional Atual e Futura	90
5.2.12.	Sistemas de Abastecimento de Água Geridos pela COPANOR	93
5.2.13.	Características Gerais das Associações	95
5.2.13.1.	Distrito de Itira	95
5.2.13.2.	Distrito de Engenheiro Schnoor	98
5.2.13.3.	Comunidade Baixa Quente	99
5.2.13.4.	Comunidade de Alfredo Graça	101
5.2.13.5.	Comunidade de Igrejinha	103
5.2.13.6.	Comunidade de Neves	104
5.2.13.7.	Comunidade de Piabanha	106
5.2.13.8.	Comunidade de Martins	106
5.2.13.9.	Comunidade de José Gonçalves	108
5.2.14.	Sistemas Individuais	109
5.2.14.1.	Comunidade de Malhada Preta	109
5.2.14.2.	Comunidade de Cruzinha	110
5.2.14.3.	Comunidade de Olinto Ramalho	112
5.2.14.4.	Comunidades de Tesouras	113
5.2.14.5.	Comunidade do Córrego da Velha	115
5.2.14.6.	Comunidade de São João do Setúbal	117
5.2.15.	Análise Crítica do Sistema Atual de Abastecimento de Água de Araçuaí	119
5.3.	Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário	120
5.3.1.	Características Gerais Dos Sistemas De Esgotamento Sanitário	124
5.3.2.	Sistema de Esgotamento Sanitário Gerido Pela COPASA	125
5.3.2.1.	Rede Coletora	126
5.3.2.2.	Interceptores, Estações Elevatórias e Linhas de Recalque	126
5.3.2.3.	Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)	127
5.3.2.4.	Corpo Hídrico Receptor	132
5.3.2.5.	Balanço da Geração de Esgoto	133
5.3.2.6.	Qualidade do Efluente Tratado	135
5.3.3.	Sistemas de Esgotamento Sanitário Geridos pela COPANOR	136
5.3.3.1.	Distrito de Engenheiro Schnoor	137
5.3.3.2.	Comunidade de Baixa Quente	138
5.3.4.	Sistemas Individuais	140



5.3.5.	Principais Deficiências Levantadas no Sistema de Esgotamento Sanitário.....	150
5.4.	Diagnóstico dos Serviços de Gestão dos Resíduos Sólidos e de Limpeza Pública	151
5.4.1.	Área Urbana	153
5.4.2.	Área Rural	154
5.4.3.	Crescimento Populacional e Geração Per capita de Resíduos Sólidos Urbanos	156
5.4.4.	Classificação dos Resíduos	157
5.4.5.	Limpeza Pública.....	160
5.4.6.	Inventário de Resíduos Gerados no Município	162
5.4.6.1.	Resíduos Domiciliares	162
5.4.6.2.	Coleta Seletiva	164
5.4.6.3.	Compostagem.....	167
5.4.6.4.	Resíduos de Construção Civil	168
5.4.6.5.	Resíduos do Serviço de Saúde	172
5.4.6.6.	Resíduos Industriais	178
5.4.6.7.	Resíduos de Atividades Agrossilvopastoris	179
5.4.6.8.	Resíduos Sólidos na Zona Rural	180
5.4.6.9.	Resíduos de Saneamento.....	183
5.4.6.10.	Animais Mortos.....	185
5.4.6.11.	Resíduos com Logística Reversa Obrigatória	185
5.4.6.11.1.	Resíduos Eletrônicos	186
5.4.6.11.2.	Resíduos Pneumáticos	187
5.4.6.11.3.	Embalagens de Agrotóxicos	188
5.4.6.11.4.	Coleta e Reaproveitamento dos Óleos.....	189
5.4.7.	Gestão dos Resíduos Orgânicos	190
5.4.8.	Destinação final e medidas mitigatórias	191
5.4.9.	Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos	195
5.5.	Diagnóstico dos Serviços de Drenagem Urbana e o Manejo de Águas Pluviais.....	196
5.5.1.	Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	196
5.5.2.	Caracterização Das Sub-Bacias Hidrográficas	199
5.5.3.	Caracterização Das Microbacias Urbanas	202
5.5.3.1.	Análise Morfométrica	204
5.5.3.2.	Análise Linear	205
5.5.3.3.	Análise Areal.....	206
5.5.3.4.	Análise Hipsométrica	208
5.5.4.	Estudos Hidrológicos.....	211
5.5.4.1.	Índices Físicos	211
5.5.4.2.	Permeabilidade dos Solos	213
5.5.5.	Uso e Ocupação do Solo Urbano	213



5.5.6.	Chuvas Intensas	217
5.5.7.	Método para Vazão de Pico	220
5.5.8.	Erosão	225
5.5.9.	Indicadores de Drenagem	227
5.5.10.	Sistemas de Macrodrenagem	228
5.5.11.	Sistemas de Microdrenagem	230
5.5.12.	Taxa de Drenagem.....	232
5.5.13.	Análise Crítica das Deficiências no Sistema de Drenagem das Águas Pluviais	242
5.5.14.	Diagnóstico da Situação das Redes de Galerias Pluviais Existentes na Área Urbana	244
5.5.15.	Dissipadores de Energia	244
5.6.	Diagnóstico dos Serviços de Drenagem nas Comunidades Localizadas na Área Rural de Araçuaí	246
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	249



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – IDHM e seus componentes nos censos de 2000 e 2010.	33
Tabela 2 – Vulnerabilidade Social Araçuaí - MG.....	35
Tabela 3 - População de Araçuaí.	36
Tabela 4 - Estudo Populacional.	41
Tabela 5 – Taxa de crescimento urbano.....	43
Tabela 6 – Comunidades e distritos localizados na área rural de Araçuaí.	45
Tabela 7 – Características hidrológicas de Araçuaí.....	48
Tabela 8 – Balanço entre vazão outorgável x vazão demandada.....	48
Tabela 9 – Comunidades/localidades atendidas com caminhão pipa através da Defesa Civil e Prefeitura Municipal.	57
Tabela 10 – Especificação das bombas existentes.	60
Tabela 11 – Apresentação quantitativa das análises exigidas pela Portaria nº05/2017 MS.	73
Tabela 12 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.	74
Tabela 13 – Lista parcial de parâmetros do padrão de aceitação para consumo humano.	76
Tabela 14- Volume médio mensal de água consumido e faturado.	79
Tabela 15- Doenças relacionadas com a água.....	81
Tabela 16 – Indicadores referentes as receitas e despesas operacionais do sistema de abastecimento de água.	83
Tabela 17 – Sistema de indicadores utilizados na avaliação dos serviços e do panorama atual.	84
Tabela 18 – Comparativo de valores praticados.	86
Tabela 19 – Índices de perdas.	89
Tabela 20 – Estudo de Demanda para o SAA – Araçuaí Área Urbana.	91
Tabela 21 – Estudo de Demanda para o SAA – Araçuaí.	92
Tabela 22 – Capacidade de reservação do Município – Área Urbana.	93
Tabela 23 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí.	98
Tabela 24 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Engenheiro Schnoor.	99
Tabela 25 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí - Baixa Quente.....	100
Tabela 26 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Alfredo Graça.	102
Tabela 27 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Igreja.	103
Tabela 28 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Neves.....	104
Tabela 29 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Piabanha.....	106
Tabela 30 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Martins.	106
Tabela 31 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – José Gonçalves.	108
Tabela 32 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Malhada Preta.....	109
Tabela 33 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Cruzinha.	111
Tabela 34 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Olinto Ramalho.	113
Tabela 35 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Tesouras.	115



Tabela 36 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Córrego da Velha.....	116
Tabela 37 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – São João do Setúbal.	119
Tabela 38 – Indicadores do Sistema de Esgotamento Sanitário de Araçuaí.....	121
Tabela 39 – Panorama Urbano dos índices de coleta e tratamento dos esgotos.	123
Tabela 40- Sistemas de Esgotamento Sanitário geridos pela COPANOR.....	125
Tabela 41 – VolumeTotal de Esgoto gerado no Município de Araçuaí.....	134
Tabela 42 – Geração de esgoto baseado no consumo de água – área urbana.	134
Tabela 43 – Tecnologias de tratamento de esgoto em comunidades isoladas.	146
Tabela 44 - Síntese do sistema de coleta de Resíduos Sólidos da área rural.	155
Tabela 45 – Estimativa de geração de resíduos total da população municipal de Araçuaí – MG para um horizonte de 20 anos.	157
Tabela 46 – Definição e tipos de serviços que caracterizam a limpeza pública.	161
Tabela 47 – Avaliação dos tipos de varrição.....	162
Tabela 48 - Tipos de RSS gerados em Araçuaí – MG.	174
Tabela 49 – Quantidade de RSS gerado em 2019.....	174
Tabela 50 - Hierarquia fluvial	204
Tabela 51 - Estudo Morfométrico das Bacias	208
Tabela 52 - Tempos de Concentração para as diferentes bacias	212
Tabela 53 – Quantitativo Total do Perímetro Urbano.....	215
Tabela 54 – Sugestão dos Valores de Coeficiente de Run Off.....	216
Tabela 55 – Variação Coeficiente de Run off.....	216
Tabela 56 – Parâmetros das relações IDF (k, a, b, c) para o Município de Araçuaí.....	217
Tabela 57– Chuvas Intensas para diferentes Tempos de Retorno.	218
Tabela 58 - Vazões de Projeto para as bacias 2 e 3.....	221
Tabela 59 - Vazões de Projeto para as bacias 1, 4, 5 e 6.	225



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização do Município.	19
Figura 2- Temperaturas Médias Araçuaí – MG.....	22
Figura 3 - Mapa de Declividade de Araçuaí - MG.	25
Figura 4 - Mapa de Relevo de Araçuaí - MG.....	26
Figura 5 - Mapa de Geologia de Araçuaí - MG.....	27
Figura 6 – Mapa de Vegetação de Araçuaí – MG.	28
Figura 7 - Posição do IDHM do município de Araçuaí - MG de 2010.....	30
Figura 8 – Províncias Hidrogeológicas	50
Figura 9 – Barraginha localizada em Tesouras.	56
Figura 10 – Barraginha localizada em Córrego da Velha.	56
Figura 11 – Barraginha localizada em Neves.	57
Figura 12 – Captação de água no Rio Araçuaí.	60
Figura 13 - ERAB.	61
Figura 14 – Encaminhamento da água bruta para a ETA.....	62
Figura 15 – Etapas de tratamento de uma ETA convencional.	62
Figura 16 – Calha Parshall e adição de sulfato de alumínio.	63
Figura 17 – Câmaras de floculação hidráulica.	64
Figura 18 – Decantadores circulares.	64
Figura 19 – Três filtros por gravidade.....	65
Figura 20 – Bombas dosadoras de cloro.....	65
Figura 21 – Estação de Macromedição – ETA.....	67
Figura 22 – ETA compacta de fibra de vidro – modelo ETAC.	68
Figura 23 – ETA compacta – Araçuaí.	69
Figura 24 – Reservatórios enterrados existentes na ETA.	70
Figura 25 – Laboratório localizado na ETA.	78
Figura 26 – Balsa com conjunto motobomba.....	96
Figura 27 – ETA compacta e laboratório.	97
Figura 28 – Reservatório.....	97
Figura 29 – ETA desativada.....	99
Figura 30 – Poço utilizado para abastecimento da população.	99
Figura 31 – Chegada da água bruta para tratamento.	100
Figura 32 – ETA desativada.....	102
Figura 33 – ETA em funcionamento.	102
Figura 34 – Rio Gravatá totalmente seco.	102
Figura 35 – Reservatório para armazenamento de água da chuva ou água disponibilizada por caminhões pipa.	103



Figura 36 – ETA desativada existente na localidade.....	105
Figura 37 – Cisterna para armazenamento de água da chuva.	105
Figura 38 – Captação de água para abastecimento da comunidade.....	107
Figura 39 – Reservatório com capacidade de 30m ³	107
Figura 40 – ETA desativada.	108
Figura 41 – Armazenamento e bombeamento da água proveniente da nascente.	109
Figura 42 – Hipoclorito de sódio e coloração da água proveniente da nascente após aplicação.	110
Figura 43 – Poço Maranhão e água com dureza elevada aparente.	111
Figura 44 – Reservatórios existentes na comunidade.....	112
Figura 45 – Água coletada de poço particular.	113
Figura 46 – Cisterna para captação de água da chuva.	113
Figura 47 – Sistema de captação de água da chuva.	115
Figura 48 – Caixa d’água deteriorada depositada de forma irregular no terreno onde está localizada a escola da localidade e caixa d’água em uso.	116
Figura 49 – Escola Núcleo do Córrego da Velha	117
Figura 50 – Rio Setúbal.	118
Figura 51 - Sistema de Captação de Água da Chuva.....	118
Figura 52 – Cemitério localizado próximo ao Rio Setúbal.	119
Figura 53 – Panorama do Saneamento no Brasil.	121
Figura 54 – Resíduos retirados do processo de gradeamento.	128
Figura 55 – Caixa desarenadora.	129
Figura 56 – Reator UASB – 4 módulos.....	130
Figura 57 – Queima de gases.....	130
Figura 58 – Leito de secagem de lodo.	131
Figura 59 – Disposição do efluente no solo.....	132
Figura 60 – Sólidos sedimentáveis afluente e efluente.....	136
Figura 61 – Laboratório ETE.....	136
Figura 62 – Esgoto bruto a céu aberto e em seguida sendo lançado no corpo hídrico – Engenheiro Schnoor. .	138
Figura 63 – Sistema de Tratamento do Efluente.	139
Figura 64 – Gradeamento – Tratamento Primário.	139
Figura 65 – Dois conjuntos motobombas – EEE.	139
Figura 66 – Leito de secagem do lodo.	139
Figura 67 – Descarte incorreto de lodo.....	140
Figura 68 – Cercas de proteção da ETE caídas.....	140
Figura 69 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.	142
Figura 70 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.....	143
Figura 71 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.	144
Figura 72 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.	145



Figura 73 – Fossa Séptica em Olinto Ramalho.....	149
Figura 74 – Fossa Séptica na Comunidade de Martins.....	149
Figura 75 – Fossa Séptica enterrada e coberta com jardim – Piabanha.....	149
Figura 76 - Disposição irregular de resíduos.	154
Figura 77 - Caminhões compactadores utilizados para a coleta domiciliar.	163
Figura 78 - Materias dispostos sem organização.....	165
Figura 79 - Ponto de entrega voluntária para material reciclável.	166
Figura 80 - Usina de triagem dos recicláveis.	166
Figura 81 – Usina de triagem dos recicláveis.....	167
Figura 82 – Materiais presentes nos resíduos da construção civil.	170
Figura 83 – Empresa de RCC Ednezer.	171
Figura 84 – Caçambas da empresa M.A. RCC.	171
Figura 85 – Armazenamento RSS do hospital municipal.	176
Figura 86 – Armazenamento de RSS em unidade de saúde.	176
Figura 87 – Valas para disposição de resíduos.	181
Figura 88 – Resquícios de resíduos queimados em valas.	181
Figura 89 – Disposição Irregular de resíduos.....	182
Figura 90 – Disposição Irregular de resíduos.....	182
Figura 91 – Lodo da ETE em processo de secagem.	184
Figura 92 - Resíduos vindos do gradeamento da ETE.....	184
Figura 93 - Organização precária da disposição de resíduos.....	192
Figura 94 – Disposição de pneus.	192
Figura 95 – Resíduos industriais.	193
Figura 96 – Relevo irregular.	194
Figura 97 – Regiões Hidrográficas Brasileiras.....	199
Figura 98 – Bacias Hidrográficas Federais de Minas Gerais.	201
Figura 99 – Delimitação das Microbacias Urbanas do Município de Araçuaí – MG.....	203
Figura 100 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Perímetro Urbano do Município de Araçuaí.....	214
Figura 101 – Precipitação média na Bacia do Rio Araçuaí (janeiro 1996 – dezembro 2015).	219
Figura 102 – Dados Climáticos – Estação nº 83442 (1970-1990).	219
Figura 103 - Determinação da largura média da bacia.....	223
Figura 104 – Valores do Coeficiente de escoamento superficial direto.	223
Figura 105 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).....	224
Figura 106 – Erosividade média na Bacia do Rio Araçuaí (janeiro 1996 – dezembro 2015).	227
Figura 107 – Pontos de inundação disponibilizados pela Defesa Civil do Município de Araçuaí.	229
Figura 108 - Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.....	235
Figura 109 - Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.....	235



Figura 110 – Problemas erosivos consequentes da falta de dispositivos de drenagem na estrada para a Comunidade Córrego da Velha.....	246
Figura 111 – Ponto de inundação localizado na Comunidade de Baixa Quente.	247
Figura 112 – Estrada danificada pelo escoamento superficial de águas pluviais na Comunidade de Igrejinha..	247
Figura 113 – Problemas de drenagem localizados na comunidade de Piabanha.....	248



APRESENTAÇÃO

Este documento corresponde à elaboração da etapa de Diagnóstico da Situação Atual de Saneamento Básico (PMSB) de Araçuaí - MG.

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

O Plano de Saneamento Básico do município de Araçuaí visa estabelecer um planejamento das ações de saneamento no município, atendendo aos princípios da Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07, alterada pela Lei nº 14.026 de 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 básica 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, alterada pela Lei nº 14.026 de 2020, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento e para a política federal do setor. 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 periodicamente.

O PMSB envolve as seguintes fases: diagnóstico da situação do saneamento no município e seus impactos na qualidade de vida da população; Verificação do cumprimento dos objetivos, metas, programas, projetos e ações, Realização de novo prognóstico e planejamento através da definição de objetivos, metas e alternativas para universalização e desenvolvimento dos serviços; estabelecimento do plano de Execução dos programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas; desenvolvimento de mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática das ações programadas e, por fim, aprovação final do produto.



1. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

1.1. Aspectos Regionais

Calhau era o nome do arraial que nos anos de 1830 começou a formar-se na planície entre a chapada do Piauí e a do Candonga, onde o instável Calhauzinho faz barra no caudaloso Rio Araçuaí, ficando o arraial na margem direita de ambos. Calhau chama-se o cascalho de pedras lisas e arredondadas pela correnteza da água dos córregos.

O Padre Carlos Pereira de Moura havia fundado no vértice dos ângulos de confluência dos Rios Araçuaí e Jequitinhonha a Aldeia do Pontal, atualmente Itira. Esplêndida perspectiva, terras férteis, os dois grandes rios, a viração do vale, que abate o calor, o fácil acesso às canoas, um conjunto de qualidades locais indicava aquele lugar apropriado para abrigar uma cidade. Mas o Padre Carlos era excessivamente autoritário e exigente. Lançando os fundamentos de uma futura cidade, portou-se como senhor de alta e baixa justiça, e uma de suas determinações foi que não se consentissem ali meretrizes nem bebidas alcoólicas, então as infelizes mulheres emigraram subindo o rio Araçuaí, e, atraídos por elas os canoeiros mudaram de porto.

Nesse tempo era proprietária da Fazenda da Boa-Vista da Barra do Calhau uma velha mulata de nome Luciana Teixeira, a que A. de Saint-Hilaire se refere no seu livro de viagens. Esta boa mulher deu abrigo aos emigrantes do pontal em suas terras à margem direita do ribeirão do Calhau e de Araçuaí. Tornou-se este o ponto de arribada das canoas que subiam o Jequitinhonha.

A Cidade de Araçuaí está fundada na confluência do Ribeirão do Calhau com o Rio Araçuaí, à margem direita de ambos. É uma longa planície apertada entre duas altas chapadas, a do Piauí a leste e a do Candonga a oeste, na altitude de 314 metros, sendo que as duas chapadas, a pequenas distâncias, têm a altitude de 700 metros. Sendo dividida em comunidades, onde na área urbana tem-se a Comunidade Sede, e na área rural, se concentram mais 78 comunidades.

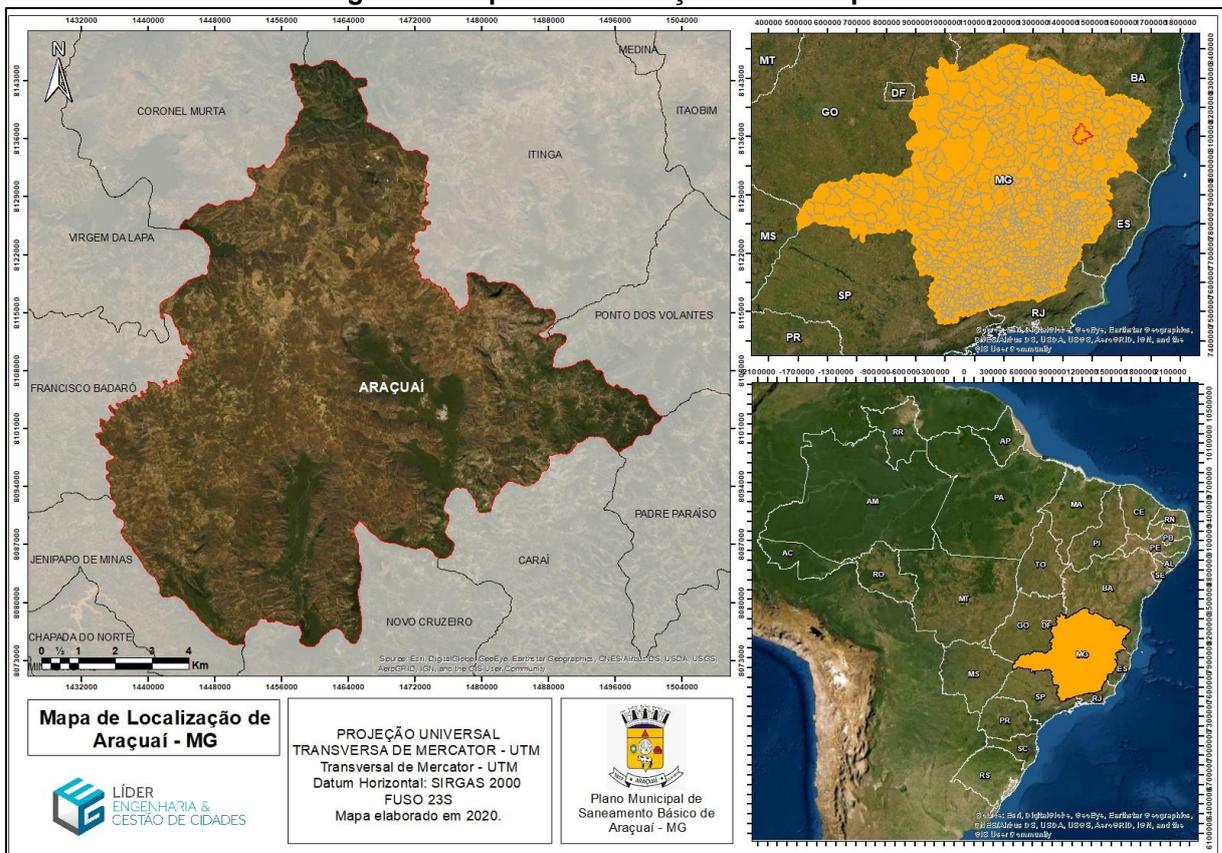
1.2. Localização

De acordo com a divisão regional vigente desde 2017, instituída pelo IBGE, o município pertence às Regiões Geográficas Intermediária de Teófilo Otoni e Imediata de Araçuaí. Até então, com a vigência das divisões em microrregiões e mesorregiões, fazia parte da microrregião de Araçuaí, que por sua vez estava incluída na mesorregião do Jequitinhonha.

O município possui uma área de 2.243 km² e limita-se ao norte com o município de Coronel Murta e Itinga, ao sul com o município de Novo Cruzeiro e Jenipapo de Minas, a oeste com o município de Virgem da Lapa e Francisco Badaró e a leste com o município de Carai, Padre Paraíso e Ponto dos Volantes. Situado a 315 metros de altitude, de Araçuaí tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 16° 50' 55" Sul, Longitude: 42° 3' 57" Oeste.

A figura a seguir, traz o mapa de localização do município de Araçuaí.

Figura 1 - Mapa de Localização do Município.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O acesso principal rodoviário a Araçuaí se dá pela Rodovia Federal BR-367, que tangencia e interliga o município por 594 km a capital do estado. É também atendido ao sul pela Rodovia Federal BR-342, que dá acesso ao município de Salinas. dista 385 km de Belo Horizonte em linha reta, e além das BR's 367 e 342, a BR-116 também faz parte do sistema de acesso ao município.

2. ASPECTOS AMBIENTAIS

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: 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 em 1900, onde 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 de vegetação 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

Onde:

- 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

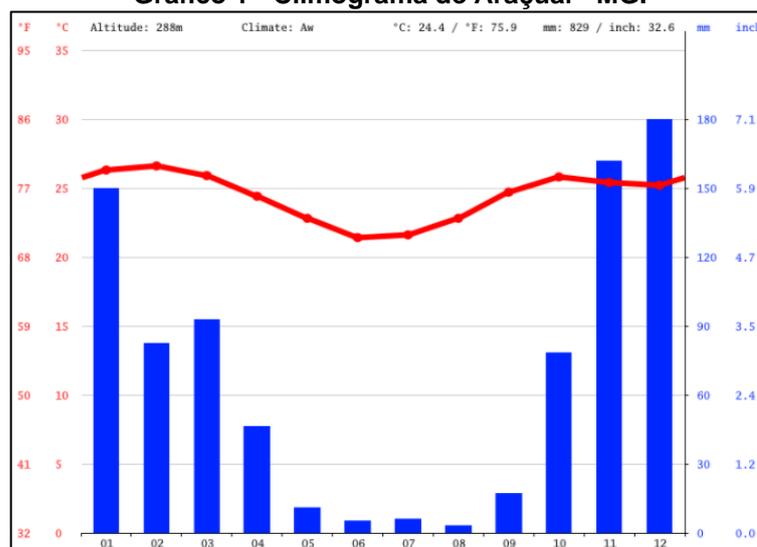
Seguido desta classificação, adicionou-se um grupo de climas de terras-altas, que ficou representado pela letra H. Esta classificação ainda passou a ter duas subdivisões. A primeira realizada pela distribuição sazonal de precipitação, como podemos visualizar abaixo:

- 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 Koppen-Geiger, é possível classificar o clima predominante do município de Araçuaí, que de acordo com dados fornecidos pelo Termo de Referência deste trabalho, o tipo climático predominante no município é o Bsw (continental-seco) com precipitação média anual inferior a 1.000 mm e média das temperaturas máximas em torno de 34° C.

Além de escassas, as chuvas são irregulares e mal distribuídas. Os meses secos são de março a novembro e a precipitação máxima ocorre no verão. A temperatura média é de 25,8° C com índice pluviométrico médio de 817 mm.

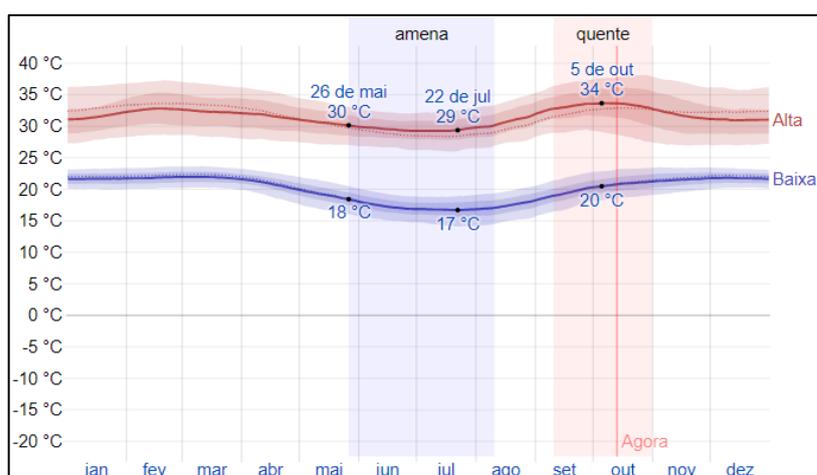
Gráfico 1 - Climograma de Araçuaí - MG.



Fonte: Climate, 2020.

Os meses de abril e setembro apresentam menores índices pluviométricos, sendo o período de inverno o mais seco. A queda nas temperaturas também é visível no gráfico, mas não apresenta a mesma discrepância observada nos índices pluviométricos. A menor precipitação observada, é a do mês de agosto, sendo considerado o mês mais seco do ano, com uma média de apenas 3 mm de precipitações. O mês de Dezembro é o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 179 mm.

Figura 2- Temperaturas Médias Araçuaí – MG.



Fonte: Weather Spark, 2020.

Com os dados da figura anterior, é possível observar a diferença entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso é de 176 mm. 5.2 °C é a variação das temperaturas médias durante o ano.

2.2. Recursos Hídricos

O município de Araçuaí está inserido na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3) e na Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (JQ3).

O Rio Jequitinhonha nasce na região da cidade de Serro, atravessa o nordeste do Estado de Minas Gerais e desagua no oceano Atlântico, em Belmonte, no estado da Bahia. Sua bacia tem como território de atuação uma área de drenagem de 27.089Km², cerca de 4,6% da área do Estado de Minas Gerais e 29 municípios com sede em sua área, atendendo 380.341 mil habitantes. Percorre uma das regiões que já foi considerada uma das mais pobres do Brasil e do mundo, denominada vale do Jequitinhonha, mas que hoje apresenta leve desenvolvimento e projeta-se para uma região rica e desenvolvida. Perto de suas nascentes fica a cidade de Diamantina.

Os principais afluentes do Jequitinhonha pela margem direita são os rios Araçuaí, Piauí e São Miguel. Pela esquerda, os rios Itacambiruçu, Salinas e São Pedro. A bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha abrange grande parte do nordeste do estado de Minas Gerais e pequena porção do sudeste do estado da Bahia. De sua área total, cerca de 94% estão em Minas e apenas 6% localizam-se na Bahia.

Já a bacia do rio Araçuaí situa-se na região fisiográfica do Alto Jequitinhonha. Com aproximadamente 16.294 Km² de área de drenagem, a bacia do rio Araçuaí representa 24,78% do total da bacia do rio Jequitinhonha em território mineiro e 2,78% da área total do Estado de Minas Gerais, tendo 21 municípios com sede em sua área, atendendo 288.556 mil habitantes.

Atualmente, os principais usos de água em ambas as bacias são o abastecimento humano (urbano e rural) e a irrigação. A mineração e o garimpo têm promovido degradação da qualidade da água e mananciais nas regiões, também afetadas pelo problema de falta de esgotamento sanitário na área urbana. A agricultura e pecuária, exploradas em áreas ribeirinhas, principalmente para subsistência e com baixo nível tecnológico, também promoveram degradação e assoreamento ao longo dos anos.



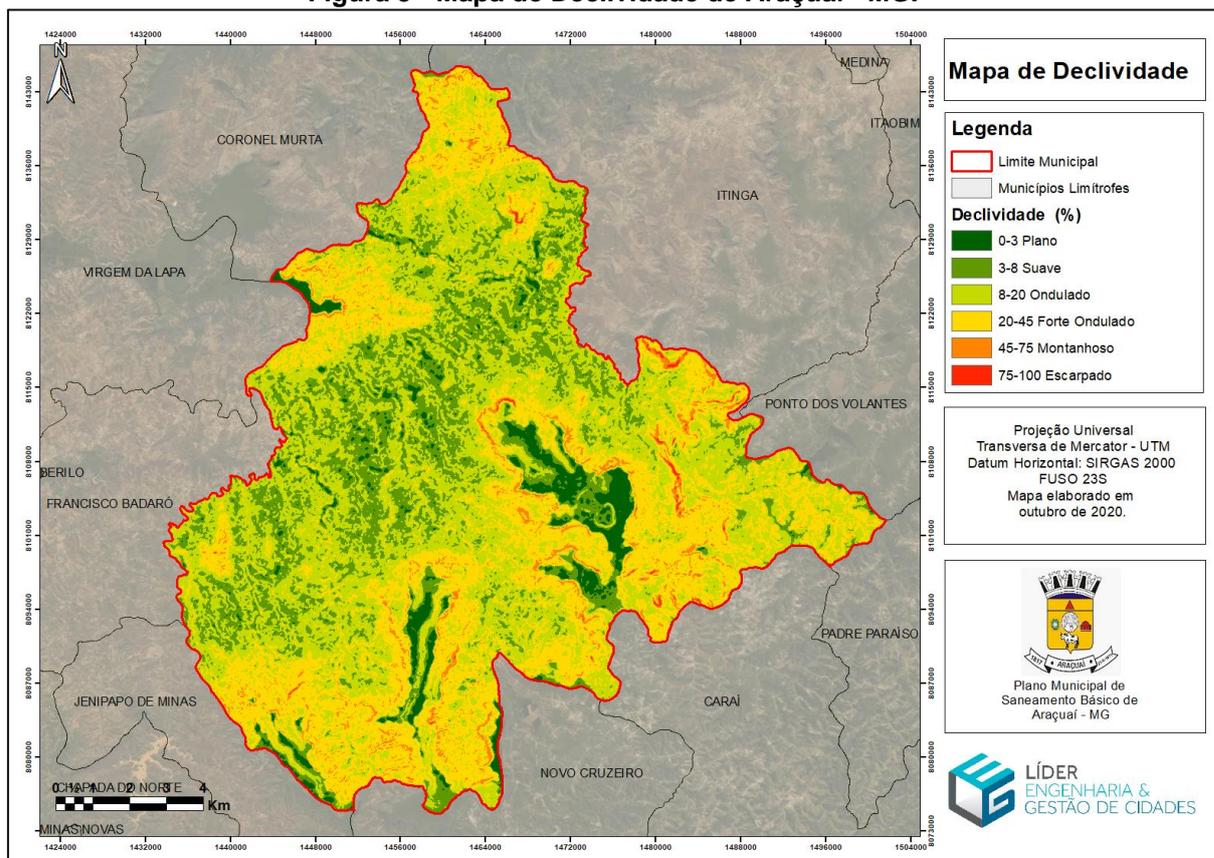
A montante da cidade, na comunidade rural de Baixa quente, está localizada a barragem do Rio Calhauzinho, formadora de reservatório com volume de acumulação de água de 32 km³, foi construída pela Companhia Energética de Minas Gerais CEMIG, na década de 1990, com o objetivo de perenização e aproveitamento para a agricultura irrigada. Ela é uma das cinco barragens de perenização previstas no Programa Novo Jequitinhonha, cujo objetivo era conseguir um aumento da produtividade agrícola da região, além de evitar o êxodo rural, fixando o homem no campo. Além disso, constituía-se meta desse Programa gerar 2.355 empregos diretos e 9.340 indiretos, e irrigar 4.670 ha.

O Programa Novo Jequitinhonha foi coordenado pelo GEVALE (Grupo Executivo de Coordenação de Ações no Vale do Jequitinhonha) e pela SEAM (Secretaria de Estado de Assuntos Municipais) e a responsabilidade pela implantação da irrigação ficaria a cargo da RURALMINAS, sendo a barragem hoje operada pela SEAPA.

2.3. Relevo e Solo

O município de Araçuaí, segundo dados do IBGE, possui topografia da área urbana moderadamente ondulada, conforme apresentado no mapa abaixo.

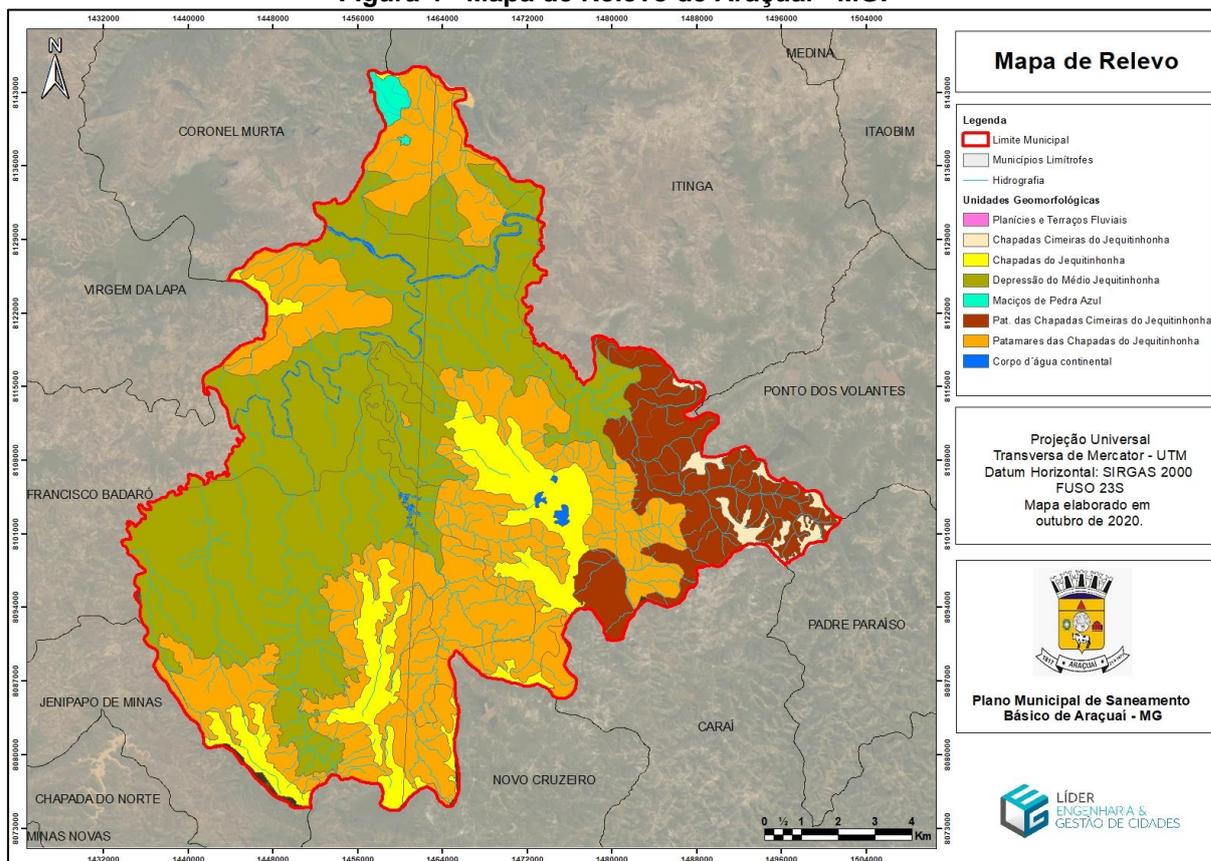
Figura 3 - Mapa de Declividade de Araçuaí - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A maior porção territorial de Araçuaí possui o relevo com declividades que variam entre forte ondulado a ondulado e baixas declividades, de acordo com a classificação bibliográfica.

Figura 4 - Mapa de Relevo de Araçuaí - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

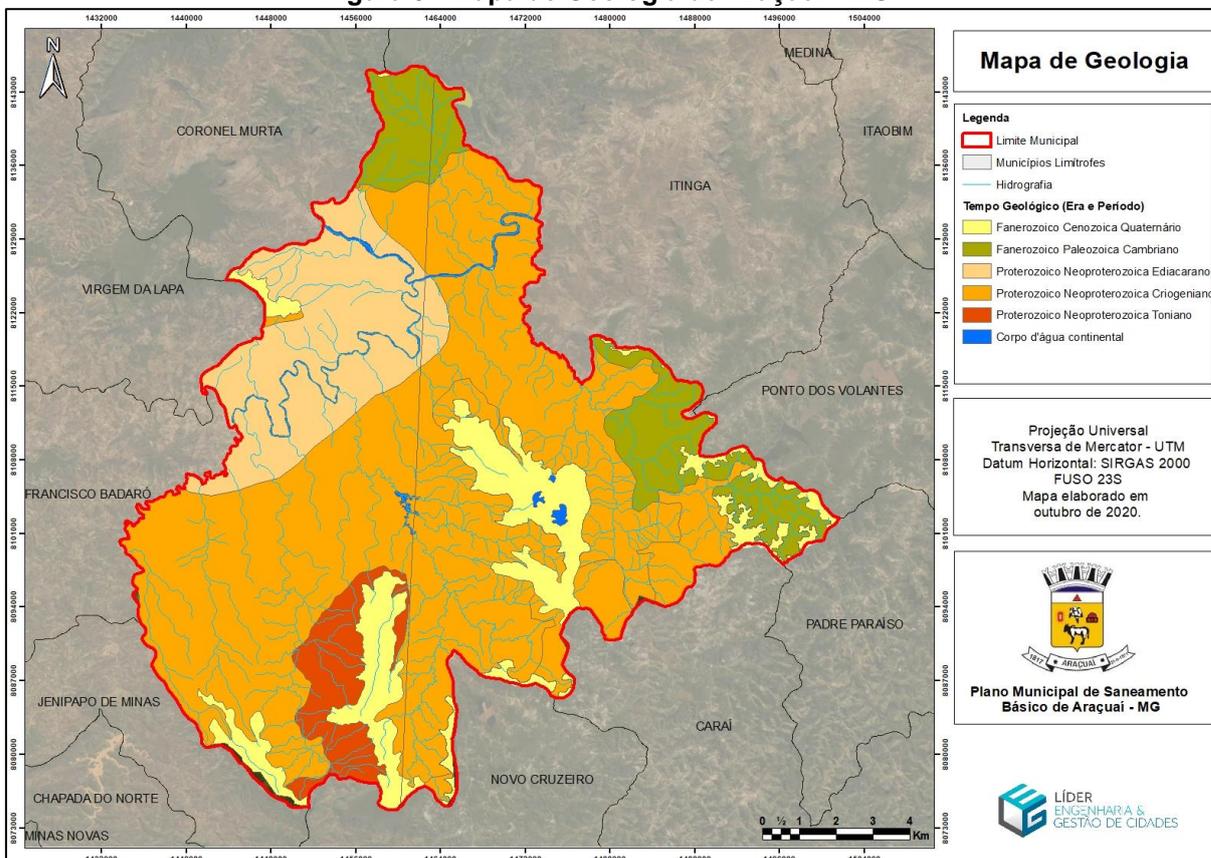
De acordo com Pereira et. al. (2003), predomina em Araçuaí terrenos datados do Pré-Cambriano, pertencentes ao grupo Macaúbas, onde há uma incidência muito grande de biotita-xistos, biotita-xistos granatíferos, localmente cianíticos. Relacionados com essa geologia, os recursos minerais aí encontrados são: estanho, feldspato, lítio, mica, nióbio e tântalo.

A unidade geomorfológica predominante no município é a depressão interplanáltica do Médio Jequitinhonha, como observado na Figura 5, que constitui uma área rebaixada, resultante da ampliação do Médio Vale Jequitinhonha por processos de pediplanação com ocorrência de biotita-xisto e rochas graníticas. O relevo apresenta formas variadas, destacando as superfícies aplainadas, colinas de topos aplainados, superfície ondulada em depressão e colinas. Aproximadamente 60% do município é constituído por um relevo montanhoso, fato que está diretamente relacionado com a intensificação dos processos erosivos.

Nas áreas de chapadas, ocorre o predomínio dos solos latossolo vermelho-amarelo-húmico e vermelho-amarelo-húmico álico, enquanto nos rebordos verifica-se a presença dos litossolos. Nas áreas de depressões, constata-se o predomínio dos

solos podzólicos e cambissolos eutróficos e, nos trechos fluviais, os aluviais eutróficos. Já as unidades geológicas são apresentadas no mapa abaixo.

Figura 5 - Mapa de Geologia de Araçuaí - MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

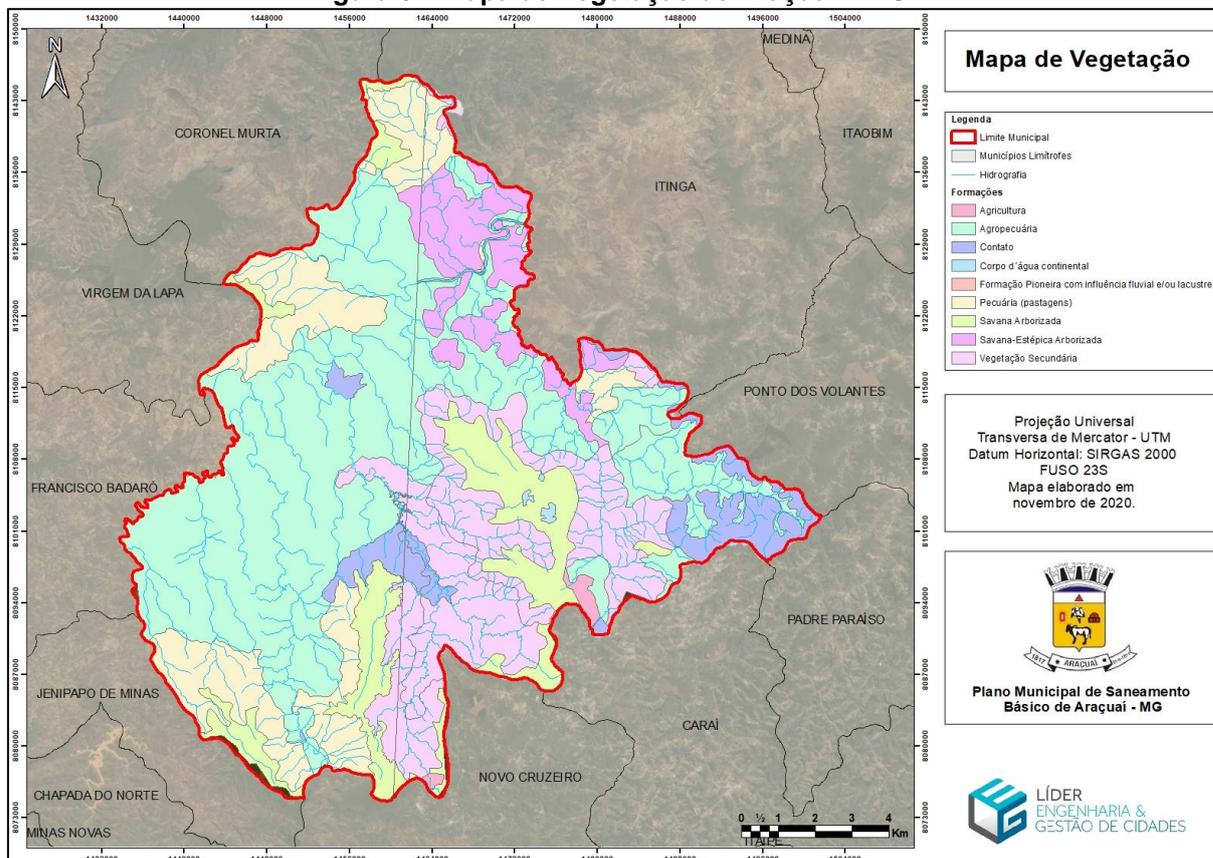
2.4. Vegetação

O município de Araçuaí está localizado entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, sendo totalmente inserido no bioma Mata Atlântica. Já os fragmentos de Cerrado, citado acima, deve-se pela unidade de conservação municipal, a APA da Chapada do Lagoão.

Possuindo 24.180,0 hectares (10,78% da área do município), a APA é uma chapada que está localizada na região centro/leste do município, a cerca de 25 quilômetros da sede do município, com uma altitude média de 850 metros e possui uma vegetação típica de cerrado, caracterizado por uma estrutura arbórea de esgalhamento profuso, folhas grandes, coriáceas e perenes com cascas corticosas. Em alguns trechos, apresenta-se como uma savana arborizada ou campo cerrado, caracterizado por estrato gramíneo-lenhoso contínuo, entremeado de árvores

gregárias, sujeitas a queimadas induzidas. A Figura a seguir retrata as formações que ocorrem no município, junto as áreas já degradadas para pastagem e plantios.

Figura 6 – Mapa de Vegetação de Araçuaí – MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

As espécies mais encontradas nessa área são a *Eugenia dysenterica* (Cagaiteira), *Magonia pubescens* (Tingui), *Qualea parviflora* (pau-daterra-folha-úmida), e *Qualea grandiflora* (pau-da-terra-folha-larga) dentre outras. Outros tipos de formações vegetais também são encontradas em Araçuaí, como as florestas de galeria, que têm os vales dos principais rios como área de ocorrência. Apresentam-se bastante degradadas em decorrência do desmatamento, principalmente para a prática da agropecuária. Encontram-se, ainda, áreas de caatinga, evidenciando a transição da cobertura vegetal que caracteriza esse município.

Esta área é a que mais se destaca no município, principalmente devido à exuberância dos atributos naturais da Serra do Tombo (onde se localiza a Chapada do Lagoão e Samambaia denominação local), e por ainda manter em bom estado de

preservação extensos e exuberantes fragmentos de espécies de vegetação arbórea, cerrado e caatinga e animais típicos dessas tipologias vegetais.

Além disso, a APA é uma região de “cabeceira de água”. Por ser área de chapada é, portanto área de recarga de vários córregos que nascem em seus rebordos. A composição da rede hidrográfica desta área pertence à bacia do Rio Jequitinhonha.

Para melhor entendimento a respeito das características do bioma Mata Atlântica, tem-se que é uma formação vegetal brasileira que originalmente cobria 1.290.000 km², correspondente a cerca de 14,5% do território nacional. Localizada entre os paralelos 8° e 28° de latitude sul, abrangia toda a linha do litoral brasileiro, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, interiorizando-se nas regiões Sul e Sudeste, e alcançando a Argentina e Paraguai. Cobria também grandes trechos do planalto brasileiro, chegando até a se conectar à Floresta Amazônica.

A Mata Atlântica possui a maior Reserva da Biosfera em área florestal dentre as 440 declaradas pela UNESCO em 97 países. A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica conta com cerca de 35.000.000 hectares, envolvendo 15 estados brasileiros. A Mata Atlântica possui 4 áreas reconhecidas como Sítio do Patrimônio Mundial Natural, internacionalmente, sendo elas: Costa do Descobrimento BA/ES; Mata Atlântica do Sudeste SP/PR; Ilhas Atlânticas Fernando de Noronha PE; e Atol Rocas e Foz do Iguaçu/PR, além de 1 Sítio RAMSAR (Lagoa do Peixe/RS).

Já o Bioma Cerrado, considerado um dos ambientes savânicos tropicais mais ricos em espécies do mundo, estendia-se originalmente por cerca de 21% da superfície do Brasil, e possui cerca de 10.000 espécies vegetais, das quais 44% endêmicas, e 1.276 espécies de vertebrados terrestres, das quais 89% são endêmicas, além de mais de 11.000 espécies de invertebrados e de cerca de 800 espécies de peixes de água doce, das quais 200 são endêmicas.

3. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

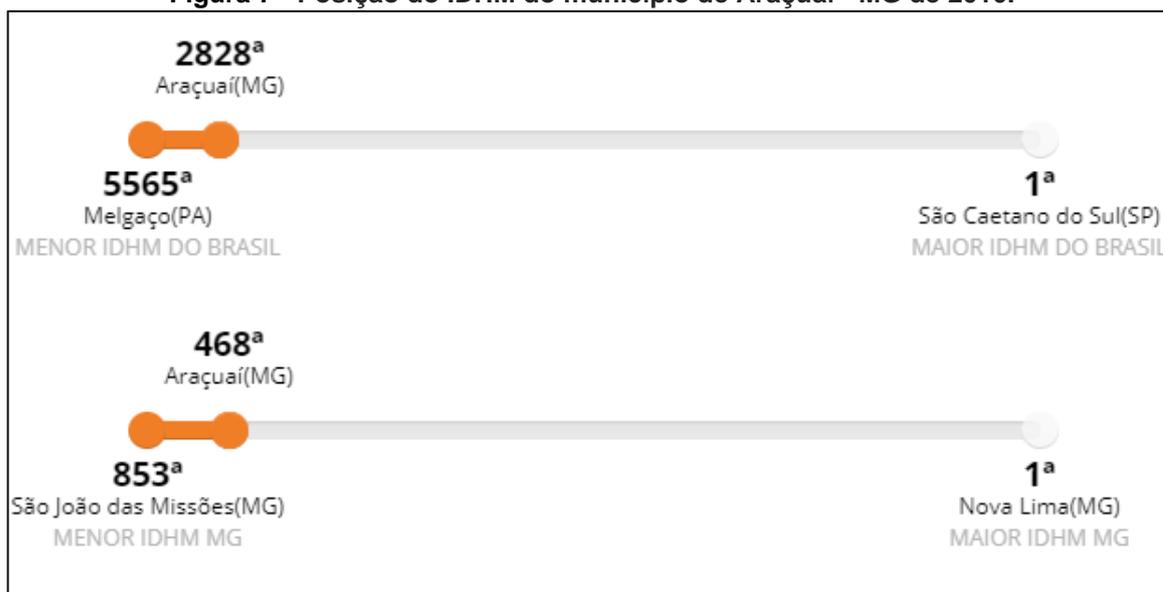
3.1. Demografia

De acordo com as estimativas do PNUD (2017), a população do município de Araçuaí era de 37.361 pessoas, sendo composta, em sua maioria, por mulheres e negros .

Entre 2013 e 2017, a população do município registrou um aumento de 0,52%. No mesmo período, a UF - Minas Gerais - registrou um aumento de 2,56%

Em 2010, o IDHM do município de Araçuaí ocupava a 2828^a posição entre os 5.565 municípios brasileiros e a 468^a posição entre os municípios de seu estado (UF).

Figura 7 - Posição do IDHM do município de Araçuaí - MG de 2010.



Fonte: PNUD, Ipea e FJP.

3.2. 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 expressada em habitantes por quilômetro quadrado. Baseado nas estimativas populacionais para 2010, Araçuaí possui densidade demográfica de 16,10 hab/km².

3.3. Distribuição etária por gênero

A composição por sexo da população, focalizada segundo grupos etários, evidencia maior número de mulheres em relação aos homens, ainda que pouca diferença entre eles, segundo estimativas no ano de 2010, dos 36.013 mil habitantes, 17.848 mil do total da população, que corresponde a 49,56%, são homens, e 18.165 mil, correspondentes a 50,44%, são mulheres. O maior número de homens em 2010, se concentra na faixa entre 15 a 19, e o maior número de mulheres também está na faixa de 15 a 19 anos.

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.

3.4. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

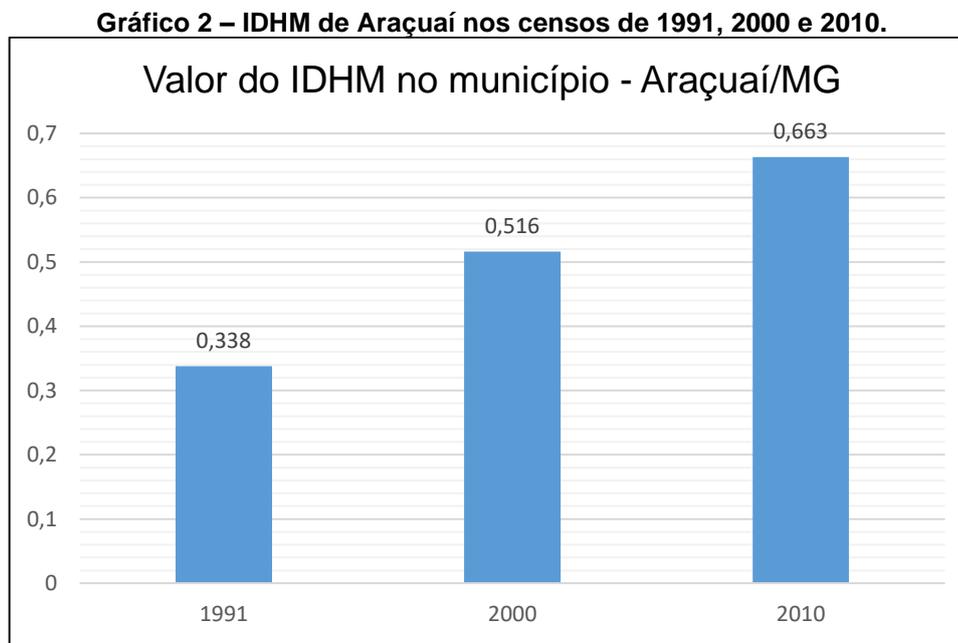
O cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) tem a finalidade de caracterizar a qualidade do desenvolvimento do cidadão através do estudo de três indicadores, sendo eles: longevidade, renda e educação. Para efeito de comparação, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNDU) 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 seu desenvolvimento.

A partir dos dados do Censo Demográfico, observa-se que o IDHM do município de Araçuaí era 0,516, em 2000, e passou para 0,663, em 2010. Em termos relativos, a evolução do índice foi de 28,49% no município.

Como evidenciado, o IDHM do município apresentou aumento entre os anos de 2000 e 2010, enquanto o IDHM da UF - Minas Gerais - passou de 0,624 para 0,731. Neste período, a evolução do índice foi de 28,49% no município, e 17,15% na UF.

Ao considerar as dimensões que compõem o IDHM, também entre 2000 e 2010, verifica-se que o IDHM Longevidade apresentou alteração 13,55%, o IDHM Educação apresentou alteração 65,19% e IDHM Renda apresentou alteração 13,04%.

O gráfico a seguir permite acompanhar a evolução do IDHM e suas três dimensões para o município - Araçuaí - e para a UF - Minas Gerais - nos anos de 1991, 2000 e 2010.



Fonte: PNUD, Ipea e FJP, adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Na tabela 3 é apresentada a evolução do IDHM de Araçuaí durante os censos realizados pelo IBGE nos anos de 2000 e 2010, onde é possível notar o grande salto de qualidade que o município deu, quando o IDHM passou de 0,516 para 0,663. Tendo mostrado significância também em cada setor individual, com maior destaque para o IDHM referente a educação no município.

Tabela 1 – IDHM e seus componentes nos censos de 2000 e 2010.

INDICADORES	ANO	
	2000	2010
IDHM	0,516	0,663
IDHM Educação	0,339	0,56
% de 18 anos ou mais de idade com ensino fundamental completo	22,97	38,3
% de 4 a 5 anos na escola	27,77	65,93
% de 11 a 13 anos de idade nos anos finais do ensino fundamental ou com ensino fundamental completo	63,04	91,94
% de 15 a 17 anos de idade com ensino fundamental completo	41,2	55,63
% de 18 a 20 anos de idade com ensino médio completo	12,77	33,57
IDHM Longevidade	0,723	0,821
Esperança de vida ao nascer	68,4	74,27
IDHM Renda	0,56	0,633
Renda per capita	261,03	410,67

Fonte: PNUD, Ipea e FJP, adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

4. ECONOMIA

A economia do município de Araçuaí está baseada nos seguintes setores: setor de prestação de serviços, atividades industriais (mineração) e agropecuária (cana, feijão, mandioca, milho, banana, manga, coco, bovinos, aves, equinos e caprinos (IBGE 2008).

O setor agrícola contribui pouco para a geração de riquezas devido a baixa capacidade de agregação de valor à produção e aos baixos índices de produtividade.

A exploração mineral na região é significativa, mas acontece de forma artesanal e informal sem a preocupação com o meio ambiente e sem agregar qualquer valor à matéria prima.

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 (quer sejam países, estados ou cidades), durante um período determinado (mês, trimestre, ano etc). O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de quantificar a atividade econômica de uma região.

De acordo com o IBGE, em 2017, o PIB de Araçuaí era de R\$ 10.510. Se comparado ao PIB per capita do estado de Minas Gerais R\$ 27.282 e do Brasil R\$ 31.833, para o mesmo ano, Araçuaí se encontra com um índice inferior em relação ao restante do país e abaixo da média do estado.

4.2. Renda

Os valores da renda per capita mensal registrados, em 2000 e 2010, evidenciam que houve crescimento da renda no município de Araçuaí entre os anos mencionados. A renda per capita mensal no município era de R\$ 261,03, em 2000, e de R\$ 410,67, 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 de 01 de agosto de 2010), respectivamente. Dessa forma, em 2000, 27,48% da população do município eram extremamente pobres, 52,15% eram pobres e 75,30% eram vulneráveis à pobreza; em 2010, essas proporções eram, respectivamente, de 13,63%, 29,55% e 53,99%.

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 42,87%, em 2014, para 34,34%, em 2017. Já 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 68,39%, em 2014, e 66,03%, em 2017. Por fim, 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 74,95%, em 2014, e 85,18%, em 2017.

O índice de Gini no município passou de 0,62, em 2000, para 0,57, em 2010, indicando, portanto, houve redução na desigualdade de renda.

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 os resultados apresentados na tabela a seguir:

Tabela 2 – Vulnerabilidade Social Araçuaí - MG.

INDICADORES	ANO	
	2000	2010
Crianças e Jovens		
% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	86.80	73.00
% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	18.42	17.11
% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	39.83	18.88
Adultos	-	-
% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	66.51	52.93
% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	19.60	28.11
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	7.32	7.22
% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0.76
Condição de Moradia	-	-
% da população que vive em domicílios com banheiro e água encanada	49.85	79.01

Fonte: PNUD, Ipea e FJP, adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A situação da vulnerabilidade social no município de Araçuaí pode ser analisada pela dinâmica de alguns indicadores: houve redução no percentual de crianças extremamente pobres, que passou de 39,83% para 18,88%, entre 2000 e 2010; o percentual de mães chefes de família sem fundamental completo e com filhos menores de 15 anos, no mesmo período, passou de 19,60% para 28,11%.

Neste mesmo período, é possível perceber que houve redução no percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam nem trabalham e são vulneráveis à pobreza, que passou de 18,42% para 17,11%.

Por último, houve crescimento no percentual da população em domicílios com banheiro e água encanada no município. Em 2000, o percentual era de 49,85% e, em 2010, o indicador registrou 79,01%.

4.4. Projeção Populacional

As metas para a universalização do acesso e a promoção da saúde pública que serão previstas no Plano Municipal de Recursos Hídricos, 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 método Aritmético, o método da Previsão e o método 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 de Araçuaí por meio dos métodos citados. Os valores a seguir na abaixo apresentam os dados de população do município, dos anos de 1970 até 2010.

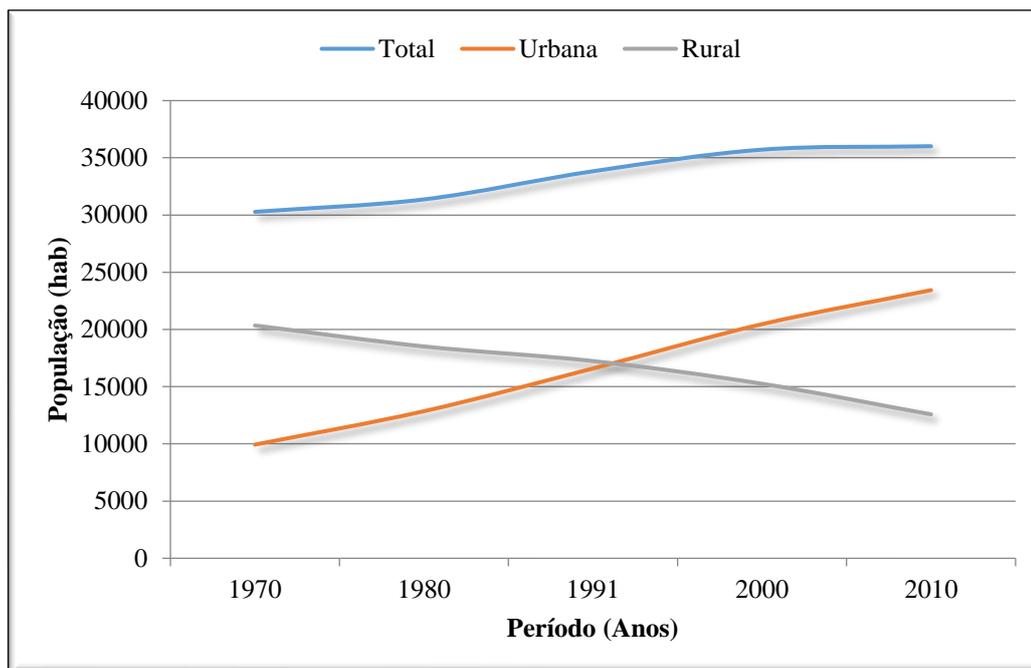
Tabela 3 - População de Araçuaí.

Situação do domicílio	1970	1980	1991	2000	2010
	Total	Total	Total	Total	Total
Total	30280	31367	33826	35713	36013
Urbana	9934	12855	16590	20461	23435
Rural	20346	18512	17236	15252	12578

Fonte: IBGE, 2010.

O gráfico abaixo apresenta 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 do Município de Araçuaí.

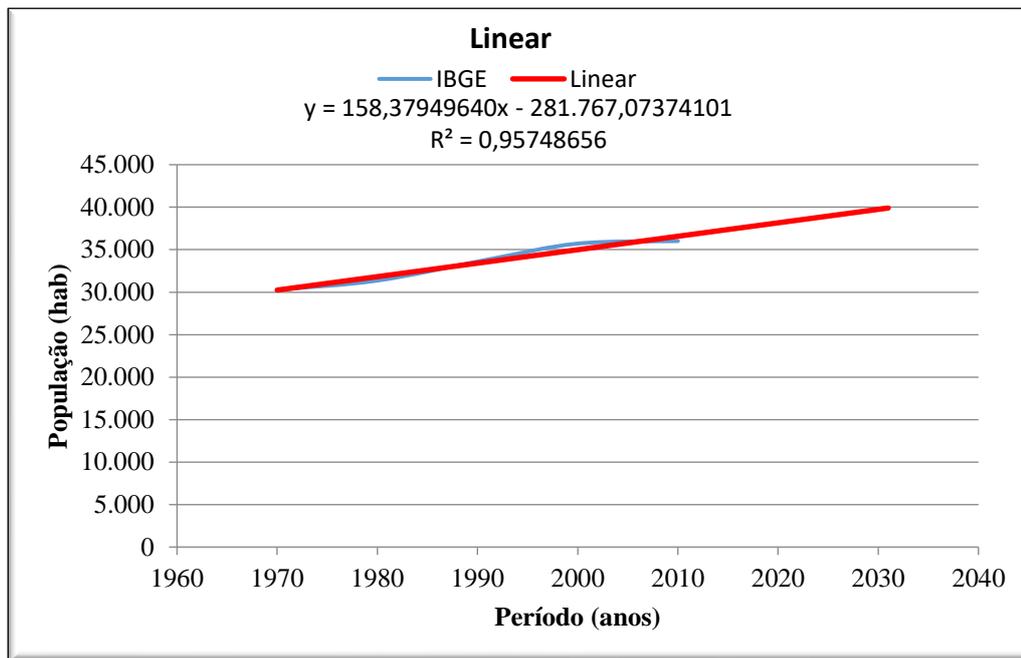


Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A fim de definir qual dos métodos matemáticos mais se adéqua a realidade do município, 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.

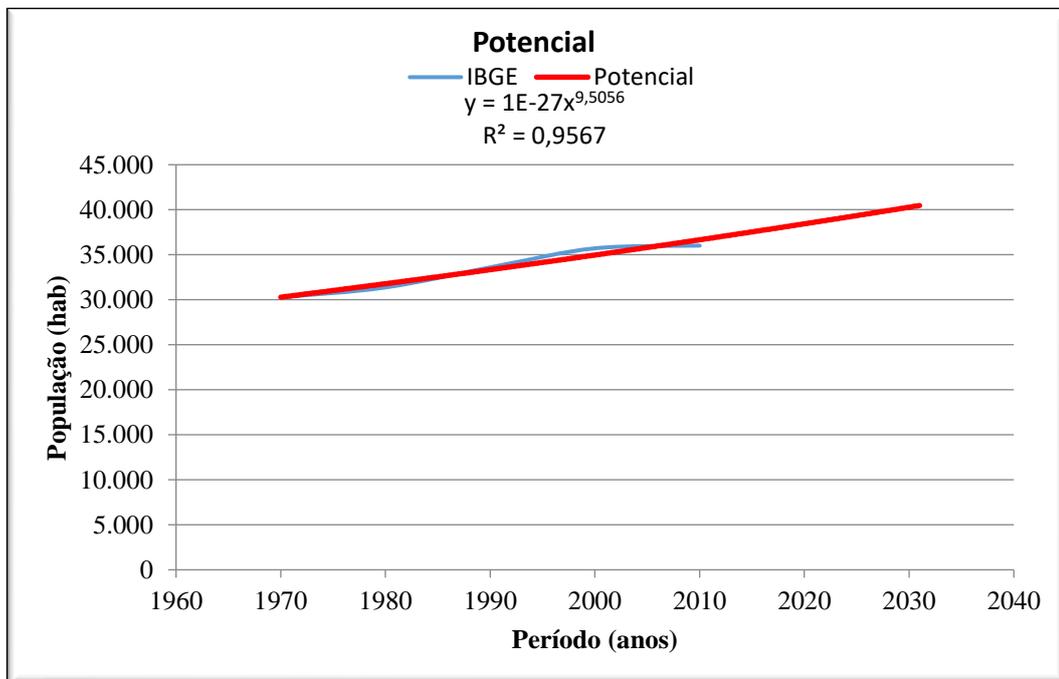
A evolução da população e a taxa de crescimento (%) ano a ano, obtidos através do ajuste dos dados do IBGE, são determinadas a partir da curva que melhor se ajusta aos dados do próprio IBGE. Abaixo seguem os gráficos para ilustrar o estudo populacional e o desvio padrão (R^2) de cada um dos métodos.

Gráfico 4 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Linear.



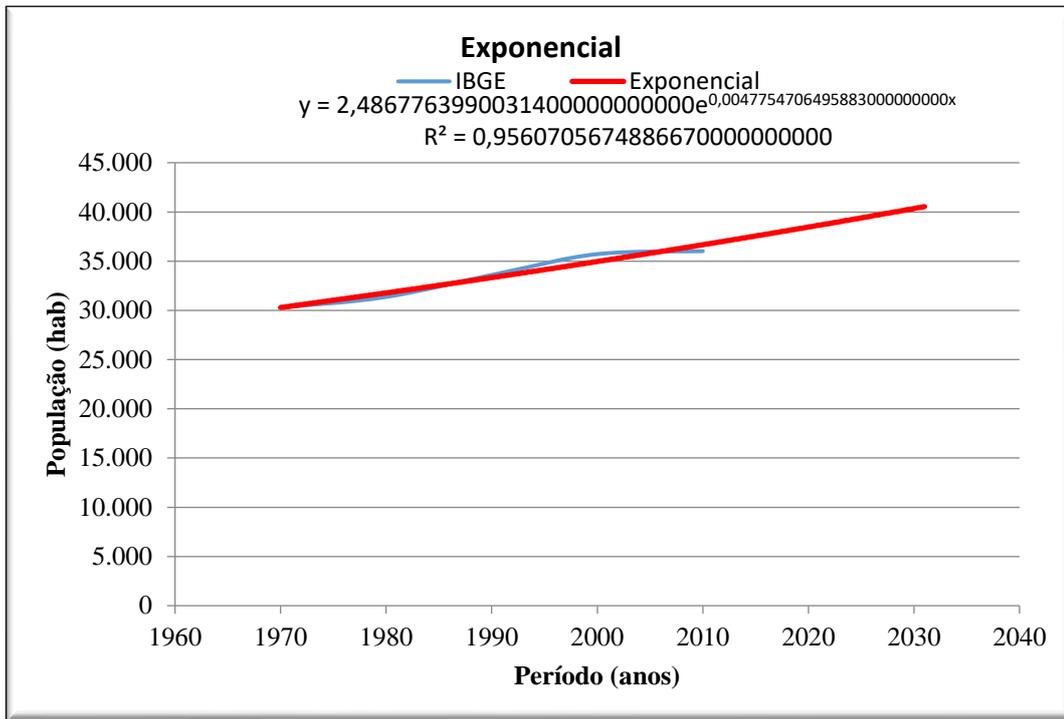
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Gráfico 5 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Potencial.



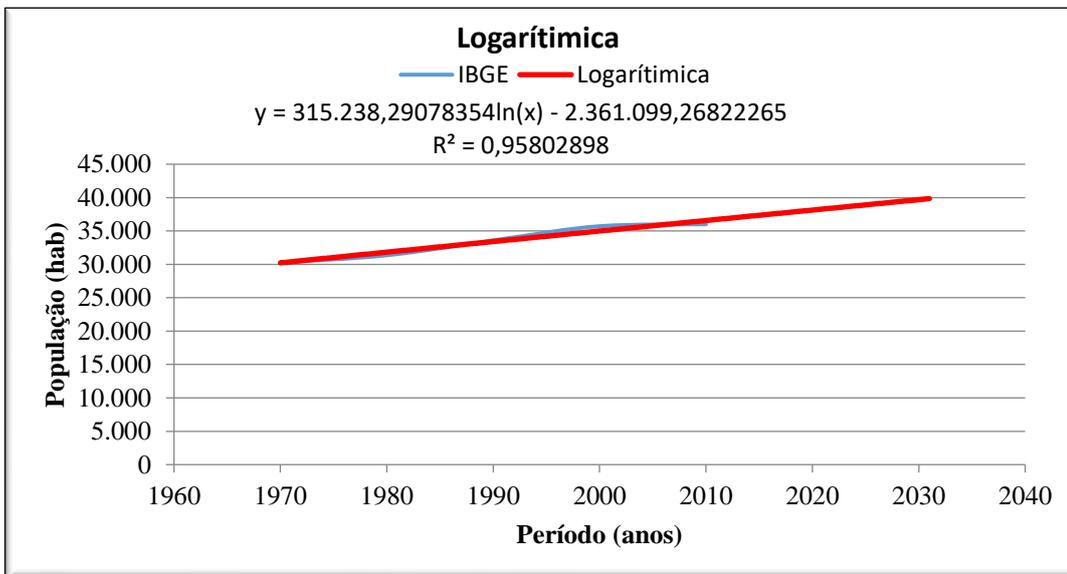
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Gráfico 6 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Exponencial.



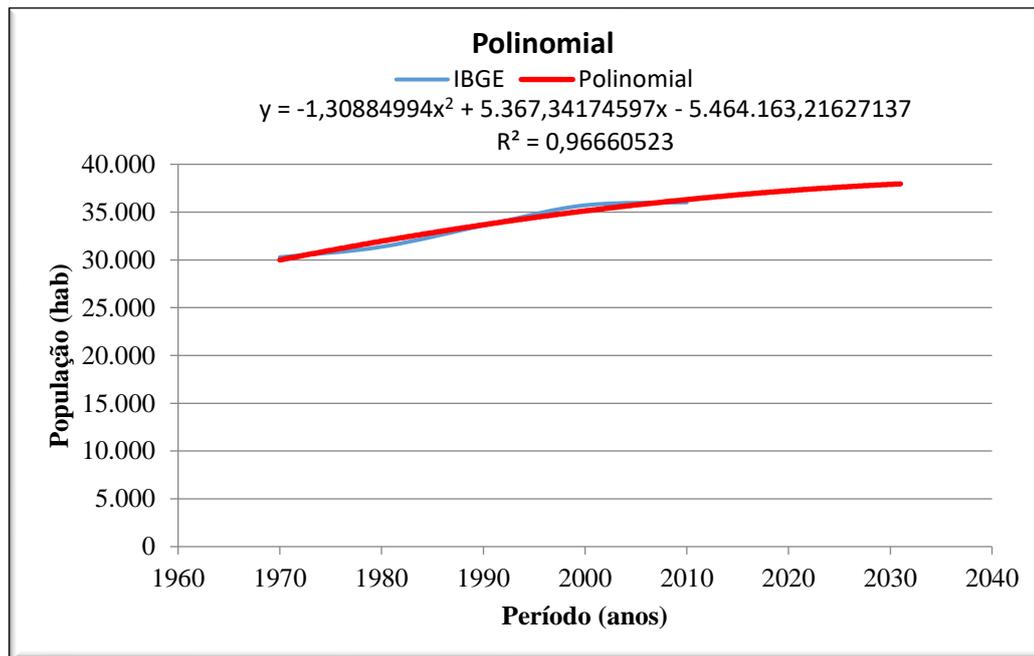
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Gráfico 7 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Logarítmica.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Gráfico 8 - Análise comparativa entre o crescimento populacional pelo IBGE e a Curva Polinomial.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

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 0,96660523, resultando na equação:

$$y = -1,30884994x^2 + 5.367,34174597x - 5.464.163,21627137$$
$$R^2 = 0,96660523$$

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 valores obtidos por cada método de crescimento. Dessa forma, foi indicado como o mais aplicável ao comportamento do município, o método Crescimento, que retratou melhor a evolução da população e permitiu estimar a população futura.

Este método indicou uma taxa de crescimento de 0,08% ao ano e apresentou a população para os próximos vinte anos, conforme a Tabela abaixo.

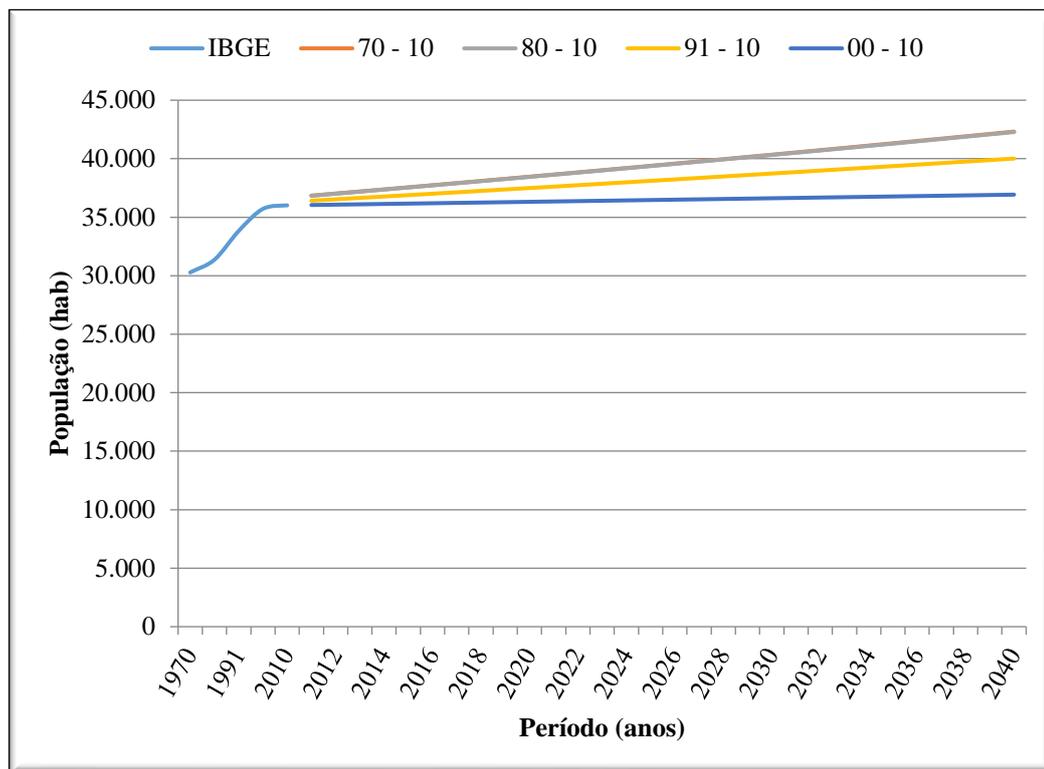
Tabela 4 - Estudo Populacional.

ANO	POPULAÇÃO
2020	36.942
2021	37.035
2022	37.127
2023	37.220
2024	37.313
2025	37.406
2026	37.499
2027	37.591
2028	37.685
2029	37.777
2030	37.870
2031	37.964
2032	38.056
2033	38.149
2034	38.241
2035	38.335
2036	38.428
2037	38.520
2038	38.613
2039	38.706
2040	38.799

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A Figura abaixo mostra o crescimento da população total do município conforme dados do IBGE, de 1970 a 2010, e a previsão do crescimento da população de Araçuaí no período de 2020 a 2040, que representa o horizonte de vinte anos.

Gráfico 9 - Crescimento populacional do Município de Araçuaí.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O estudo apresentado se refere a população total residente no município, abrangendo a área urbana e rural. Para fins de estudos relacionados ao Sistema de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do município faz-se necessário conhecer a taxa de crescimento na área urbana, já que nesta é onde se encontra a maior parte da população e conseqüentemente demanda mais recursos.

Na tabela que segue, é apresentado o estudo realizado levando em consideração apenas o crescimento da área urbana de acordo com os anos. A taxa de crescimento anual foi de 1,34%.

Tabela 5 – Taxa de crescimento urbano.

Taxa de crescimento urbana	
Ano	População
2020	27.038
2021	27.398
2022	27.758
2023	28.118
2024	28.479
2025	28.839
2026	29.199
2027	29.559
2028	29.920
2029	30.280
2030	30.640
2031	31.001
2032	31.361
2033	31.721
2034	32.081
2035	32.442
2036	32.802
2037	33.162
2038	33.522
2039	33.883
2040	34.243

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Projetos, 2020.

Observa-se que a taxa de crescimento populacional levando em consideração apenas a população urbana (1,34%) foi superior se comparada com a taxa de crescimento esperada para o município (0,08%). Ao analisarmos as informações apresentadas, pode-se dizer que devido a migração da população residente na área rural para a cidade, em busca de oportunidades de emprego e melhores condições de vida, o crescimento urbano esperado foi maior.

Com a finalidade de adequação do crescimento populacional, levando em consideração a realidade do município, foi realizado um estudo utilizando a taxa de crescimento municipal (urbana e rural) de 0,08% para que seja possível um planejamento mais apropriado para o município

5. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DO SANEAMENTO

A Lei Federal nº 11.445 de 2007, atualizada pela Lei Federal 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento, define como serviços de saneamento básico os relativos ao abastecimento de água, coleta, afastamento, tratamento e disposição final de esgotos, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem urbana.

Os serviços de água e esgoto, essenciais em todos os centros urbanos, usam a água de duas formas: para o abastecimento 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 caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, responsável por depleção do oxigênio nos cursos de água, como resultado da estabilização pelas bactérias. 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 ou coleta parcial por rede de esgoto podem constituir fonte de poluição difusa, vinculada às alternativas disponíveis para o saneamento, como lançamentos diretos no solo, fossas negras, secas e sépticas. O mesmo problema pode ocorrer nas zonas rurais, tendendo a assumir dimensões menores pela 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, observada a legislação Estadual e Federal objetivando 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.

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, em observância à Lei Estadual nº 18.309, de 03 de agosto de 2009, Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, Lei Federal nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, suas regulamentações e demais legislações pertinentes. Atua na regulação e fiscalização dos serviços de

abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos municípios conveniados com a Agência.

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.

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 tanto na Sede quanto na área rural.

No Município local de estudo existem 78 localidades na área rural, onde foram divididas em 14 setores para melhor entender a realidade dos locais. Na tabela abaixo é possível visualizar tal divisão.

Tabela 6 – Comunidades e distritos localizados na área rural de Araçuaí.

ZONA RURAL ARAÇUAÍ-MG	
SETOR	COMUNIDADES DOS SETORES
SÃO JOÃO DO SETUBAL	SÃO JOÃO SETUBAL
	BARRA DO GRAVATA
	SÃO JOSE DO GRAVATA
	PONTE DO GRAVATA
JOSÉ GONÇALVES	BARREIRO
	FAZENDA VELHA
	BARRIGUDA DO MEIO
	BARRIGUDA DE CIMA
	QUATIS
	CORGUINHO
	PONTE PIAUI
	SANTA LUZIA
	SÃO MARCOS
	JOSE GONÇALVES
BAIXA QUENTE	IGREJINHA
	BARRA CORREGO NARCISO
	SALITRE
	BAIXA QUENTE
	BARRA CORUTO
CENTRO	AGUADA NOVA
	PIABANHA
	MARTINS
	GRMA



CORREGO DA VELHA DO MEIO	VARGINHA
	LAGOA DOS PATOS
	CORREGO DA VELHA DE BAIXO
	CORREGO DA VELHA DO MEIO
	MANDINGA
CRUZINHA	CRUZINHA
	PALMITAL
	GANGORRINHA
	CAMPO DA DIVISA
	MUCAMBO
	CINZA
	TAIOBA
	PEQUI
TESOURAS	TESOURA
	PASSAGEM GOIABA
	BARA TESOURAS
	CORREGO NARCISO DO MEIO
	TESOURA DO MEIO
ALFREDO GRAÇA	ALFREDO GRAÇA
	GRAVATA DE CIMA
	SANTO ANTONIO DO GRAVATA
	PARATERRA
ENGENHEIRO SCHNOOR	BARA DO CORREGO DA ONÇA
	BARRA DO VAQUEJADOR
	BARRA DO BOM SUCESSO
	BARRA DO CORREGO GRANDE
	BOLO
	ENGENHEIRO SCHNOOR
MALHADA PRETA	MALHADA PRETA
	TOMBO
	TESOURA DE CIMA
	SÃO PEDRO DO CORREGO NARCISO
	SANTA RITA DE CASSIA
	JIRAU
	SANTA RITA DO PIAUI
	AGUA BRANCA BOIS
DISTRITO DE ITIRA	ITIRA
	VARGEM GRANDE
	TIBUÇU
	BANANAL
	BARRA DA BARRIGUDA
OLINTO RAMALHO	OLINTO RAMALHO
	LAURINDA RMALHO
	VARGEM JOÃO ALVES

	BANCO SETUBAL
	PONTE DO SETUBAL
MACHADO	MACHADO
	MACHADO ACIMA
	MACHADO ABAIXO
	PAI JOAQUIM
	CORREGO DA VELHA DE CIMA
NEVES	SÃO JOSÉ DA NEVES
	LAPINHA
	PALMITAL DE BAIXO
	CALHAUZINHO DAS NEVES

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Com a finalidade de facilitar o levantamento de informações para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico foi definido para cada setor uma comunidade sede onde foram realizadas reuniões com a população residente das comunidades. Nos tópicos que seguem serão apresentadas todas as informações levantadas de acordo com as reuniões realizadas.

5.1. Disponibilidade Hídrica

Uma vez que os serviços de saneamento dependem diretamente da disponibilidade de recursos hídricos, além do fato de que a inexistência de tais serviços o impacta significativamente, a análise deste recurso natural é essencial para previsão das ações futuras, visando a universalização dos serviços.

5.1.1. Mananciais Superficiais

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

O Município em estudo está inserido na Bacia do Rio Araçuaí (JQ2) e Bacia do Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3).

Abaixo é possível visualizar os resultados da análise de disponibilidade hídrica para as bacias hidrográficas citadas.

Vale ressaltar que na UPGRH JQ3, onde Araçuaí está inserido parcialmente, somente possui população na área rural (aproximadamente 3.392 habitantes), assim a área mais relevante, onde a maior parte da população reside, é a JQ2.

Tabela 7 – Características hidrológicas de Araçuaí.

UPGRH	Área (Km ²)	Q7,10 (L/s.km ²)	Q95 (L/s.km ²)	Qmed (L/s.km ²)
JQ2	16.279,58	1,632	2,2	6,56
JQ3	29.616,61	0,604	2,374	4,781

Fonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2014. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Onde Q7,10 é a vazão mínima de 7 dias de duração e período de retorno de 10 anos; Q95 é a vazão com 95% de permanência no tempo; e Qmed é a vazão média de longo termo.

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, as demandas de água no curso baixo (onde Araçuaí está localizado) são para abastecimento público urbano, abastecimento público rural, irrigação na agricultura, dessedentação e criação animal e indústria.

O resultado do balanço entre a oferta de água (vazão outorgável) e as vazões demandadas para as diversas atividades ao longo da bacia mostrou-se positivo no ponto analisado, como é possível observar a seguir:

Tabela 8 – Balanço entre vazão outorgável x vazão demandada.

Área Drenagem (Km ²)	Vazão de Referência Q7,10 (m ³ /s)	Vazão Outorgável 30% de Q7,10 (m ³ /s)	Vazão Demandada Acumulada (m ³ /s)
16.279,58	17,94	5,38	1,46

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, 2010.

Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Destaca-se que poderão existir situações de potencial conflito pelo uso da água, ou seja, demandas superiores as disponibilidades hídricas, em trechos do curso de água onde há maior concentração de usuários, como ocorre em diversas comunidades localizadas na área rural de Araçuaí.

O perfil hídrico de Araçuaí é representativo das áreas baixas de todo o médio curso do Jequitinhonha. A elevada taxa de evapotranspiração potencial ao longo do ano (1.264 mm) e a pequena quantidade de chuvas (831 mm/ano) ocasionam uma

situação marcada pela forte deficiência hídrica, principalmente durante sete a nove meses mais secos.

5.1.2. Mananciais Subterrâneos

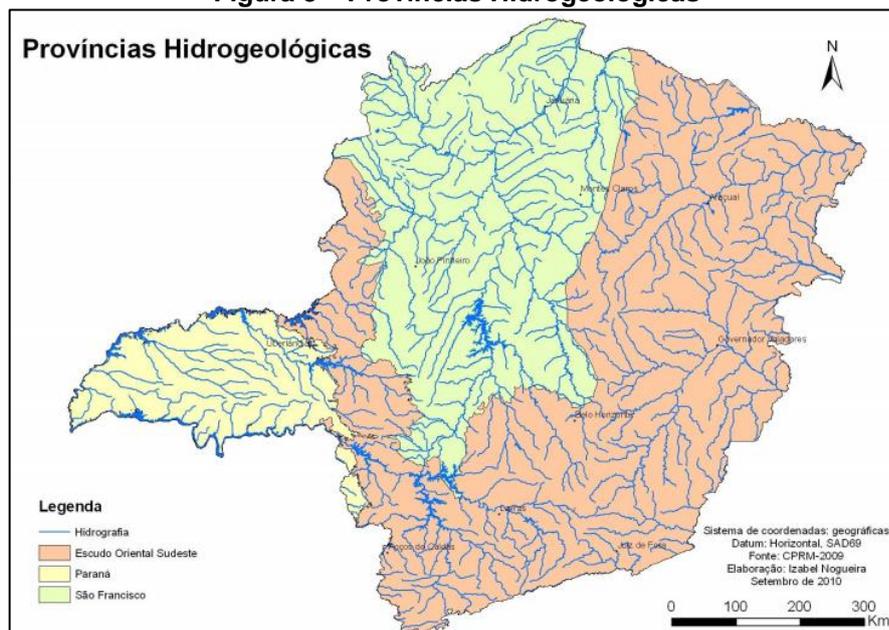
O cenário de escassez de recursos superficiais, tanto em grandes cidades como em pequenas comunidades rurais, desencadeou a necessidade de melhoria do arcabouço legal para o controle da exploração do recurso (CONEJO, 2007). Em função da demanda por água subterrânea, pode acontecer a super exploração, ou seja, a extração de água em volume maior do que a recarga natural, alterando a dinâmica do ciclo hidrológico (MMA 2007; TUNDISI 2009).

Devido a carência de mananciais superficiais com qualidade para abastecimento da população, exceto nas proximidades de leitos de alguns rios existentes, a água subterrânea acaba sendo a principal fonte de abastecimento para a região. Entretanto, a locação de poços profundos com sucesso, para a obtenção de água subterrânea, é dificultada pela natureza fissurada encontrada na maioria dos aquíferos da região.

A quantidade, 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.

O Estado de Minas Gerais possui três tipos de aquíferos: poroso, cárstico e fraturado. Os aquíferos porosos são aqueles em que a água fica retida entre os grãos de rocha; os fissurais ou fraturados, em rochas resistentes e muito antigas, e os cársticos, que se originam da dissolução de rochas carbonáticas. Estes aquíferos estão agrupados em três províncias hidrológicas de acordo com as condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade da água (Ministério do Meio Ambiente, 2007). São denominados: Paraná, São Francisco e Escudo Oriental Sudeste. O Município de Araçuaí está inserido no Escudo Oriental Sudeste, conforme a figura a seguir.

Figura 8 – Províncias Hidrogeológicas



Fonte: Nogueira, 2010.

Devidos as condições encontradas na região em que o Município está inserido, onde a circulação da água acontece entre as fendas ou fraturas, a quantidade de água existente nesse tipo de aquífero está diretamente relacionado a quantidade de fraturas. Assim, quando são perfurados poços, a probabilidade de abundância de água por hora é muito pequena. A fluidez da água só acontece onde há fraturas.

Os diferentes tipos geológicos da bacia do rio Jequitinhonha servem de base para a formação de tipos de aquíferos distintos. Podem ser identificadas três unidades aquíferas, que são vinculadas aos diferentes tipos de permeabilidade das formações: meio granular ou poroso, meio cárstico fissurado e meio puramente fissurado.

Os aquíferos granulares englobam os aquíferos aluviais e em coberturas detríticas e manto de alteração. Na bacia do rio Jequitinhonha, os aquíferos granulares ocorrem nas vastas coberturas detríticas distribuídos na sua maioria sobre as rochas xistosas do Grupo Macaúbas, como também nas coberturas detríticas recentes encontrada nas drenagens.

Devido à grande permeabilidade e porosidade, os depósitos deste tipo permitem grande capacidade de infiltração de água pluvial, sendo esta o seu principal alimentador. O escoamento dá-se pela inclinação e fraturamento do substrato rochoso, formando zonas de descarga nas escarpas e nas bordas de chapadas.

Os aquíferos fissurais predominam nas áreas de colinas e serras. No alto trecho da bacia observa-se um extenso aquífero fissural em rochas quartzíticas. Também em

meio fraturado, existe o grande sistema desenvolvido em rochas xistosas do Grupo Macaúbas que se limita a oeste pela Serra do Espinhaço e se estende por grandes áreas no alto curso do Rio Jequitinhonha. Estes representam um aquífero clástico, onde a permeabilidade e a capacidade de armazenamento estão vinculadas principalmente à presença de fraturas. A descarga destes aquíferos se processa principalmente no fundo dos vales.

Nas demais regiões da bacia, predominam sistemas fissurais desenvolvidos em rochas arqueanas (granitos e gnaisses). Para a caracterização e disponibilidade de águas subterrâneas foram utilizados os dados disponíveis no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS, do CPRM, juntamente com os dados de poços, levantados pela RURALMINAS (1995), fornecidos pela COPASA, CETEC e CEMIG.

É possível observar que os poços existentes no Município estão distribuídos de maneira irregular pela bacia, onde há concentração de poços próximos aos centros urbanos de maior relevância e em áreas dispersas próximo aos baixos cursos e cabeceiras dos rios. Segundo dados disponibilizados pela RURALMINAS, a profundidade dos poços varia de 18 a 154 metros, estando a maioria entre 50 e 100 metros, sendo que 48,5% da água são captadas em aquífero fraturado.

Segundo o Plano Diretor para Recursos Hídricos das Bacias do Jequitinhonha e Pardo, existem aproximadamente 758 poços tubulares cadastrados nessas bacias, sendo 530 na parte mineira da bacia e 238 na parte baiana, a maioria dos poços foi perfurada nos últimos 15 anos. Do total de poços inventariados, 609 foram produtivos e 149 tiveram vazões insuficientes ($> 0,2$ L/s). Dentre os poços produtivos (609 poços), 68% apresentam baixa vazão, atingindo até 0,2 L/s e apenas 10% com produção superior a 4,2 L/s.

Os dados demonstram que a produção dos poços é relativamente elevada, no entanto essa produção resulta em grandes rebaixamentos dos níveis d'água. A média da vazão específica é de 0,23 L/s/m, sendo que 90% dos poços possui produtividade inferior a 0,4 L/s/m. No conjunto, o potencial hidrogeológico da bacia é muito baixo, independente do tipo de aquífero.

Para as outorgas de águas subterrâneas, verifica-se na bacia do rio Jequitinhonha que 87,7% são para abastecimento, 10,0% para os usos múltiplos, 2,1% para uso industrial e 0,1% para outros tipos de uso.

Conclui-se que o maior problema encontrado no município é em relação a disponibilidade hídrica, uma vez que além de o Município apresentar uma quantidade significativa de rios intermitentes e de baixa qualidade, já que são lançados efluentes *in natura* nos mesmos, a formação geológica local não favorece o acesso a água subterrânea apropriada para utilização.

Dessa forma, ao decorrer deste trabalho serão abordados programas e ações vinculadas ao Poder Público Municipal, como forma de sanar a problemática da escassez hídrica encontrada em Araçuaí, principalmente na área rural, de maior vulnerabilidade.

5.1.3. Regulação de Uso dos Recursos Hídricos

De acordo com o Portal InfoHidro (Informações sobre 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 2 (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 5 (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 35 (trinta e cinco) anos.

Algumas captações de águas superficiais e subterrâneas, bem como acumulações, não são sujeitas à outorga, sendo passível de Cadastro de Uso Insignificante.

Os critérios estão dispostos na Deliberação Normativa CERH nº 09, de 16 de junho de 2004, para captações e acumulações superficiais, e captações subterrâneas

por meio de cisternas, nascentes e surgências, e na Deliberação Normativa CERH nº 34, de 16 de agosto de 2010, para captações de águas subterrâneas por meio de poços tubulares.

Para as Unidades de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos-UPGRHs JQ2 e JQ3 onde Araçuaí está inserido, são consideradas como usos insignificantes as captações e derivações de águas superficiais com vazão máxima de 0,5 litro/segundo e acumulações em volume máximo de 3.000 m³.

Em relação as águas subterrâneas, tais como poços manuais, surgências e cisternas, são consideradas como insignificantes aquelas com volume menor ou igual a 10m³/dia. As captações em poços tubulares, em área rural, menores ou iguais a 14m³ /dia, por propriedade ou unidade familiar, também serão consideradas insignificantes.

5.2. Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água

5.2.1. ARASEMPRE – CPCD

O Semiárido brasileiro é uma vasta região com quase 1 milhão de quilômetros quadrados. O clima é quente e seco, com índices de precipitação situados entre 400 mm e 800 mm anuais concentrados em curtos períodos. Nessa região, secas periódicas costumam estrangular a oferta de água, reduzir a produção agrícola e provocar escassez de alimentos.

As secas agudas no Semiárido do médio e baixo rio Jequitinhonha – a nordeste do estado de Minas Gerais – estimularam organizações estatais e da sociedade civil a criar programas que usam técnicas para perenizar o abastecimento ou atender urgências. Essas técnicas, combinadas à mobilização da população rural, ao escopo das organizações e aos recursos disponíveis, são decisivas para assegurar o abastecimento de água.

Entender como agricultores, organizações, técnicas e despesas conformam a lida com a seca é importante para orientar ações, reduzir custos e dar segurança ao abastecimento; além disso, permite avaliar técnicas, planejar investimentos e prevenir os abusos que, fatalmente, vicejam com o clientelismo que grassa com as secas.

Em Araçuaí foram construídas cisternas nas comunidades rurais através de uma Ação chamada ARASEMPRE, realizada por meio do Centro Popular de Cultura e Desenvolvimento (CDCP) em parceria com a Petrobrás.

O CPCD é uma organização não governamental, sem fins lucrativos e de utilidade pública federal, estadual e municipal, vinculada ao terceiro Setor (de natureza privada e função social pública).

5.2.2. Segurança Hídrica

O conceito de segurança hídrica segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2014), pode ser definido como a capacidade da 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 Brasileira de Recursos Hídricos (Lei n.º 9.433/1997).

O conceito de segurança hídrica também se alinha inteiramente com a Agenda ONU 2030, cujas metas são erradicar pobreza, proteger o planeta, garantir a paz e a prosperidade. Dentro dessa perspectiva, levando em consideração os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), as ações para ampliar a segurança hídrica brasileira estão contidas especialmente no objetivo 6.

O objetivo 6 do Desenvolvimento Sustentável estabelece que, até 2030, 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.

Assim sendo, levando em consideração as informações apresentadas, o Município de Araçuaí instituiu a Lei Municipal n.º 393 de 16 de junho de 2017, criando o Programa Municipal de Apoio à Segurança Hídrica Rural – PROHIDRO.

O Programa visa disponibilizar, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico Sustentável e Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, em parceria com produtores rurais nos moldes da Parceria Público Privada, serviços de conservação do solo e captação de água com a implantação de barraginhas, tanques, terraços, visando o enriquecimento hídrico do lençol freático, recuperação de nascentes e conservação de estradas.

Na área rural do Município é comum a existência das denominadas barraginhas, técnica que visa a retenção da água da chuva para reposição hídrica do lençol subterrâneo.

O custo da ação é calculado baseado na quantidade de horas de trabalho de máquina empregado para a construção. A técnica foi executada pelo CPCD. Existem também barraginhas construídas em propriedades particulares e assim os proprietários são responsáveis pelo gerenciamento.

Estima-se que em Araçuaí, na área rural, existam 10 barraginhas executadas pelo CPCD na região da APA – Chapada do Lagoão. Contudo, devido a escassez hídrica da região, não é possível estimar a quantidade de barraginhas totais existentes na área rural do Município.

O sistema de barraginhas beneficia as comunidades mais próximas às nascentes e reduz a disponibilidade hídrica para as comunidades localizadas à jusante. Devido a baixa vazão dessas nascentes, o represamento à montante inviabiliza a utilização do recurso pelas populações mais distantes das cabeceiras. Vale ressaltar a necessidade de realização de estudos visando o abastecimento de forma equilibrada e consciente para que assim nenhuma comunidade seja prejudicada.

Abaixo é possível visualizar algumas barraginhas localizadas na área rural, muitas vezes utilizada para dessedentação de animais, agricultura e usos menos restritivos. As barraginhas são utilizadas durante todo o ano.

Figura 9 – Barraginha localizada em Tesouras.



Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 10 – Barraginha localizada em Córrego da Velha.



Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 11 – Barraginha localizada em Neves.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.3. Características Gerais do Sistema de Abastecimento de Água

No Município, o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é administrado por meio de parceria entre o Poder Público, a COPASA e COPANOR e comunidades localizadas na área rural. Na área urbana o abastecimento de água é de responsabilidade da COPASA.

Existem comunidades que são atendidas pela Defesa Civil e pela Prefeitura local, totalizando 43 localidades. A Defesa Civil atende as comunidades aproximadamente por duas vezes ao ano, enquanto a Prefeitura atua durante todo o ano, levando água potável para as áreas vulneráveis existentes em Araçuaí. Na tabela a seguir pode-se observar as localidades atendidas por ambas as entidades.

Tabela 9 – Comunidades/localidades atendidas com caminhão pipa através da Defesa Civil e Prefeitura Municipal.

COMUNIDADES/LOCALIDADES ATENDIDAS COM CAMINHÃO PIPA	
1	Aguada Nova de Baixo
2	Aguada Nova de Cima
3	Alfredo Graça
4	Bananal
5	Barra do Córrego Narciso
6	Barra Tesouras
7	Barriguda do Meio
8	Bom Jesus do Setubal
9	Calhauzinho das Neves
10	Cardoso



11	Corguinho
12	Córrego da Velha de Baixo
13	Córrego da Velha de Cima
14	Córrego da Velha do Meio
15	Córrego Narciso
16	Curuto
17	Fazenda Saudade
18	Gangorrinha
19	Girau/Malhada Preta
20	Gravata de Cima
21	Gravatá Santo Antônio
22	Laginha
23	Lapinha
24	Mandinga
25	Neves
26	Palmital de Baixo
27	Palmital/Fazenda Soledade
28	Paredão
29	Passagem de Goiaba
30	Ponte do Calhauzinho
31	Ponte do Piauí
32	Ponte Setubal
33	Quatis
34	Salitre
35	Santana
36	São João Setubal
37	São José das Neves
38	São Pedro do Córrego Narciso
39	Tesouras de Cima
40	Tesouras do Meio
41	Tombo
42	Vargem João Alves
43	Vila João Paulo

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Até o presente momento, no ano de 2020, foram gastos com caminhão pipa através da Prefeitura um total de R\$325416,58.

Cada comunidade possui uma Associação de moradores, com uma estrutura organizacional composta por Presidente, Vice-Presidente, Tesoureiro e uma pessoa para realizar manutenções, sendo que a própria associação é responsável pela gerência de seu respectivo sistema, desde leituras e controle administrativo, quando existe.

O diagnóstico do sistema de abastecimento de água existente em Araçuaí - Mg será descrito com as informações disponibilizadas pela concessionária do município (COPASA-COPANOR), através dos dados oficiais extraídos de órgãos públicos

(destaque para o Sistema Nacional de Informações do Saneamento – SNIS) e por informações levantadas em campo pela equipe técnica da Líder Engenharia.

5.2.4. Sistema de Abastecimento de Água Gerido pela COPASA

A COPASA é uma empresa pública, de economia mista e capital aberto. O estado de Minas Gerais é o acionista controlador, detendo atualmente 50,04% de seu capital social. A empresa foi criada em 1974, a partir da incorporação pela Companhia Mineira de Água e Esgotos – COMAG – do Departamento Municipal de Água e Esgotos – DEMAÉ – de Belo Horizonte.

Em 2006 a Companhia realizou a oferta pública inicial de ações no Novo Mercado. A empresa conta com uma subsidiária, COPANOR, que presta serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em localidades dos vales do Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, no Nordeste de Minas, e cujas populações se encontram na faixa entre 200 e 5.000 habitantes.

Em março de 2020, COPASA e COPANOR detinham a concessão para prestação do serviço de abastecimento de água em 641 municípios. Apesar de deter as concessões, a empresa não estava, naquela data, operando os serviços de água em 12 dos 641 municípios, e os de esgotamento sanitário em 47 dos 311 municípios.

Segundo a Companhia, são atendidas no estado 11,405 milhões de pessoas com abastecimento de água, e 8,123 milhões com esgotamento sanitário.

A COPASA é responsável pelo abastecimento de água da população residente na área urbana do Município de Araçuaí. De acordo com informações obtidas no SNIS no ano de 2018, estima-se que 95% da população era atendida pelo serviço.

5.2.4.1. Captação

O sistema de abastecimento de água do Município de Araçuaí atende toda a população urbana com rede de distribuição de água. Já os sistemas nos distritos e rurais são operados pela COPANOR ou pela própria comunidade local e serão abordados em tópicos específicos. Para a captação do sistema da Sede Urbana, é utilizado o Rio Araçuaí, com vazão média de captação de 98l/s.

A outorga tem por objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos e disciplinar o exercício dos direitos de acesso à água, bem como garantir a prioridade ao abastecimento da população e dessedentação de animais.

Como problema identificado na captação, foi observada no ponto de captação a inexistência de cobertura vegetal junto às áreas de proteção permanente definidas em lei, assim como placas de identificação de captação de água para consumo humano.

Figura 12 – Captação de água no Rio Araçuaí.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.4.2. Estação de Recalque de Água Bruta - ERAB

Antes da água bruta chegar à Estação de Tratamento de Água (ETA), é utilizado um conjunto de Estação de Recalque de Água Bruta (ERAB). Abaixo seguem as especificações técnicas disponibilizadas:

Tabela 10 – Especificação das bombas existentes.

Estação de Recalque de Água Bruta (ERAB)		
Rio	Especificação	Potência (CV)
Araçuaí	Em utilização	150
Araçuaí	Reserva	150

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 13 - ERAB.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 14 – Encaminhamento da água bruta para a ETA.



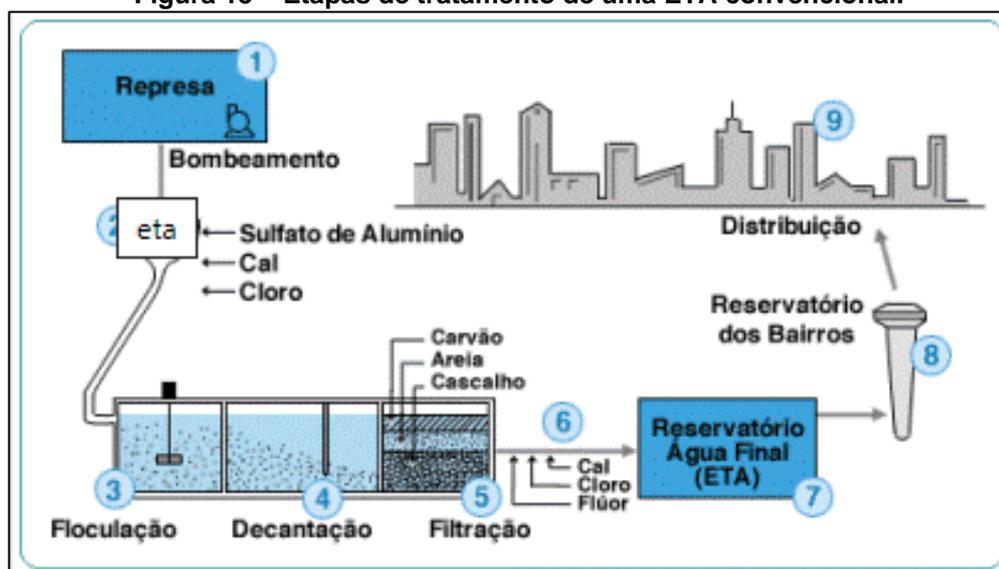
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.4.3. Tratamento

O tratamento de água contempla uma série de procedimentos físicos e químicos para torna-la potável, ou seja, própria para o consumo humano.

O sistema de tratamento de água de Araçuaí é do tipo convencional. As etapas serão detalhadas a seguir.

Figura 15 – Etapas de tratamento de uma ETA convencional.



Fonte: Caesb, 2020.

Ao chegar na ETA, a água bruta é distribuída para dois sistemas independentes de tratamento. A vazão de chegada é 84,91 l/s. A seguir serão apresentadas as etapas de ambos os sistemas.

ETA 1:

- Coagulação: adição de sulfato de alumínio à água bruta. Esse produto favorece a união das partículas e impurezas da água, facilitando a remoção na decantação;

Figura 16 – Calha Parshall e adição de sulfato de alumínio.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- Floculação: etapa na qual a água é submetida à agitação, para que as impurezas formem flocos maiores e mais pesados. Na ETA 1 existem cinco câmaras de floculação hidráulica.

Figura 17 – Câmaras de floculação hidráulica.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- Decantação: nos tanques de decantação, os flocos de impureza sedimentam e são separados do restante do líquido. Na ETA 1 existe dois decantadores circulares.

Figura 18 – Decantadores circulares.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- Filtragem: filtros formados por camadas de areia grossa, areia fina, cascalho, pedregulho e carvão promovem a completa remoção dos últimos flocos de resíduos. A ETA 1 possui três filtros rápidos que funcionam por gravidade.

Figura 19 – Três filtros por gravidade.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- Desinfecção: a água recebe adição de cloro, flúor e controle do pH.

Figura 20 – Bombas dosadoras de cloro.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

As águas provenientes de mananciais superficiais em Araçuaí possuem geralmente uma turbidez elevada, oriunda da presença de partículas coloidais, partículas sólidas de diâmetro entre 1 nm e 1000 nm que não sedimentam sob ação da gravidade. Partículas maiores do que essas, depositam-se no fundo do tanque (sedimentação) e podem ser separadas facilmente da água pelo processo de decantação. Mas isso não ocorre com as partículas de dimensões coloidais, ou seja, elas não sedimentam por ação da gravidade, o que dificulta sua remoção.

Para remover essas partículas, a água captada é direcionada para um floculador onde são adicionadas à água substâncias químicas chamadas de

coagulantes. O coagulante mais utilizado atualmente é o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), que é obtido por meio da reação química entre o óxido de alumínio (AlO_3) e o ácido sulfúrico (H_2SO_4). O sulfato de alumínio é adicionado a água com o óxido de cálcio (CaO).

O resultado obtido é que as partículas sofrem aglutinação e se juntam ao hidróxido de alumínio, formando flóculos sólidos de tamanho maior. Esse é o processo denominado de floculação. Para dispersar adequadamente o coagulante e assim ter um tratamento mais eficiente, a água é agitada fortemente por cerca de 30 segundos por um agitador mecânico e depois é agitada lentamente, permitindo o contato entre as partículas.

Os flóculos formados são então encaminhados para outra etapa do tratamento, sedimentação e decantação, onde as partículas depositam-se no fundo dos tanques e são coletados.

A ETA operada pela COPASA não possui sistema de tratamento de lodo gerado. Atualmente todo o lodo é descartado na rede pluvial, bem como as águas utilizadas para limpeza dos filtros.

Na etapa de decantação, a água não é mais agitada e os flocos vão se depositando no fundo. O lodo de fundo é conduzido para tanques de depuração. O ideal é que ele seja transformado em adubo, em um biodigestor. A água mais limpa vai para o filtro de areia.

Após passar pelo processo supracitado, a água decantada passa por um filtro de cascalho/areia/antracito (carvão mineral), onde os flocos que não foram decantados na fase anterior são absorvidos. Alguns microrganismos presentes também ficam retidos. Essa etapa do processo é denominada de filtração.

A última etapa é a de cloração e fluoretação, que previne a população de doenças de veiculação hídrica, já que serve para desinfecção da água tratada, eliminando os microrganismos existentes.

A ETA funciona durante 22 horas por dia no período de estiagem e aproximadamente 12 horas por dia em períodos chuvosos. Atualmente, a capacidade de tratamento da ETA é de 99l/s, contudo, está em operação abaixo do seu limite operacional (84,91l/s conforme macromedição).

Figura 21 – Estação de Macromedição – ETA.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Vale ressaltar que não existe macromedição da água ao sair da ETA após o tratamento, e dessa forma impossibilitando o controle e redução de perdas no sistema de tratamento.

ETA 2:

Assim como as Estações de Tratamento de Água convencionais, as ETA's compactas possuem a mesma finalidade, garantir os padrões de potabilidade ao consumo humano, visando reduzir a concentração de poluentes na água e, principalmente, eliminar materiais orgânicos e micro-organismos patogênicos para o seu consumo.

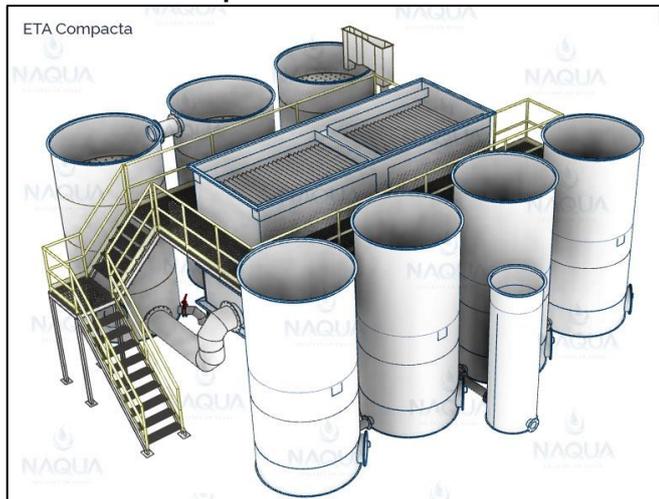
Como vantagem pode-se citar a adaptação a pequenos espaços; facilidade de deslocamento; possibilidade de ampliação; resistência ao clima e corrosão a agentes químicos, já que são fabricadas em Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV); operação independente das unidades e rápida montagem.

As etapas serão descritas a seguir de acordo com a apostila disponibilizada pela Escola Técnica Aberta do Brasil (e-Tec):

- Dispersor hidráulico: destinado a proporcionar a rápida mistura dos reagentes com a água bruta. os reagentes são adicionados através de conexões, especialmente deixadas sobre a tubulação de entrada do mesmo;
- Floculador/decantador: destinado à coagulação e à remoção dos flocos pelo processo de lodos suspensos. A remoção dos lodos é feita continuamente, através de uma desgarga de fundo;
- Filtro de areia dupla ação: para filtração de água proveniente do decantador. Dispõe, frontalmente, de distribuidor constituído por tubos, conexões e registros, destinados às operações de filtragem, lavagem e pré funcionamento do filtro;
- Dosador de produtos químicos: composto por tanque de preparação, bombas dosadoras e tubulação de adução.

Abaixo é possível visualizar a estrutura de uma ETA compacta:

Figura 22 – ETA compacta de fibra de vidro – modelo ETAC.



Fonte: Naqua Soluções em Água, 2020.

Figura 23 – ETA compacta – Araçuaí.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A instalação da ETA compacta no mesmo local onde existe a ETA convencional possibilitou a ampliação do sistema sem que houvesse grandes obras ou gastos muito elevados.

5.2.4.4. Distribuição

A rede de distribuição de água tem extensão de aproximadamente 86.130 metros segundo o SNIS, 2018, obtendo assim um indicador de 8,85 m/ligação. Na rede de distribuição de Araçuaí, um dos fatores identificados como causa para a geração de vazamentos e altas pressões na rede trata-se do relevo existente no Município. Para esta realidade se faz necessária a implantação de estações elevatórias, boosters e válvulas redutoras de pressão (VRP) nas redes.

Não existe um arquivo cadastral (impresso ou digital) da rede de distribuição do Município de Araçuaí.

A criação de um cadastro do Município, assim como um banco de registros das ocorrências especializadas facilita identificar setores do sistema com maior carência de substituição de redes. Manter este banco de informações atualizado é fundamental para construir este mapeamento do sistema e ampliar o nível de conhecimento e de sua operação.

5.2.4.5. Reservação

O sistema de reservação é composto em sua totalidade na área urbana por 10 reservatórios com capacidade total de 2.660m³.

Na Estação de Tratamento de Água da sede existem 4 reservatórios, sendo 1 semi enterrado (1000m³), 2 enterrados (940m³) e 1 elevado (100m³), totalizando 2.040m³ de água que são distribuídos.

Figura 24 – Reservatórios enterrados existentes na ETA.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Abaixo serão apresentadas a capacidade de armazenamento de cada reservatório existente.

- R1: 1000 m³ - ETA
- R2: 500 m³ - ETA
- R3: 440 m³ - ETA
- R4: 45 m³ - Bairro Pedregulho
- R5: 25 m³ - Bairro Pedregulho
- R6: 100 m³ - Bairro Bela Vista
- R7: 100 m³ - Bairro Santa Tereza
- R8: 100 m³ - Bairro Santa Tereza
- R9: 50 m³ - Bairro Mirante
- R10: 300 m³ (ainda não está em operação) – Loteamento São Francisco 2

5.2.5. Qualidade da Água Bruta

Os aquíferos, por sua natureza são mais protegidos quanto à contaminação do que as águas superficiais. Conforme já mencionado anteriormente, o abastecimento de água para o município de Araçuaí provém de poços subterrâneos e ela possui uma boa qualidade resultante principalmente do processo de filtragem natural feito pelas rochas.

Como os sistemas subterrâneos, não são visíveis, sua exploração deve observar: a proteção dos aquíferos durante a fase de perfuração e operação dos poços; o perímetro de proteção dos poços; o equilíbrio regional do aquífero quanto às recargas e descargas e os limites outorgados pelo poder público, para assim garantir a qualidade da água bruta de abastecimento.

As fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos. Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês, também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente (FREITAS; ALMEIDA, 1998; NORDBERG et al., 1985 apud FREITAS, BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

As águas subterrâneas são consideradas um bem de domínio público e pertencem exclusivamente aos estados. A Lei Federal nº 9.433/1997 – Lei das Águas - instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estipula os fundamentos para outorga e exploração deste bem.

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), as águas superficiais não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem a rios, riachos, lagoas e córregos. Por esta razão, elas são consideradas uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta.

É importante o monitoramento frequente das águas superficiais, a fim de conhecer a quantidade e a qualidade disponíveis e gerar insumos para o planejamento e a gestão de recursos hídricos, que devem garantir o acesso aos diferentes usos da água.

Os principais rios supervisionados pela Agência Nacional de Água (ANA) são: Rio Amazonas, Rio Araguaia, Rio São Francisco, Rio Paraíba do Sul, Rio Paraguai, Rio Iguaçu, Rio Paraná e Rio Tapajós. Além de fornecerem o abastecimento de água

para várias cidades brasileiras, esses rios têm grande importância social, econômica e turística.

Em Araçuaí, o principal manancial utilizado para captação de água para consumo humano é o Rio Araçuaí, que é considerado de classe II. Na ETA são realizadas análises semanais de turbidez, cor, pH e coliformes totais.

5.2.6. Qualidade da Água Tratada

A Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX do Ministério da Saúde 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.

Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX 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.

No município de Araçuaí existe um laboratório na ETA que analisa os parâmetros estabelecidos e que garantem uma água de qualidade para abastecimento da população. São realizadas análises diárias de pH, turbidez, cor e cloro residual, sendo que os parâmetros analisados são os que exigem a Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX.

A tabela a seguir indica, de acordo com a Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX., as análises quantitativas que devem ser feitas afim de assegurar a qualidade da água.

Tabela 11 – 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.

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 12 – Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano.

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 n.º. 05/2017 MS.

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 UNT (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 UNT. 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.

Tabela 13 – Lista parcial de parâmetros do padrão de aceitação para 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 n°. 05/2017 MS.

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 esta 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.

Em Araçuaí, são realizadas as análises exigidas pela Portaria da Consolidação nº 05/2017 – Anexo XX, na entrada e saída da ETA Sede. A coleta e análise das amostras são realizadas pelos técnicos do próprio departamento.

Figura 25 – Laboratório localizado na ETA.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.7. Volume de água consumido e faturado

Com base nos dados disponibilizados pelo SNIS 2018, foram calculadas as médias mensais dos volumes consumidos (micromedidos) e faturados. O volume de água faturado pode ser maior do que o volume efetivamente consumido, pois para o cálculo do primeiro são adotados parâmetros de consumo mínimo ou médio, ou seja, caso o usuário utilize qualquer volume abaixo do definido, ele terá que pagar pelo volume determinado como consumo mínimo ou médio.

No Município de Araçuaí, o volume faturado do período analisado, segundo os dados do SNIS (2018), foi de 1.114,82m³/ano. O Volume consumido (micromedido) foi de 1.114,31 m³/ano, considerando todas as categorias. Já o volume produzido no ano de 2018 foi de 1.600,29 m³.

Tabela 14- Volume médio mensal de água consumido e faturado.

Volume consumido e faturado		
Ano	Volume (m ³ /ano) - Período 2018	
	Vol. Micromedido	Vol. Faturado
2018	1.114,31	1.114,82

Fonte: SNIS 2018.

O volume de água micromedido é o volume anual de água medido pelos hidrômetros instalados nas ligações ativas de água; já o volume de água faturado é referente ao volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui volume de água tratada exportado.

5.2.8. Análise de ocorrência de Doenças de Veiculação Hídrica

Há uma série de doenças epidemiológicas relacionadas a diversos fatores condicionados pelas condições sanitárias e ambientais inadequadas. Entre elas estão as doenças infectocontagiosas, como a esquistossomose e hepatite A, relacionadas a carências habitacionais (Carvalho, 2003).

É importante ressaltar que estas doenças podem estar associadas, em maior ou menor grau ao mesmo tempo e espaço, difuso e heterogeneamente, ao abastecimento de água deficiente, esgotamento sanitário inadequado, contaminação por resíduos sólidos ou condições precárias de moradia. Segundo Costa (2002), Saneamento Ambiental Inadequado é aqui entendido como sendo a falta ou insuficiência dos serviços públicos de saneamento ambiental e as precárias condições



de habitação. As doenças potencialmente determinadas por estas condições são denominadas de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), 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 a gerar um diagnóstico da saúde é importante especificar as principais doenças relacionadas ao saneamento e que assolam países em desenvolvimento como o Brasil. Dentre as principais doenças relacionadas com veiculação hídrica a tabela abaixo, retirada de Barros (1995) explicita os vetores, as formas de transmissão.

A principal doença de veiculação hídrica registrada na região do semiárido brasileiro, incluindo o Norte de Minas Gerais e o Sul da Bahia é a esquistossomose. Segundo Souza et al, 2001, o Vale do Jequitinhonha é considerado área endêmica para a esquistossomose mansônica.

Tabela 15- Doenças relacionadas com a água.

Doenças relacionadas com a água.			
Grupo de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças	Formas de Prevenção
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico (agente causador da doença) é ingerido	<ul style="list-style-type: none">- diarreias e desinterias, como a cólera e a giardíase;- febre tifóide e paratifóide;- leptospirose;- amebíase;- hepatite infecciosa;- ascaridíase (lombriga)	<ul style="list-style-type: none">- 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.	<ul style="list-style-type: none">- infecção na pele e olhos, como tracoma e o tifo relacionado com piolhos e a escabiose.	<ul style="list-style-type: none">- 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	<ul style="list-style-type: none">- esquistossomose	<ul style="list-style-type: none">- 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	<ul style="list-style-type: none">- malária;- febre amarela;- dengue;- filariose (elefantíase)	<ul style="list-style-type: none">- 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.

5.2.9. Tarifa

Segundo Azevedo Neto (1967), taxa é o pagamento de imposto obrigatório ao Governo por serviços prestados, a tarifa corresponde à forma de pagamentos por serviço ou benefício prestado.

É definido pelo regime tarifário do custo de serviço, que tem por objetivo evitar que os preços fiquem abaixo do custo de manutenção e operação, além de garantir que o preço final ao consumidor seja estabelecido entre a igualdade da receita bruta e da receita requerida para a remuneração de todos os custos de produção.

Entre os principais objetivos da tarifação, podem-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 a aplicação dos recursos adquiridos em função da cobrança do uso da água, está previsto no Brasil através da Lei nº 9.433 de 8 janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, o artigo 22 que relata sobre as aplicações prioritárias na bacia hidrográfica em que foram gerados.

A Tarifa Mínima de Água é o valor mínimo a ser pago pelo usuário pelo serviço de abastecimento de água, prestado durante um mês. Para cobrança pelo serviço de abastecimento de água, a COPASA possui a tarifa média de cobrança de R\$4,56 por m³ de água consumida.

Em atendimento às diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei Federal nº 11.445/2007), 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. Conforme informações obtidas, o município de Araçuaí não possui a implantação de tarifa social. A tarifa social possibilita o acesso das famílias carentes ao saneamento básico.

O Plano de saneamento, através da Minuta de Lei, deverá discutir esses critérios a fim de respaldar o Município quanto aos interesses internos de investimentos.

Com intuito de apresentar mais informações sobre o sistema tarifário e os custos operacionais realizados para o Município de Araçuaí, abaixo segue a tabela com as informações do SNIS 2018.

Tabela 16 – Indicadores referentes as receitas e despesas operacionais do sistema de abastecimento de água.

Indicadores do Sistema de Abastecimento de Água – Município de Araçuaí.	
FN002 - Receita operacional direta de água [R\$/ano]	5.166.762,17
FN005 - Receita operacional total (direta + indireta) [R\$/ano]	8.329.060,15
FN006 - Arrecadação total [R\$/ano]	7.815.650,18
FN013 - Despesa com energia elétrica [R\$/ano]	764.717,64
FN014 - Despesa com serviços de terceiros [R\$/ano]	955.260,64
FN015 - Despesas de exploração (dex) [R\$/ano]	5.589.204,02
IN003 - Despesa total com os serviços por m ³ faturado [R\$/m ³]	4,44
IN004 - Tarifa média praticada [R\$/m ³]	4,56
IN005 - Tarifa média de água [R\$/m ³]	4,63
IN028 - Índice de faturamento de água [percentual]	70,01

Fonte: SNIS, 2018.

Nas localidades existentes na área rural, a tarifa é definida pelas próprias associações locais, geralmente baseado no consumo de energia elétrica dos moradores.

A estrutura tarifária do Município funciona da seguinte forma: corresponde à definição dos valores das tarifas a serem praticadas conforme categorias de usuários (residencial, residencial social, comercial, industrial e pública), faixas de consumo (em m³, ou 1.000 litros) e serviços (água, esgoto coletado e esgoto tratado).

A COPASA passou em 2016 por uma revisão tarifária, modificando sua estrutura, podendo ser descrita da seguinte forma:

- Novo modelo de faturamento com duas componentes: uma fixa, em substituição à cobrança por consumo mínimo, e outra variável, conforme o consumo real;
- Alteração das faixas de consumo para valores que reflitam melhor os diferentes usos da água e a distribuição do mercado;
- Mudanças na progressividade das tarifas de forma a permitir o subsídio do baixo consumo (associado ao uso essencial), a inibição do uso supérfluo e

evitar penalização a usuários não residenciais de maior porte, em que o maior consumo em geral não resulta de desperdício;

5.2.10. Indicadores de Abastecimento de Água

Os indicadores representam uma ferramenta fundamental para construção de panoramas e cenários, transmitindo 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 é necessário, assim como um acompanhamento periódico da sua variação, permitindo o monitoramento do sistema de abastecimento de água. Um banco de dados para cálculo de um número maior de indicadores para acompanhamento do sistema deve ser incrementado e disponibilizado.

Abaixo segue uma tabela especificando os principais indicadores utilizados para conclusão desta análise.

Tabela 17 – Sistema de indicadores utilizados na avaliação dos serviços e do panorama atual.

Indicadores utilizados para análise do sistema de Abastecimento de Água
AG001 - População total atendida com abastecimento de água [habitante]
AG002 - Quantidade de ligações ativas de água [ligação]
AG003 - Quantidade de economias ativas de água [economia]
AG005 - Extensão da rede de água [km]
AG006 - Volume de água produzido [1.000 m ³ /ano]
AG007 - Volume de água tratado em ETA(s) [1.000 m ³ /ano]
AG008 - Volume de água micromedido [1.000 m ³ /ano]
AG011 - Volume de água faturado [1.000 m ³ /ano]
AG021 - Quantidade de ligações totais de água [ligação]
AG025 - População rural atendida com abastecimento de água [habitante]
AG027 - Volume de água fluoretada [1.000m ³ /ano]
AG028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água [1.000 kWh/ano]
IN001 - Densidade de economias de água por ligação [econ./lig.]
IN003 - Despesa total com os serviços por m ³ faturado [R\$/m ³]
IN005 - Tarifa média de água [R\$/m ³]
IN006 - Tarifa média de esgoto [R\$/m ³]
IN009 - Índice de hidrometração [percentual]
IN012 - Indicador de desempenho financeiro [percentual]
IN015 - Índice de coleta de esgoto [percentual]
IN016 - Índice de tratamento de esgoto [percentual]

IN020 - Extensão da rede de água por ligação [m/lig.]
IN021 - Extensão da rede de esgoto por ligação [m/lig.]
IN022 - Consumo médio per capita de água [l/hab./dia]
IN023 - Índice de atendimento urbano de água [percentual]
IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água [percentual]
IN044 - Índice de micromedicação relativo ao consumo [percentual]
IN046 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida [percentual]
IN049 - Índice de perdas na distribuição [percentual]
IN050 - Índice bruto de perdas lineares [m ³ /dia/Km]
IN051 - Índice de perdas por ligação [l/dia/lig.]
IN053 - Consumo médio de água por economia [m ³ /mês/econ.]

Fonte: SNIS, 2018.

De acordo com a Lei Federal nº 11.445 de 2007, atualizada pela Lei nº 14.026 de 2020, o Município de Araçuaí estabelece um sistema de informações sobre os serviços articulados com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. O SNIS representa o principal sistema de coleta, armazenamento, geração e divulgação dos dados de saneamento no Brasil.

Com a atualização periódica do Plano Municipal de Saneamento Básico, que deve ser revisto por exigência legal no mínimo a cada quatro anos, este sistema poderá ser complementado com outros indicadores que no decorrer do processo forem considerados relevantes para acompanhamento da evolução do serviço de abastecimento de água no Município.

Na tabela que segue, o “IN03 - Índice de Despesa Total com os serviços por m³ faturado de água e esgoto”, calculado através do valor das despesas totais com os serviços dividido pelo volume total faturado (Água e Esgoto) o Município de Araçuaí apresentou um indicador (4,44 R\$/m³), muito superior à média do Estado de Minas Gerais (3,08 R\$/m³), demonstrando o quão elevado é o custo para despesa total com um metro cúbico faturado.

$$\text{Despesa Total com os Serviços por m}^3 \text{ Faturado} = \frac{\text{Despesas Totais com os Serviços (DTS)}}{\text{Volume Total Faturado (Água + Esgoto)}}$$

O indicador referente à tarifa média de água corresponde ao valor da Receita Operacional Direta com Água dividido pelo valor obtido pela subtração do Volume Total faturado e o volume exportado.

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

Analisando este indicador, verificou-se que a tarifa média de água de Araçuaí (4,63 R\$/m³) é mais elevada que a média da tarifa estadual de Minas Gerais (3,64 R\$/m³).

Tabela 18 – Comparativo de valores praticados.

Índice	Araçuaí	Minas Gerais	Brasil
IN003	4,44 R\$/m ³	3,08 R\$/m ³	3,57 R\$/m ³
IN004	4,56 R\$/m ³	3,64 R\$/m ³	3,97 R\$/m ³

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Outro índice apresentado na tabela refere-se ao “IN058 - Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água” onde é apresentada a quantidade de quilowatts por hora para produção de um metro cúbico de água.

$$\text{Índice de Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água} = \frac{\text{Consumo Total de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água}}{\text{Volume da Água (Produzido + Tratado Importado)}}$$

Este indicador é de suma importância para avaliação dos custos com energia elétrica. Com ele é possível avaliar se o sistema demanda de muita energia para manter o abastecimento da população, além de possibilitar um comparativo com outros sistemas. Neste quesito, o indicador de consumo de energia elétrica do sistema de Araçuaí apresenta um valor baixo de 0,73 kWh/m³. Os custos decorrentes do uso de energia devem ser minimizados e estar sujeitos a gerenciamento apropriado. Nesse cenário, são fundamentais ações para a melhoria da gestão e da sustentabilidade da prestação de serviços, modernização dos sistemas e a qualificação dos trabalhadores, que incluam programas de avaliação, controle e manutenção do equipamento eletromecânico, de modo contínuo e efetivo, gestão de faturas de energia elétrica, melhoria da gestão de pressões na rede, assim como gerenciamento das perdas de água (SNIS, 2018).

O estabelecimento de ações contínuas de redução e controle de energia assegura benefícios em curto, médio e longo prazos, com eficiência e eficácia.

$$\text{Índice de Perdas de Faturamento} = \frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)} - \text{Volume de Água Faturado}}{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)}}$$

Este indicador é calculado através da subtração entre o volume produzido e o faturado, dividido pelo volume da produção. Nota-se que o sistema de abastecimento de água de Araçuaí possui um índice de perda de faturamento considerável. O indicador de perda é calculado basicamente pela diferença entre o volume produzido e o consumido, dividido pelo número de ligações ativas do sistema de água. Os dados apresentados do SNIS trazem o valor de 134,9 l/dia/ligação.

$$\text{Índice de Perdas por Ligação} = \frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)} - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água}}$$

Diante do exposto, e da importância no diagnóstico e avaliação dos sistemas de abastecimento e distribuição de água dos índices de perdas, o qual constitui um índice relevante para medir a eficiência dos prestadores em atividades como distribuição, planejamento, investimentos e manutenção, a *International Water Association (IWA)* classifica as perdas, levando em conta sua natureza, como reais (físicas) ou aparentes (comerciais). As perdas reais equivalem ao volume de água perdido durante as diferentes etapas de produção - captação, tratamento, armazenamento e distribuição - antes de chegar ao consumidor final.

As perdas reais possuem efeito direto sob 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:

- O maior custo dos insumos químicos, energia para bombeamento, entre outros fatores de produção;
- O maior custo de manutenção da rede e de equipamentos;
- O desnecessário uso da capacidade de produção e distribuição existente;
- O 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;
- O maior custo de mitigação dos impactos negativos desta atividade (externalidades).

Particularmente neste estudo para o Município de Araçuaí, levando-se em consideração a disponibilidade de dados que apresentassem de maneira independente as perdas reais e aparentes, para um estudo comparativo com valores do estado de São Paulo e com o Brasil, optou-se por utilizar índices percentuais e unitários baseados em volumes onde estão inclusos os dois tipos de perdas. Desta forma, foram utilizados: o índice de perdas no faturamento (IN013), o índice de perdas na distribuição (IN049) e o índice de perdas por ligação (IN051) reportados no SNIS (2018).

A tabela comparativa abaixo, traz as principais características de cada um dos índices avaliados e seus respectivos valores apresentados segundo o banco de dados do SNIS (2018) para Araçuaí, para o estado de Minas Gerais e para o Brasil.

Tabela 19 – Índices de perdas.

Índice	Objetivo	Araçuaí (SNIS, 2018)	Minas Gerais (SNIS, 2018)	Brasil (SNIS, 2018)
Índice de Perdas de Faturamento	Avaliar, em termos percentuais o nível da água não faturada (sem o volume de serviço)	29,99%	40%	36,2%
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	30,01%	36,4%	38,5%
Índice de Perdas por Ligação	Avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários (l/dia/ligação).	134,9	241	343,1

Fonte: SNIS 2018, dados trabalhados pela Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Observando os dados expostos, nota-se que o município de Araçuaí apresenta valores baixos se comparados a nível estadual e a nível nacional. Os níveis de de perdas por ligação inferiores a 250l/dia/lig são considerados ótimos. Contudo, ainda existe grande potencial de redução de perdas de água na distribuição.

Analisando os indicadores apresentados, salienta-se a importância do monitoramento constante em todo o processo produtivo, da existência de um cadastro técnico que relate a realidade da infraestrutura na rede de distribuição local, da ocorrência de avaliações periódicas no controle dos possíveis vazamentos, da gestão das perdas através de macromedidores e do gerenciamento das pressões na rede. A incorporação deste conjunto de boas práticas colabora para a diminuição dos altos índices de perdas que foram constatados no Município e auxiliam na melhoria da gestão do Sistema de Abastecimento como um todo.

5.2.11. Necessidade de Investimento para Atendimento da Demanda Populacional Atual e Futura

O Sistema de Abastecimento de Água de Araçuaí operado pelo DAEV possui algumas necessidades de investimentos que já foram diagnosticadas pelos próprios técnicos da autarquia, como por exemplo vazamentos existentes na rede pela estrutura falha e falta de manutenção. Para que o SAA atual seja melhorado, é necessário investimento em programas, projetos e ações visando o aprimoramento do sistema para que o mesmo atenda às necessidades atuais e futuras da população.

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 o 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 compreender um pouco mais sobre a fórmula de cálculo das próximas tabelas para as demandas da população, inicia-se calculando a Vazão Média através da seguinte equação:

$$Q \text{ méd} = \frac{P \cdot C}{86400}$$

Onde: Q méd. = Vazão Média (L/s);

P = População Atual Abastecida;

C = Consumo por habitante (L/s).

Posterior a esta etapa, são calculadas as vazões de captação e distribuição. Todas estas são calculadas utilizando como base a vazão média, os coeficientes de segurança K1 e K2, além da inserção de 3% no cálculo da vazão de captação, devido ao consumo de água utilizado na limpeza dos filtros da estação de tratamento de água. Por exemplo:

$$\text{Vazão de captação} = K1 \cdot Q \text{ méd} + \text{Perdas na ETA}$$

K1 = 1,2; Coeficiente de Consumo máximo Diário;

Q méd = Vazão Média;

Perdas na ETA = 3% de (k1. Q méd);

$$\text{Vazão de distribuição} = K1 \cdot K2 \cdot Q \text{ méd}$$

K1 = 1,2; Coeficiente de Consumo Máximo Diário;

K2 = 1,5; Coeficiente de Consumo Máximo horário;

Q méd = Vazão Média.

De acordo com os dados do estudo populacional realizado, atualmente a população de Araçuaí, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), é de aproximadamente 36.705 habitantes, entre estes, a COPASA distribui água para quase todos os habitantes da área urbana do município (aproximadamente 22.769 habitantes).

Observando o crescimento populacional esperado, é evidente que deverão ser estabelecidas metas e planejamento para atender a demanda do Município.

Com intuito de obter as vazões de dimensionamento para as unidades de captação, recalque e tratamento, a tabela abaixo traz as estimativas de vazões necessárias para atender este planejamento.

Tabela 20 – Estudo de Demanda para o SAA – Araçuaí Área Urbana.

Estudo de Demanda para o Sistema de Abastecimento de Água - Município de Araçuaí - MG				
Ano	População (hab.)	Vazão Média (l/s)	Vazão Captação (l/s)	Vazão Distribuição (l/s)
2020	27.038	41,98	51,40	75,56
2021	27.398	42,54	52,07	76,57
2022	27.758	43,10	52,74	77,57
2023	28.118	43,66	53,42	78,58
2024	28.479	44,21	54,09	79,59
2025	28.839	44,77	54,76	80,59
2026	29.199	45,33	55,43	81,60
2027	29.559	45,89	56,10	82,61
2028	29.920	46,45	56,77	83,61
2029	30.280	47,01	57,44	84,62
2030	30.640	47,57	58,11	85,63
2031	31.001	48,13	58,79	86,63
2032	31.361	48,69	59,46	87,64
2033	31.721	49,25	60,13	88,65

2034	32.081	49,81	60,80	89,65
2035	32.442	50,37	61,47	90,66
2036	32.802	50,93	62,14	91,67
2037	33.162	51,49	62,81	92,67
2038	33.522	52,05	63,48	93,68
2039	33.883	52,60	64,16	94,69
2040	34.243	53,16	64,83	95,69

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Considerando as vazões atuais e a demanda futura, observa-se que no sistema de Araçuaí ocorrerá um aumento nas vazões de distribuição para o município. Isso significa que além dos investimentos previstos para ampliar a qualidade dos sistemas atuais, o setor de planejamento da autarquia deverá prever este atendimento.

Observando pela ótica da capacidade de reserva para o Município, atualmente Araçuaí possui uma capacidade total de reserva de 2.660 m³, de acordo com informações obtidas.

Tabela 21 – Estudo de Demanda para o SAA – Araçuaí.

PROJEÇÃO DE DEMANDAS DE VAZÕES PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA					
ANO	População urbana	Vazões (l/s)			Volume de reserva
	hab	média	máx. dia	máx. hora	m ³
2020	27.038	41,98	50,37	75,56	1.451
2021	27.398	42,54	51,04	76,57	1.470
2022	27.758	43,10	51,71	77,57	1.489
2023	28.118	43,66	52,39	78,58	1.509
2024	28.479	44,21	53,06	79,59	1.528
2025	28.839	44,77	53,73	80,59	1.547
2026	29.199	45,33	54,40	81,60	1.567
2027	29.559	45,89	55,07	82,61	1.586
2028	29.920	46,45	55,74	83,61	1.605
2029	30.280	47,01	56,41	84,62	1.625
2030	30.640	47,57	57,08	85,63	1.644
2031	31.001	48,13	57,76	86,63	1.663
2032	31.361	48,69	58,43	87,64	1.683
2033	31.721	49,25	59,10	88,65	1.702
2034	32.081	49,81	59,77	89,65	1.721
2035	32.442	50,37	60,44	90,66	1.741

2036	32.802	50,93	61,11	91,67	1.760
2037	33.162	51,49	61,78	92,67	1.779
2038	33.522	52,05	62,45	93,68	1.799
2039	33.883	52,60	63,13	94,69	1.818
2040	34.243	53,16	63,80	95,69	1.837

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Se levarmos em consideração, de acordo com as informações apresentadas pelo município, a capacidade de reservação do município, considerando todos os reservatórios da área urbana, é de 2.660m³. Isso significa que o município possui estrutura suficiente para atender as demandas futuras. Contudo, com o objetivo de minimizar as perdas que são notadas de forma significativa na distribuição e consequente desperdício do recurso, recomenda-se a manutenção contínua de todas as estruturas relacionadas ao Sistema de Abastecimento de Água, além da setorização da rede de distribuição, obtenho maior controle sobre seu funcionamento.

Abaixo segue a relação de todos os reservatórios existentes, bem como a capacidade de cada um.

Tabela 22 – Capacidade de reservação do Município – Área Urbana.

Reservatório	Capacidade (m³)
R1	1000
R2	500
R3	440
R4	45
R5	25
R6	100
R7	100
R8	100
R9	50
R10	300
TOTAL	2660

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.12. Sistemas de Abastecimento de Água Geridos pela COPANOR

De acordo com dados do Sistema Estadual de Informações sobre Saneamento do Estado de Minas Gerais (SEIS) (Fundação João Pinheiro - FJP, 2011), em 2009,

apenas 80% da população mineira tinha acesso aos serviços de abastecimento de água.

Enquanto na Região Metropolitana de Belo Horizonte esse índice era de 93,91%, na Região Norte ele era de 68,33% e de apenas 61,42% no Jequitinhonha/Mucuri.

A discrepância no nível de atendimento pode ser verificada também quanto ao porte do município: para municípios com mais de 100 mil habitantes, o atendimento era de 94,13% e para municípios com menos de 20 mil habitantes, de 65%.

Segundo a pesquisa da FJP, no ano de 2009, 53 sedes municipais mineiras distribuíam água sem tratamento. A situação era ainda mais grave nos distritos, pois, dos 413 que declararam possuir sistemas de abastecimento de água, em 144 (35%) a água distribuída não era tratada.

Além disso, constatou-se que não havia rede de esgoto em 85 sedes municipais e 109 distritos. Cerca de 68% da população mineira era atendida por rede de esgoto, porém, no Vale do Jequitinhonha/Mucuri esse índice era de apenas 42%, e de 31,57% na Região Norte de Minas.

Neste contexto, insere-se COPASA Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A – COPANOR, uma empresa subsidiária da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA-MG, criada para atuar em localidades da região de planejamento Norte de Minas e das bacias hidrográficas dos Rios Jequitinhonha, Mucuri, São Mateus, Buranhém, Itanhém e Jucuruçu.

O contrato firmado entre a Prefeitura de Araçuaí e a COPANOR foi assinado em setembro de 2009 e possui como objetivo a prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas localidades de Araçuaí, os distritos de Itira e Engenheiro Schnoor, os povoados de Baixa Quente, Alfredo Graça, Barreiro/Fazenda Velha, Igrejinha, Neves, Machado sede e as comunidades José Gonçalves, Lagoa dos Patos, Machado Abaixo, Machado Acima, Palmital de Baixo, Martins e Gravatá, pelo prazo de 30 anos, conforme autorizado pela Lei Municipal 81/2007.

Apesar de existir um contrato em vigência, a realidade constatada é distinta do que é proposto pela prestadora de serviço. O principal déficit notado é o não cumprimento do Contrato de Programa, sendo que a COPANOR não opera os sistemas de abastecimento de água em diversas localidades que constam no objeto do contrato, ou ainda, oferecem um serviço de baixa qualidade.

Abaixo será apresentada a realidade de cada localidade visitada, com o intuito de relatar as condições relacionadas ao Sistema de Abastecimento de Água presente em tais locais.

5.2.13. Características Gerais das Associações

As associações de moradores exercem um papel extremamente importante dentro da esfera política e social das cidades brasileiras. Além de ser uma forma de unir forças para reivindicar direitos, essas iniciativas também podem contribuir para tornar a vida em comunidade mais prazerosa.

As associações apresentam-se como uma boa ferramenta na gestão dos sistemas de abastecimento de água do Município de Araçuaí, identificadas tanto pela Prefeitura quanto pelas comunidades durante as oficinas para elaboração do plano como um modelo de gestão que funciona para identificar as deficiências existentes em cada localidade e tentar atender as demandas do Município, levando o que é levantado para esferas maiores como o Poder Público.

Embora as associações não possuam técnicos específicos para operar os sistemas, existe um pessoal especializado que atua na capacitação e apoio para estas associações.

5.2.13.1. Distrito de Itira

O distrito de Itira possui aproximadamente 1815 habitantes. O Sistema de Abastecimento de Água é composto por captação superficial no Rio Jequitinhonha. A adução é feita através de balsa com um único conjunto motobomba que funciona aproximadamente 11 horas por dia, com vazão média de 1 l/s. O sistema de captação é automatizado.

Antigamente era utilizada a água do Rio Araçuaí para abastecimento da população, contudo, devido a turbidez elevada e consequente dificuldade no tratamento, a alternativa mais viável foi a captação da água de outro manancial.

Figura 26 – Balsa com conjunto motobomba.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Existe uma ETA compacta no local, com capacidade de 1,5 L/s que funciona durante aproximadamente 10 horas por dia.

Para verificar a qualidade da água tratada, a ETA possui um laboratório para realização de análises a fim de verificar a eficiência do tratamento e se atende aos parâmetros de potabilidade. São realizadas 5 análises de água por dia por um operador da COPANOR, de acordo com as portarias vigentes.

Figura 27 – ETA compacta e laboratório.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Vale ressaltar que a maior deficiência constatada é em relação as estruturas antigas da ETA atualmente em funcionamento, favorecendo a existência de vazamentos e ineficiência no tratamento. A ETA é pequena, sendo necessária a reforma da mesma, pois a longo prazo pode não atender as demandas futuras.

A ETA possui um reservatório elevado com capacidade de armazenamento de 20 m³.

Figura 28 – Reservatório.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Tabela 23 – Análise da Capacidade de Reserva dos Sistemas de Araçuaí.

Análise da Capacidade de Reserva dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reserva (m ³)	Volume de Reserva Atual (m ³)
COPANOR	1815	134,14	438,24	146,08	20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Levando em consideração os dados apresentados, conclui-se que a COPANOR não atende toda a população com abastecimento de água, já que a capacidade de tratamento da ETA é de 54 m³/dia e para atender toda a população (1815 habitantes) a produção teria que ser em torno de 243 m³/dia. Dessa forma, estima-se que a população possui outro meio alternativo de abastecimento (poços, nascentes, mananciais superficiais próximos, caminhões pipa, etc).

Segundo os moradores do local, atualmente a falta de água nos finais de semana é constante, ocasionada pelo aumento da demanda e vazamentos na rede de distribuição.

No distrito de Itira inexistente um cadastro da rede de distribuição, dificultando o controle sobre as perdas no sistema.

5.2.13.2. Distrito de Engenheiro Schnoor

O distrito de Engenheiro Schnoor possui em torno de 1900 moradores. A captação da água para consumo no Distrito era realizada de forma direta no Rio Gravatá, que atualmente encontra-se com vazão abaixo do necessário para abastecimento de toda a população existente no local e, dessa forma, uma alternativa acaba sendo os poços artesianos. A adução é realizada por um conjunto motobomba.

A localidade possui uma Estação de Tratamento de Água do tipo convencional, com capacidade de tratamento de 5l/s, contudo, devido a baixa vazão do Rio Gravatá, encontra-se desativada.

Segundo relatos de moradores do local não há desinfecção ou qualquer tipo de tratamento da água captada de poços artesianos que é distribuída para a população.

A rede de distribuição possui aproximadamente 4.688 metros, porém inexistente um cadastro da mesma, dificultando o controle de perdas no sistema, além disso, a

tubulação existente é antiga, aproximadamente da década de 70, assim, favorecendo perdas hídricas.

Atualmente o distrito possui uma capacidade de reservação de 125m³, contudo, como é possível visualizar na tabela a seguir, há necessidade de expansão dos reservatórios existentes, para assim atender toda a demanda necessária atual e futura.

Ressalta-se a necessidade de construir uma barragem no local, captando água do rio para abastecimento da comunidade e utilizar água proveniente dos poços somente quando a vazão do rio estiver baixa, com o objetivo de prevenção quanto a futura escassez hídrica.

Tabela 24 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Engenheiro Schnoor.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	1900	134,14	458,76	153	125

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 29 – ETA desativada



Figura 30 – Poço utilizado para abastecimento da população.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.13.3. Comunidade Baixa Quente

Baixa Quente possui aproximadamente 200 casas e o abastecimento de água da comunidade é proveniente da captação existente no Rio Calhauzinho.

A adução é realizada através de um conjunto motobomba. Segundo dados levantados, a rede adutora possui aproximadamente 4.195 m até chegar na Estação de Tratamento de Água (ETA).

A comunidade possui uma ETA do tipo convencional, com vazão de 10l/s e são realizadas análises diárias de cor, pH, turbidez e flúor. O tratamento da água é realizado adicionando cloro, flúor e sulfato de alumínio a água bruta.

De acordo com os moradores do local, o tratamento da água é ineficiente, além disso, não foi verificada a existência de segurança na área onde a ETA está localizada, favorecendo a ação de vândalos.

Inexiste um cadastro da rede de distribuição, dificultando a constatação e controle de perdas hídricas.

A comunidade possui 02 reservatórios com capacidade total de armazenamento de 155m³.

Tabela 25 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí - Baixa Quente.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	700	134,14	169,02	56	155

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 31 – Chegada da água bruta para tratamento.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.13.4. Comunidade de Alfredo Graça

Alfredo Graça possui aproximadamente 600 moradores (170 famílias) e o abastecimento de água da comunidade era proveniente da captação do Rio Gravatá, um rio intermitente, ou seja, aquele que durante o período de chuvas apresenta água em seu curso e durante o período de estiagem desaparece temporariamente. A alimentação desses rios é o escoamento superficial e subsuperficial da água das chuvas. Seu desaparecimento temporário no período de seca acontece devido a baixa do lençol freático em relação ao nível do canal do rio, cessando sua alimentação e dessa forma não apresentando água.

Devido aos problemas apontados, a COPANOR desativou o sistema de captação de água do rio.

A alternativa encontrada para abastecimento da população foi a utilização da água proveniente de poços artesianos.

A rede adutora possui aproximadamente 2.188m até a Estação de Tratamento de Água.

Contudo, devido a formação geológica local, a água encontrada possui uma dureza muito elevada. É denominada de água dura todas as águas naturais que possuem cátions cálcio ($\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$), magnésio ($\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$) e ferro II ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$).

Para amenizar a falta de água constante para a população, recomenda-se a utilização da água do Rio Gravatá, e em épocas de estiagem do rio, a utilização da água dos poços.

No local existem duas Estações de Tratamento de Água, no qual apenas uma encontra-se em funcionamento e trata a água proveniente de poços. A água passa por um processo simples de tratamento, que dispõe de três caixas de 250.000 litros, onde duas caixas possuem sistema de filtragem, retendo sólidos grosseiros e a terceira armazena a água filtrada.

Figura 33 – ETA em funcionamento.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 32 – ETA desativada



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A rede de distribuição conta com 2.654 metros aproximadamente, porém, foi constatada a inexistência de um cadastro da rede, dificultando o controle e monitoramento de perdas hídricas no sistema.

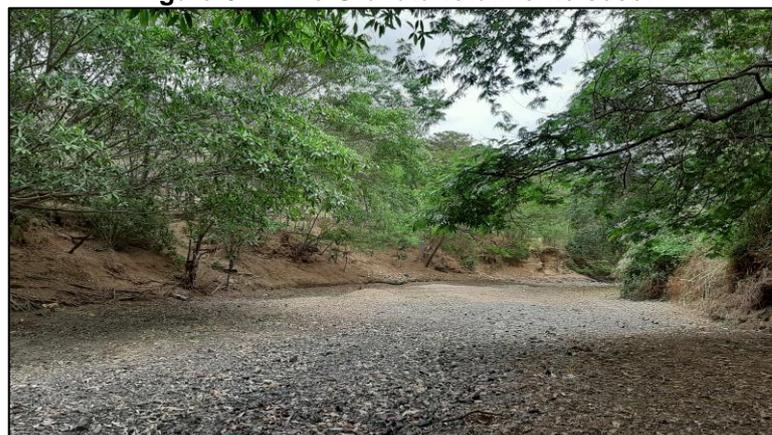
A comunidade possui um volume de reservação atualmente de 100m³. Abaixo é possível visualizar a análise da capacidade de reservação do sistema existente.

Tabela 26 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Alfredo Graça.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	600	134,14	144,87	48	100

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 34 – Rio Gravatá totalmente seco.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.13.5. Comunidade de Igrejinha

A comunidade de Igrejinha possui aproximadamente 150 pessoas. A água para consumo da população existente no local é captada através do Rio Piauí, e existem famílias em que utilizam água fornecida pelas chuvas e por caminhões pipa da prefeitura, que podem ser solicitados a cada dois meses e disponibilizam de 9 a 18 m³ de água potável.

A adução é realizada através de um conjunto motobomba e a rede possui aproximadamente 720 metros até chegar a Estação de Tratamento de Água (ETA).

Existe na comunidade uma ETA do tipo convencional, com vazão de 3l/s.

A rede de distribuição tem 1.263 metros, contudo, não existe um cadastro da mesma, dificultando o controle sobre as perdas hídricas.

Na comunidade existe uma capacidade de armazenamento de água de 20m³, além das cisternas existentes em algumas residências.

Tabela 27 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Igrejinha.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	150	134,14	36,22	12	20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 35 – Reservatório para armazenamento de água da chuva ou água disponibilizada por caminhões pipa.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.13.6. Comunidade de Neves

A captação da água para abastecimento da população na Comunidade das Neves é realizada através de uma nascente localizada na cabeceira do Córrego das Neves. Atualmente a COPANOR está em processo de construção de um poço de monitoramento, contudo, a água é salobra e necessita de tratamento para consumo humano. Como a nascente está localizada numa cota topográfica maior que a ETA, o recurso é distribuído por gravidade e dessa forma não existe sistema de adução.

Na comunidade de Neves existe uma Estação de Tratamento de Água, contudo, encontra-se desativada. A ETA é do tipo convencional e possui capacidade de tratamento de 3l/s e reservatório com capacidade de armazenamento de 10m³. A desativação da ETA foi em decorrência da seca da região, acarretando em assoreamento dos córregos onde era realizada a captação da água para abastecimento da população.

Segundo os moradores do local, a água é de qualidade e o armazenamento para distribuição nas casas é realizada no reservatório da ETA desativada. No entanto, em locais mais elevados a água não chega por gravidade. Essas áreas dependem do abastecimento através de caminhões pipa.

Tabela 28 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Neves.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	150	134,14	36,22	12	20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 36 – ETA desativada existente na localidade.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

É comum as casas terem cisterna para armazenamento de água da chuva ou então para armazenamento de água disponibilizada pela Prefeitura/Defesa Civil.

Figura 37 – Cisterna para armazenamento de água da chuva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Na visita *in loco* e entrevista com os moradores do local, foi possível notar a preocupação da população em relação a implantação de projetos que sanem a falta de água, o maior problema encontrado no local. Existem projetos para implantação de uma barragem em um Rio próximo a região, sem maiores informações no que se refere ao andamento do processo.

5.2.13.7. Comunidade de Piabanha

Piabanha possui aproximadamente 60 famílias. De acordo com entrevista realizada com moradores da comunidade, a COPASA fornece o tratamento e distribuição da água para 100% da população existente no local. Isso ocorre pelo fato da comunidade ser localizada próxima a área urbana do Município.

Tabela 29 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Piabanha.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	210	134,14	50,70	17	100

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.13.8. Comunidade de Martins

Martins possui aproximadamente 150 pessoas. O sistema de abastecimento de água é composto por captação subterrânea, com uma vazão média de 1 l/s e funciona em média 12 (doze) horas por dia. A adução é realizada através de um conjunto motobomba.

O sistema de tratamento da água captada consiste em um filtro para remoção de ferro e sistema de cloração.

A comunidade possui rede de distribuição, contudo sem cadastramento técnico, o que pode prejudicar o controle sobre as perdas hídricas no sistema.

Em Martins existe um reservatório com capacidade de armazenamento de 30 m³, atendendo toda a população residente no local.

Tabela 30 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Martins.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
COPANOR	150	134,14	36,22	12	20

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 38 – Captação de água para abastecimento da comunidade.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 39 – Reservatório com capacidade de 30m³.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A maior deficiência levantada no sistema existente atualmente foi relacionada a vazamentos nas estruturas (tubulações, conexões, acessórios, conjunto motobomba), ocasionadas pela falta de manutenção.

5.2.13.9. Comunidade de José Gonçalves

A comunidade de José Gonçalves possui atualmente aproximadamente 60 famílias, em torno de 210 habitantes. O sistema de abastecimento de água consiste na captação superficial no Rio Piauí, contudo, não atendendo toda a demanda. Com a finalidade de sanar a escassez hídrica, existem poços localizados em propriedades particulares. A adução é realizada através de um conjunto motobomba.

Existe um poço público para abastecimento de uma escola na localidade, porém o mesmo encontrava-se sem a bomba submersa para captação. Esse poço também abastece um bebedouro para animais e um chafariz para consumo humano menos restritivo.

Na comunidade existe Estação de Tratamento de Água do tipo convencional, com capacidade de tratamento de 3l/s, porém, encontra-se desativada devido a baixa vazão dos corpos hídricos que eram responsáveis pelo abastecimento da população.

A rede de distribuição contém 5.250 m, sem cadastro técnico, dificultando o controle sobre perdas hídricas.

Tabela 31 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – José Gonçalves.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m³)	Cálculo de Volume Reservação (m³)	Volume de Reservação Atual (m³)
COPANOR	210	134,14	50,73	17	30

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 40 – ETA desativada.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A capacidade atual de reservação da comunidade é de aproximadamente 30 m³, contudo, é comum a existência de cisternas nas residências para captação de água da chuva ou para armazenamento de água fornecida pelos caminhões pipas disponibilizados pela Prefeitura e Defesa Civil.

5.2.14. Sistemas Individuais

5.2.14.1. Comunidade de Malhada Preta

Malhada Preta possui aproximadamente 61 famílias, em torno de 213 habitantes, sendo algumas subcomunidades de difícil acesso. O abastecimento de água da comunidade é realizada através da captação de água de uma nascente existente na região. A nascente atende 27 famílias, de acordo com informações obtidas através da responsável pela manutenção da mesma.

O local onde está situada a nascente é de difícil acesso. Através da Associação de Moradores da comunidade foi definido um representante responsável pela manutenção da área, bem como o acionamento e desligamento da bomba responsável pela adução da água para a distribuição.

Tabela 32 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Malhada Preta.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
Individual	213	134,14	51,43	17	100

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 41 – Armazenamento e bombeamento da água proveniente da nascente.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A água proveniente da nascente passa por filtração (filtro doméstico, coador de papel ou pano limpo) e por desinfecção com a utilização de hipoclorito de sódio, que é utilizado como desinfetante, sendo também utilizado para purificar a água para uso e consumo humano. A substância é disponibilizada e distribuída pela Secretaria da Saúde do Município .

Figura 42 – Hipoclorito de sódio e coloração da água proveniente da nascente após aplicação.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Vale ressaltar que em locais onde existem escolas, todo o gasto com energia proveniente do bombeamento d água é pago pela Prefeitura.

De acordo com moradores do local, existe rede de distribuição, construída pela própria população.

Para reservação da água existe uma barragem, construída para armazenamento da água da nascente, além de cisternas, estima-se uma capacidade de armazenamento total de 100m³.

5.2.14.2. Comunidade de Cruzinha

Em Cruzinha o abastecimento de água para a população é realizado através da captação de água de 02 poços artesianos, sendo um poço profundo denominado Poço Maranhão, que se encontra a 80 m de profundidade e é o mais utilizado atualmente, levando em consideração que a vazão e bombeamento do outro poço existente não suprem as necessidades de toda a população.

A Prefeitura através da Vigilância Sanitária é responsável pela verificação da qualidade da água distribuída para a população através da realização de análises laboratoriais.

Existem na comunidade 2 (dois) reservatórios que funcionam em sistema de rodízio, enquanto um enche o outro é responsável pelo abastecimento da comunidade. Um dos problemas relatados pelos moradores é a falta de uma bomba reserva, já que muitas vezes a bomba em utilização não suporta a distância percorrida pela água, danificando seu funcionamento. Além disso, há reclamações relacionadas as estruturas existentes, o encanamento é antigo e assim acaba ocorrendo muitas rupturas e vazamentos.

Tabela 33 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Cruzinha.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
Individual	200	134,14	51,43	17	100

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 43 – Poço Maranhão e água com dureza elevada aparente.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 44 – Reservatórios existentes na comunidade.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Assim como ocorre em outras comunidades, Cruzinha possui uma Associação de Moradores onde é definido o responsável pela gestão do abastecimento de água local, que consiste em controlar o funcionamento da bomba e adição de substâncias a água, quando necessário.

5.2.14.3. Comunidade de Olinto Ramalho

A comunidade de Olinto Ramalho possui aproximadamente 23 famílias, em torno de 80 habitantes. Algumas residências possuem poços particulares. A água desses poços é salobra e não recebe tratamento. A água oriunda dos mesmos é utilizada para usos menos restritivos tais como regar as hortas das casas, lavar roupas, dessedentação de animais, etc. Os moradores utilizam sulfato de alumínio para ajudar na decantação e separar os sólidos da água. Muitas pessoas também captam água no Rio Setúbal, que teve a qualidade reduzida após a construção da barragem no Rio Araçuaí. A adução é realizada através de bombas.

Na localidade existem famílias que possuem cisterna para armazenamento de água da chuva, com capacidade de armazenamento de 16.000 litros. A ação faz parte do Programa “Um Milhão de Cisternas Rurais”.

Tabela 34 – Análise da Capacidade de Reserva dos Sistemas de Araçuaí – Olinto Ramalho.

Análise da Capacidade de Reserva dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
Individual	80	134,14	19,32	6	50

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 45 – Água coletada de poço particular.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 46 – Cisterna para captação de água da chuva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.14.4. Comunidades de Tesouras

Existem aproximadamente 68 famílias na comunidade, com mais ou menos 240 pessoas. A localidade de tesouras é privilegiada pela presença de várias nascentes na região de chapada em que se encontra, porém a vazão das mesmas diminui muito na época de estiagem, algumas, inclusive, são intermitentes.

A solução encontrada pelos moradores foi a construção de “barraginhas” ou “represinhas” para o represamento e armazenamento dessas águas durante o período das chuvas, volume que dura por todo o período de seca na maioria das barragens, dependendo de seu tamanho.

Vale ressaltar que essa prática pode afetar as comunidades a jusante que acabam ficando com menor disponibilidade hídrica, principalmente durante os períodos de estiagem. O volume das barragens é medido pela quantidade de horas de máquina usadas para fazê-las (geralmente 50 ou 100 horas de trabalho).

Na época de chuvas, quando as barragens atingem seu volume máximo, começam a percolar e a “vazar” pelo solo, na localidade os moradores dão o nome de “filtragem” a esse fenômeno e costumam utilizar essa água que sai do solo a jusante da barragem ao invés de captar diretamente da mesma. Essas “filtragens”, em tempos de estiagem, podem chegar de 200 a 500 metros dentro do leito dos córregos intermitentes da região. Uma barragem pode ser usada por mais de uma família.

Os moradores dizem que já existiram programas de construção de “caixadões” para o armazenamento de água, aéreos, porém os mesmos são mais caros e menos efetivos que as “barraginhas”.

Existe um poço desativado entre as comunidades de Tesouras de Cima e Tesouras do Meio. A população recebeu treinamento para tratar a água com hipoclorito de sódio, porém nem todos o fazem pelo sabor de cloro conferido à água após sua adição.

A maioria das residências possui caixas d’água de placas para o armazenamento de água potável e de águas pluviais. A comunidade é atendida pela prefeitura com caminhões pipa para o enchimento dessas caixas, que podem ser solicitados a cada dois meses. Algumas residências possuem caixas d’água de ferrocimento.

Existe também uma APA denominada Área de Preservação Ambiental da Chapada do Lagoão na região que engloba as localidades com cotas acima de 500 metros, criada pela Lei n.º 89 de 19 de dezembro de 2007. O bioma da região é de Transição Cerrado-Caatinga.

Tabela 35 – Análise da Capacidade de Reserva dos Sistemas de Araçuaí – Tesouras.

Análise da Capacidade de Reserva dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reserva (m ³)	Volume de Reserva Atual (m ³)
Individual	238	134,14	57,47	19	50

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 47 – Sistema de captação de água da chuva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.14.5. Comunidade do Córrego da Velha

Na localidade existem 3 poços para abastecimento da população, sendo 2 comunitários, onde as despesas com energia e manutenção são divididas pelos moradores atendidos através da administração da Associação de Moradores do local. 1 poço público fica localizado em uma escola e os moradores atendidos não precisam arcar com as despesas de energia e manutenção do mesmo.

A água desses poços é salobra, provavelmente com contaminação mineral em decorrência da formação geológica local e, não recebem tratamento. A água é utilizada para usos menos restritivos tais como regar as hortas das casas, lavar roupas, dessedentação de animais. Os moradores utilizam sulfato de alumínio para ajudar na decantação e separar os sólidos da água.

A água para consumo humano (beber e cozinhar) são fornecidas ou pelas chuvas ou por caminhões pipa da Prefeitura, que podem ser solicitados a cada dois meses em quantidades entre 9 a 18m³ de água potável. Em ambas as situações a

água disponibilizada é armazenada em caixas d'água de placas, com capacidade de 16m³.

A população geralmente evita deixar as tubulações que conectam os telhados das casas (captação de água da chuva) ligadas ao reservatório com o objetivo de evitar a contaminação da água proveniente da primeira chuva. Vale ressaltar que em muitas localidades, o que abastece a população durante todo o ano são as águas provenientes da chuva.

O poço existente na escola supracitada estava desativado na ocasião da visita. No local existe uma caixa d'água deteriorada e depositada no local de forma incorreta, como é possível visualizar abaixo. No local também existe uma caixa d'água em funcionamento para abastecimento da escola e moradores.

Tabela 36 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – Córrego da Velha.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
Individual	200	134,14	51,43	17	100

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 48 – Caixa d'água deteriorada depositada de forma irregular no terreno onde está localizada a escola da localidade e caixa d'água em uso.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 49 – Escola Núcleo do Córrego da Velha



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.14.6. Comunidade de São João do Setúbal

A comunidade São João do Setúbal possui aproximadamente 150 famílias. De acordo com entrevista realizada com moradores do local, a captação para abastecimento de água da população era realizada no Rio Setúbal, contudo, é constante o lançamento de efluentes e dessa forma a água proveniente do Rio é utilizada para fins menos restritivos, sendo imprópria para consumo.

As casas possuem cisternas para captação de água da chuva, que fica armazenada para utilização durante todo o ano. É disponibilizado para a população a substância sulfato de alumínio em forma de sachê, com a finalidade de decantação de partículas mais grosseiras. O sulfato de alumínio possui um gosto forte residual.

Existe próximo ao Rio Setúbal um cemitério. Com a decomposição dos corpos ali enterrados surge o necrochorume, um líquido percolado resultante do processo de decomposição de cadáveres. Esse líquido possui uma cor castanho-acinzentada, sendo formada por sais minerais, água, substâncias orgânicas degradáveis, elevada quantidade de vírus e bactérias e outros patógenos.

Assim, além do lançamento de efluentes *in natura* no rio, pode ocorrer a contaminação por necrochorume, tornando o consumo da água proveniente do rio imprópria para consumo.

Figura 50 – Rio Setúbal.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 51 - Sistema de Captação de Água da Chuva.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 52 – Cemitério localizado próximo ao Rio Setúbal.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Tabela 37 – Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí – São João do Setúbal.

Análise da Capacidade de Reservação dos Sistemas de Araçuaí					
Sistema	População	Consumo médio (l/hab.dia)	Volume Total Diário de Distribuição (m ³)	Cálculo de Volume Reservação (m ³)	Volume de Reservação Atual (m ³)
Individual	525	134,14	126,76	42	50

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.2.15. Análise Crítica do Sistema Atual de Abastecimento de Água de Araçuaí

As principais deficiências que podem ser citadas no SAA do município são:

- Estruturas antigas;
- Vazamentos aparentes nos reservatórios e hidrômetros;
- Falta de manutenção;
- Falta de cercamento nos poços de captação, facilitando o acesso da população, o que pode ocasionar em contaminação da água e ações de vandalismo;
- A falta de setorização da rede, acometendo em um baixo índice do controle operacional do sistema;

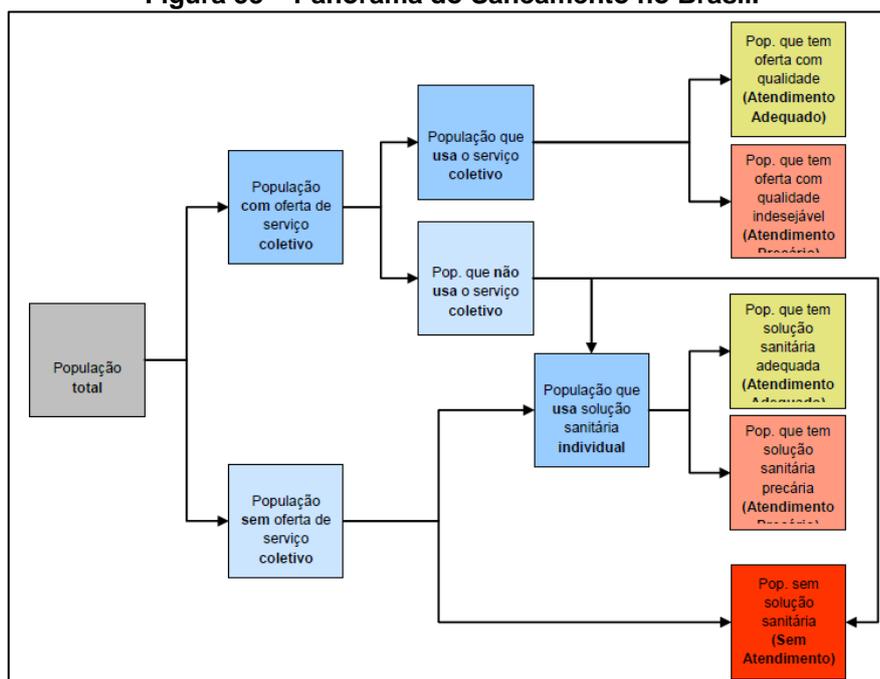
- Baixa frequência ou inexistência de análises da qualidade da água na área rural: diagnosticado como o principal problema dos sistemas independentes (poços de captação). A falta de análises interfere no monitoramento da qualidade da água, tornando inviável a constatação de possíveis doenças de veiculação hídrica ou até mesmo de contaminação da água por outras substâncias presentes na área;
- Ausência de tratamento adequado da água de mananciais superficiais na área rural;
- Água subterrânea com dureza elevada devido à formação geológica do local, sem tratamento adequado para posterior utilização pela população;
- Estações de Tratamento de Água desativadas e sem manutenção na área rural.

A partir das deficiências levantadas, serão apresentadas propostas mitigatórias na etapa de Prognóstico, ou seja, serão apresentadas soluções para cada deficiência apontada.

5.3. Diagnóstico do Sistema de Esgotamento Sanitário

Tendo em vista a situação atual do Esgotamento Sanitário de Araçuaí, 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. Dentro dessa perspectiva o fluxograma abaixo, extraído do relatório “Panorama do Saneamento no Brasil – Vol. 2” ilustra esta classificação.

Figura 53 – Panorama do Saneamento no Brasil.



Fonte: Panorama do Saneamento Básico no Brasil, 2017.

A segmentação do serviço de esgotamento de Araçuaí, principalmente pela inexistência de um gerenciamento único, a fim de conhecer e identificar os problemas e informações gerais do Município dificulta a gestão dos sistemas. A falta de um banco de dados para atribuir aos responsáveis de cada sistema o comprometimento de operá-los com eficiência, assim como, executar as diretrizes construídas no Plano é identificada.

Abaixo segue os indicadores do sistema apresentado pelo SNIS, construídos a partir do sistema existente na área urbana do Município. Cada indicador apresenta com clareza e objetividade a situação do sistema operado.

Tabela 38 – Indicadores do Sistema de Esgotamento Sanitário de Araçuaí.

Sistema de Esgotamento Sanitário do Município	
Ano de referência	2018
ES001 - População total atendida com esgotamento sanitário [habitante]	13.363
ES002 - Quantidade de ligações ativas de esgoto [ligação]	6.244
ES003 - Quantidade de economias ativas de esgoto [economia]	6.244
ES004 - Extensão da rede de esgoto [km]	64,69
ES005 - Volume de esgoto coletado [1.000 m ³ /ano]	526,62
ES006 - Volume de esgoto tratado [1.000 m ³ /ano]	476,41



ES007 - Volume de esgoto faturado [1.000 m ³ /ano]	679,55
ES008 - Quantidade de economias residenciais ativas de esgoto [economia]	5.457
ES009 - Quantidade de ligações totais de esgoto [ligação]	6.244
ES026 - População urbana atendida com esgotamento sanitário [habitante]	13.861
ES028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de esgotos [1000 kWh/ano]	249,21
IN015 - Índice de coleta de esgoto [percentual]	47,26
IN016 - Índice de tratamento de esgoto [percentual]	90,47
IN021 - Extensão da rede de esgoto por ligação [m/lig.]	10,55
IN024 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água [percentual]	58,03
IN046 - Índice de esgoto tratado referido à água consumida [percentual]	42,75
IN047 - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto [percentual]	58,03
IN056 - Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água [percentual]	37,76

Fonte: SNIS, 2018.

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 10 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 Araçuaí com algumas regiões do país, média nacional, com a capital e com o Estado de Minas Gerais, constata-se que o Município encontra-se em posição desprivilegiada, apresentando índices de atendimento 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 Município.

Abaixo, é possível visualizar os dados de cobertura de coleta e tratamento dos esgotos, em âmbito Nacional, Regional, Estadual e Municipal.

Tabela 39 – Panorama Urbano dos índices de coleta e tratamento dos esgotos.

Abrangência	Índice de atendimento do Sistema de Esgotamento Sanitário (%)	
	População Total (IN056)	Tratamento dos esgotos gerados (IN046)
Brasil	52,36	46,00
Norte	10,24	22,58
Nordeste	26,87	34,73
Sudeste	78,56	50,39
Centro-Oeste	53,88	52,02
Sul	43,93	44,93
Minas Gerais	64,4	49,00
Araçuaí	37,76	42,75

Fonte: SNIS, 2018.

De acordo com os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações do Saneamento, observa-se que o Brasil atende apenas 52,36% da população brasileira com rede de esgotamento sanitário, e apenas 46% do esgoto gerado é tratado. O Estado de Minas Gerais trata menos de 50% do esgoto coletado, baixo índice se comparado a outros estados.

Analisando os indicadores apresentados, observa-se que a COPASA e COPANOR devem estabelecer uma política de investimento massiva para minimizar o quadro atual precário que se encontra o Município. Caso contrário, a degradação do meio ambiente, somado aos recursos financeiros disponibilizados para saúde para sanar as doenças causadas pelos baixos índices de saneamento adequado, bem como incapacidade de valorização imobiliária, atrasará o desenvolvimento econômico do Município.

Considerando a baixa existência de rede coletora e tratamento de esgotos sanitários, as áreas que possuem risco de contaminação são aquelas não atendidas por este serviço, e, notoriamente, com maior potencial, àquelas onde apresentam maior densidade populacional.

Os conceitos 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 efetiva.



Este critério se faz necessário principalmente quanto às localidades rurais ou comunidades mais afastadas, onde se devem prever tecnologias específicas para os sistemas de tratamento individuais, visto que a inviabilidade econômica destas regiões é sempre notável.

O diagnóstico do esgotamento sanitário existente em Araçuaí foi descrito com as informações disponibilizadas pela COPASA e COPANOR, concessionária dos Serviços de Água e Esgoto do Município, dados disponibilizados pelos técnicos da Prefeitura, informações extraídas do SNIS (Sistema Nacional de Informações do Saneamento), IBGE e, por fim, das informações prestadas pela própria população durante as reuniões regionalizadas.

5.3.1. Características Gerais Dos Sistemas De Esgotamento Sanitário

Analisando os dados disponibilizados pelo SNIS, concluiu-se que Araçuaí, por meio dos serviços prestados pela COPASA e COPANOR, atende aproximadamente 37,76% da população existente na área urbana do Município com sistema de esgotamento sanitário, desde a coleta, afastamento até o tratamento e posterior lançamento do efluente tratado no corpo hídrico.

Segundo informações obtidas pelo SNIS (2018), em Araçuaí, a extensão da rede de esgoto é de aproximadamente 64,69 km, além disso, existem 6.244 ligações totais domiciliares que já foram realizadas pela Concessionária de Água e Esgoto do município.

Na área rural do Município, o esgotamento sanitário é gerido pela COPANOR em algumas localidades existentes, como é possível visualizar a seguir.

O Contrato de Programa firmado entre a Prefeitura de Araçuaí e a COPANOR foi assinado em 2009 com o objetivo de prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nas localidades de Araçuaí pelo prazo de 30 anos, conforme autorizado pela Lei Municipal 81/2007.

Tabela 40- Sistemas de Esgotamento Sanitário geridos pela COPANOR.

Sistema de Esgotamento Sanitário COPANOR - Araçuaí/MG	
Abrangência	
1	Distrito de Engenheiro Schnoor
2	Distrito de Itira
3	Povoado de Baixa Quente
4	Povoado de Alfredo Graça
5	Comunidade de José Gonçalves
6	Povoado Barreiro e Fazenda Velha
7	Povoado Igrejinha
8	Comunidade de Lagoa dos Patos
9	Comunidade Machado Abaixo
10	Comunidade Machado Acima
11	Povoado de Machado
12	Povoado de Neves
13	Comunidade de Palmital de Baixo
14	Comunidade Martins

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Vale ressaltar que mesmo com a existência de um contrato em vigência entre a prestadora de serviços e o Município, a realidade encontrada muitas vezes é diferente do que o proposto.

Dentre as localidades que constam no contrato para o tratamento do esgoto gerado, verificou-se que algumas encontram-se desativadas ou não possuem nenhum tipo de estrutura.

As localidades atendidas com rede de esgotamento sanitário são Engenheiro Schnoor (apenas coleta) e Baixa Quente (coleta e tratamento).

Ao decorrer deste trabalho será apresentada a realidade de cada localidade visitada, com o objetivo de constatar a infraestrutura existente relacionada ao serviço de esgotamento sanitário.

5.3.2. Sistema de Esgotamento Sanitário Gerido Pela COPASA

Incluem afastamento das contribuições e encaminhamento para sistemas de tratamento normalmente distante da área atendida, recomendado para áreas com elevada densidade populacional.

Os componentes geralmente presentes no Sistema Coletivo de Esgotamento Sanitário são:

- Redes coletoras;
- Estações elevatórias;
- Interceptor;
- Emissário de esgoto bruto;
- Órgãos acessórios como: Poços de Visita (PV), Tubos de Inspeção e Limpeza (TIL) e Tubos de Limpeza (TL);
- Estação de Tratamento de Esgotos;
- Emissário de esgoto tratado ou final.

5.3.2.1. Rede Coletora

A produção de esgotos corresponde aproximadamente 80% ao consumo de água, mas a quantidade de esgoto gerado para a rede de coleta pode variar devido alguns fatores: parte da água consumida pode ser incorporada à rede pluvial (ex.: irrigação de jardins), ocorrência de ligações clandestinas e indevidas dos esgotos à rede pluvial e infiltração.

A fração de água que entra na rede coletora na forma de esgoto é denominada coeficiente de retorno. Os valores típicos variam de 60 a 100%, sendo usualmente adotado o de 80% (Von Sperling, 1996).

O Sistema da Sede compreende 64,69 km de rede coletora de PVC, basicamente, de 100 mm de diâmetro. Uma análise mais detalhada da rede tornou-se inviável pela falta de informações da Companhia Gestora.

5.3.2.2. Interceptores, Estações Elevatórias e Linhas de Recalque

A instalação de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), objetiva o bombeamento do esgoto bruto de um ponto mais baixo para um ponto mais elevado, até o efluente chegar na ETE.

O sistema atual possui 4 (quatro) Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) operadas pela COPASA.

Devido a localização da Estação Elevatória de Esgoto 1 na área urbana, e consequente geração de odores provenientes do esgoto bruto existente no local, a solução adotada pelos técnicos da COPASA para diminuição do odor foi a adição de



Peróxido de Hidrogênio ao efluente. O mal cheiro é proveniente da decomposição da matéria orgânica e formação do gás sulfídrico (H₂S), gerado a partir da ação de microrganismos sobre sulfatos e outros compostos de enxofre em condições anaeróbias.

5.3.2.3. Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

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. No entanto, 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 de 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 patogênicos. A remoção de nutrientes e patogênicos, também pode ser considerada integrante do tratamento secundário dependendo do sistema de tratamento. O tratamento terciário é bastante raro no Brasil.

O sistema de tratamento adotado em Araçuaí corresponde aos processos frequentemente utilizados no tratamento de esgotos domésticos, em função do poluente a ser removido. A escolha do processo utilizado se baseia em um balanceamento técnico e econômico. Dentre os aspectos de importância na seleção do sistema, estão a eficiência, requisitos de área, confiabilidade, disposição de lodo, custos de construção, simplicidade e custos operacionais, dentre outros. Diversas combinações podem ser realizadas dentre os diferentes processos de tratamento existentes, ponderando e balanceando os resultados necessários quanto à eficiência, custo, geração de lodo, necessidade de área e facilidade operacional, de forma a encontrar a alternativa mais viável a cada situação e setor de atendimento.

Sistemas anaeróbios têm destaque no Brasil devido as condições ambientais favoráveis, baixa produção de lodo e baixo custo operacional. No entanto, apesar das vantagens, o referido sistema não se aplica como forma eficiente no polimento de

nutrientes, especialmente do nitrogênio amoniacal. Assim, necessita de outras unidades de tratamento para a remoção de nutrientes de forma a atender a legislação brasileira com relação ao lançamento de efluentes.

Em Araçuaí, o tratamento do esgoto se dá através de reatores anaeróbios de fluxo ascendente de alta eficiência. A vazão de chegada do efluente à ETE é de 26 l/s.

O afluente ao chegar na estação passa pelo seguinte processo:

- **Gradeamento:** A água residual das residências contém cerca de 1% de sólidos e 99% de material líquido. Em razão disso, a primeira etapa do procedimento é a retenção de materiais mais grosseiros, em um filtro formado por grades. Essa primeira filtragem ajuda a deixar o líquido livre dos resíduos sólidos que foram descartados incorretamente na rede de esgoto.

Figura 54 – Resíduos retirados do processo de gradeamento.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Vale ressaltar que os resíduos retirados do processo de gradeamento são encaminhados para o Aterro Controlado do Município.

- **Desarenação:** Em seguida, o esgoto bruto segue para a caixa de areia, onde é realizada a remoção de todos os detritos sólidos presentes nele, mediante sedimentação. A areia, os pedriscos, os cascalhos e outros

elementos vão para o fundo do tanque e o líquido que permanece na superfície é encaminhado para a próxima etapa.

Figura 55 – Caixa desarenadora.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- Tratamento biológico (Reator UASB): Consiste na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Constitui-se de uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma zona de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O esgoto aflui ao reator e após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente, desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo, onde ocorre a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbia do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico. Ainda em escoamento ascendente, e através de passagens definidas pela estrutura dos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação. A manutenção de um leito de sólidos em suspensão constitui a manta de lodo, e em função do fluxo contínuo e ascendente de esgotos, nesta é que ocorre a decomposição do substrato orgânico pela ação de organismos anaeróbios.

Figura 56 – Reator UASB – 4 módulos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O sistema existente no Município possui 02 (dois) reatores e 04 (quatro) módulos e está funcionando no limite. Atualmente estão sendo construídos mais 04 (quatro) módulos independentes com o intuito de distribuir o efluente para ambos os sistemas.

Em Araçuaí, a temperatura e incidência solar são elevadas, influenciando diretamente na taxa de degradação da matéria orgânica, gerando uma quantidade significativa de gases.

Figura 57 – Queima de gases.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- **Descarte:** O destino do lodo gerado é o aterro controlado existente no Município. O lodo é composto essencialmente por uma combinação de substâncias, dentre elas minerais e matéria orgânica decomposta. Para tratar esse resíduo é preciso considerar fatores como tecnologia a ser empregada, disposição final que será dada ao resíduo e espaço físico disponível.

Figura 58 – Leito de secagem de lodo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

- **Disposição no solo:** Como em Araçuaí são utilizados reatores UASB para tratamento do efluente, que tem como característica a baixa remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos, a aplicação do efluente no solo surge como um tratamento secundário, visando a remoção desse tipo de nutriente em vez de sua disposição direta em cursos d'água, que pode causar a eutrofização do corpo hídrico, além de ser uma maneira alternativa para disposição de resíduos e controle biológico de poluentes, constitui um modo adequado de fornecimento de nutrientes ao solo.

Figura 59 – Disposição do efluente no solo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Além da redução de contaminantes, os sistemas alagados construídos possuem comprovados resultados na remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Para Sezerino e Philippi (2000), nesses sistemas de tratamento, aproximadamente 74% da remoção do nitrogênio amoniacal pode ser associada a uma assimilação por parte das plantas. Sousa et al. (2004) salientam que para a remoção específica de fósforo, o tipo de vegetação e a composição química do material suporte podem ter interferência significativa, já que os principais mecanismos de remoção do atributo no sistema são a adsorção pelos substratos e a assimilação pelos vegetais.

De acordo com os técnicos da COPASA responsáveis pela operação da ETE, a eficiência do tratamento é de 96%, resultado satisfatório levando em consideração os parâmetros dispostos pela legislação vigente para lançamento em corpos hídricos.

5.3.2.4. Corpo Hídrico Receptor

O Decreto 8468/76 aprova o regulamento da Lei n°. 997/76 que dispõe sobre a prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente e proíbe o lançamento ou liberação de poluentes nas águas, ar ou solo e apresenta classificação das águas interiores do Estado de São Paulo de acordo com os seus usos preponderantes, sendo estabelecidos os padrões de qualidade (Artigos 11, 12 e 13) para os corpos d'água e os padrões de emissão para efluentes a serem lançados nas águas interiores



ou costeiras, superficiais ou subterrâneas do Estado de São Paulo (Artigo 18) ou em sistema de esgoto provido de tratamento (Artigo 19-A).

No Artigo 7º é apresentada a classificação das águas de acordo com os usos preponderantes, conforme apresentado a seguir:

- **Classe 1:** águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção.
- **Classe 2:** águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- **Classe 3:** águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais;
- **Classe 4:** águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

De acordo com as informações apresentadas, nota-se a importância de políticas de controle de poluição. Em Araçuaí, os efluentes provenientes da ETE após passarem por tratamento, são lançados através de canaletas e por gravidade no corpo receptor denominado Rio Araçuaí, à jusante da captação de água para abastecimento da população. O curso d'água receptor é classificado como sendo de Classe 2, águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).

5.3.2.5. Balanço da Geração de Esgoto

Para estimar o volume de esgotamento sanitário gerado na área urbana do Município, na tabela abaixo considerou-se 80% do volume de água para abastecimento, uma vez que este volume já desconta as perdas do sistema de abastecimento antes de chegar à economia – residência, comércio, indústria (SNIS, 2018).

Tabela 41 – Volume Total de Esgoto gerado no Município de Araçuaí.

População Total Atendida com Água	Volume de Água Micromedido (m ³ /ano)	Volume Total de Esgoto Gerado (m ³ /ano)	Volume Anual Per Capita de Esgoto Gerado (m ³ /hab)	Volume Diário Per Capita de Esgoto Gerado (m ³ /hab)
22.769	1.114,42	891,54	25,54	0,070

Fonte: SNIS, 2018. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Com base na projeção da população urbana do Município e no consumo estimado de água em 2040, onde a população será de 34.243 habitantes a partir do consumo atual observado, o esgoto gerado em Araçuaí, contando com o abastecimento de 100% da população urbana será apresentado na tabela a seguir. O município possui estrutura para tal demanda, porém se faz necessário o investimento na implantação de programas e projetos que visem a melhoria do atual sistema, para que assim futuramente não haja problemas com o sistema de esgotamento sanitário, atendendo toda população residente em Araçuaí.

De acordo com dados obtidos através da COPASA, existe atualmente um projeto em expansão da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Tabela 42 – Geração de esgoto baseado no consumo de água – área urbana.

Ano	População esperada	Volume de água consumido (l/s)	Volume de esgoto gerado (l/s) - 80%
2020	27.038	41,98	33,58
2021	27.398	42,54	29,78
2022	27.758	43,10	30,17
2023	28.118	43,66	30,56
2024	28.479	44,21	30,95
2025	28.839	44,77	31,34
2026	29.199	45,33	31,73
2027	29.559	45,89	32,12
2028	29.920	46,45	32,52
2029	30.280	47,01	32,91
2030	30.640	47,57	33,30
2031	31.001	48,13	33,69
2032	31.361	48,69	34,08
2033	31.721	49,25	34,47
2034	32.081	49,81	34,87
2035	32.442	50,37	35,26
2036	32.802	50,93	35,65
2037	33.162	51,49	36,04
2038	33.522	52,05	36,43
2039	33.883	52,60	36,82



2040	34.243	53,16	37,21
------	--------	-------	-------

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.3.2.6. Qualidade do Efluente Tratado

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, 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%.

Em Araçuaí são realizadas análises diárias de sólidos sedimentáveis do esgoto bruto e tratado, pH e oxigênio.

Segundo a Vigilância Sanitária do Município, não são realizadas análises para verificação da eficiência do tratamento, sendo assim, a COPASA é a responsável por tal verificação.

Figura 61 – Laboratório ETE.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 60 – Sólidos sedimentáveis afluente e efluente.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.3.3. Sistemas de Esgotamento Sanitário Geridos pela COPANOR

A COPANOR possui um contrato de prestação de serviço no que tange o Sistema de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Município de Araçuaí e, conforme supracitado, o contrato não está sendo cumprido, já que apenas 2 (duas) localidades são atendidas com o serviço de esgotamento sanitário.

As informações foram disponibilizadas no Relatório de Fiscalização Operacional nº 22/2018, elaborado pela Agência Reguladora de Água e Esgoto de Minas Gerais (ARSAE), bem como durante visitas realizadas nos locais pelos técnicos da empresa Líder Engenharia.



Com o objetivo de descrever a realidade de cada localidade que possui Sistema de Esgotamento Sanitário coletivo gerido pela COPANOR, abaixo serão relatadas todas as informações levantadas em campo, desenvolvendo uma análise crítica a respeito do serviço prestado pela Companhia.

As demais localidades que constam no contrato e, contudo, não possuem sistema coletivo de esgotamento sanitário, serão abordadas em um tópico específico para sistemas individuais.

5.3.3.1. Distrito de Engenheiro Schnoor

O serviço de esgotamento sanitário do Distrito de Engenheiro Schnoor consiste na coleta e afastamento de esgotos domésticos, atendendo aproximadamente 90% da população residente no local, contudo, não foi verificada a existência de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

Não há informações relacionadas a extensão da rede coletora, nem sobre a quantidade de ligações ativas existentes, bem como a inexistência de um cadastramento da rede, dificultando a fiscalização do sistema.

Em relação a população não atendida pelo sistema coletivo, são utilizadas fossas sépticas.

Foi constatada a ocorrência de extravazamentos e lançamentos de esgotos *in natura* no Rio Gravatá, à montante da captação de água para abastecimento da localidade.

Figura 62 – Esgoto bruto a céu aberto e em seguida sendo lançado no corpo hídrico – Engenheiro Schnoor.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.3.3.2. Comunidade de Baixa Quente

O serviço de esgotamento sanitário da comunidade de Baixa Quente atende aproximadamente 90% da população residente no local e consiste na coleta e afastamento dos esgotos domésticos, além de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) compacta.

Não foram fornecidos pelo Prestador, os dados sobre extensão da rede coletora e do interceptor, o número total de ligações prediais na rede pública de coleta, o croqui esquemático do sistema e demais informações operacionais que são imprescindíveis para uma eficiente gestão operacional do sistema.

A ETE funciona durante aproximadamente 5 horas por dia, com uma capacidade de tratamento de 1,5 l/s e é constituída por calha parshall, gradeamento, 2 (duas) caixas de areia, 2 (dois) reatores UASB e 3 (três) filtros biológicos anaeróbios, além de um leito de secagem de lodo, que é descartado a cada 3 meses em valas de aproximadamente 2,5 metros localizadas na Estação.

Dentro da ETE existe um laboratório onde são realizadas análises para verificação da eficiência do sistema e atendimento dos parâmetros dispostos pela legislação vigente. As análises são realizadas diariamente no esgoto bruto e tratado, e os parâmetros analisados são: sólidos sedimentáveis, pH, turbidez e temperatura.

O corpo hídrico receptor é o Rio Calhauzinho e o ponto de lançamento fica à jusante do ponto de captação de água para abastecimento e à montante da sede municipal de Araçuaí.

Figura 64 – Gradeamento – Tratamento Primário.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 63 – Sistema de Tratamento do Efluente.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 66 – Leito de secagem do lodo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 65 – Dois conjuntos motobombas – EEE.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Dentre as principais deficiências levantadas, pode-se citar falta de manutenção das estruturas existentes no local; a ausência de monitoramento constante da qualidade dos efluentes como por exemplo análises laboratoriais de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO); falta de cadastramento da rede existente; o descarte incorreto do lodo, resíduo gerado durante o tratamento do efluente; falta de segurança no local da ETE, facilitando a ação de vândalos;

Figura 67 – Descarte incorreto de lodo.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 68 – Cercas de proteção da ETE caídas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.3.4. 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). 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 eficiente, sistema 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:

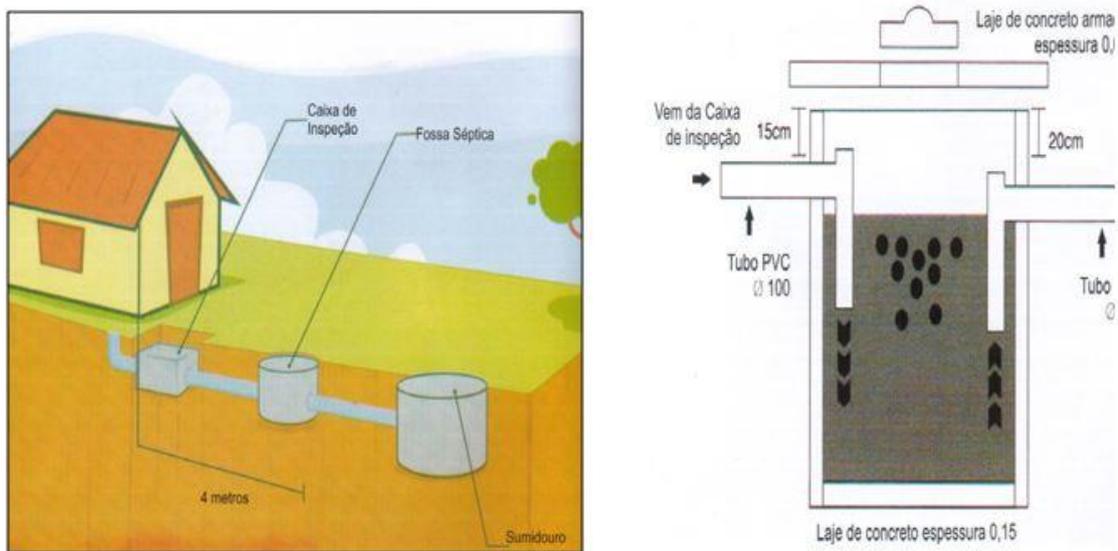
- Separação gravitacional da espuma e dos sólidos, em relação ao líquido afluyente, vindo os sólidos a se constituir em lodo;
- Digestão anaeróbia e liquefação parcial do lodo;
- Armazenamento do lodo.

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

As fossas sépticas não devem ficar muito perto das moradias (para evitar mau cheiro) nem muito longe (para evitar tubulações muito longas). A distância recomendada é de 4 metros.

Elas devem ser construídas do lado do banheiro, para evitar curvas nas canalizações. Também devem ficar num nível mais baixo do terreno e longe de poços ou de qualquer outra fonte de captação de água (no mínimo 30 metros de distância), para evitar contaminações, no caso de um eventual vazamento. Abaixo segue as imagens do sistema de Fossas Sépticas.

Figura 69 - Sistema Individual de Tratamento – Fossas Sépticas.



Fonte: CAESB, 2019.

As valas de infiltração e os filtros apresentam o mesmo princípio no tratamento dos efluentes. 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 70 – Sistema de tratamento individual – Valas de Infiltração.



Fonte: CAESB, 2019.

O sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a penetração do efluente da fossa séptica no solo. O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas não devem ter menos de 1m de diâmetro e mais de 3m de profundidade, para simplificar a construção.

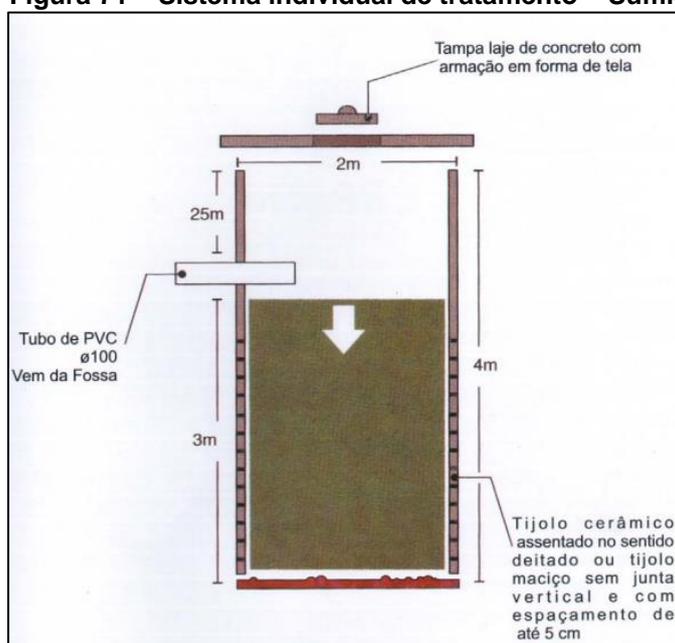
Os sumidouros podem ser construídos de tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto. A construção de um sumidouro começa pela escavação de buraco, a cerca de 3 m da fossa séptica e um nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade. A profundidade do buraco deve ser de 70 cm maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do sumidouro, 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 71 – Sistema individual de tratamento – Sumidouro.



Fonte: CAESB, 2019. Modificado por Líder Engenharia, 2020.

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 72 – Estação Compacta de Tratamento de Esgotos Sanitários.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de cidades, 2020.

Assim, a construção de programas que incentivem as comunidades rurais de Araçuaí 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.

No município de Araçuaí, de acordo com informações levantadas, grande parte da população residente na área rural faz uso de sistemas individuais (fossas sépticas) ou não dispõem de nenhum meio de tratamento, o que pode comprometer a integridade do meio.

As comunidades localizadas na área rural possuem entre si como semelhança a inexistência de sistema coletivo de esgotamento sanitário, com exceção de Baixa Quente e Distrito de Engenheiro Schnoor, como citado acima.

Outras tecnologias que podem ser uma alternativa no tratamento de esgotos de comunidades isoladas como ocorre em Araçuaí serão apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 43 – Tecnologias de tratamento de esgoto em comunidades isoladas.

Tecnologias para o tratamento de esgoto em comunidades isoladas		
Tecnologia	Considerações	Definição
Fossa Seca	Unidade de tratamento de dejetos humanos que não utiliza água para descarga; Alternativa de tratamento simplificado para locais com escassez hídrica ou sem atendimento da rede pública de abastecimento de água.	Consiste em um buraco escavado no solo, sobre o qual é construído um piso e uma "casinha" que, além de proteger a fossa, aumenta o conforto para o usuário.
Banheiro Seco Compostável	Unidade de tratamento de dejetos humanos que não utiliza água para descarga; Alternativa de tratamento simplificado para locais com escassez hídrica ou sem atendimento da rede pública de abastecimento de água. Também pode ser utilizado pelo seu apelo ecológico.	Consiste no confinamento dos dejetos em uma câmara impermeabilizada localizada abaixo do acento de evacuação. Além das fezes, adiciona-se serragem a cada uso do banheiro, proporcionando condições para a compostagem do material.
Sistemas Alagados Construídos (SAC)	Unidade de tratamento para águas cinzas ou para esgoto doméstico previamente tratado.	Os sistemas alagados construídos (SAC), também conhecidos como zona de raízes ou wetlands, 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.

Fonte: Tratamento de Esgotos Domésticos em Comunidades Isoladas, 2018.

Vale ressaltar que os métodos apresentados se mostram como uma alternativa eficiente, levando em consideração a realidade do município, marcada pela escassez hídrica e falta de atendimento com rede pública de abastecimento de água. Além disso, como na área rural há uma quantidade significativa de produtores rurais, existem métodos em que o subproduto da decomposição da matéria orgânica é adubo, podendo ser utilizado no solo como fonte de nutrientes.

Em geral, os sistemas individuais existentes nas comunidades isoladas possuem as mesmas características.

- Comunidade de Alfredo Graça: Existe uma Estação de Tratamento de Esgoto, contudo, encontra-se desativada e, portanto, a população acaba utilizando fossas sépticas ou não dispõem de nenhum tipo de tratamento, o que compromete o meio e saúde da população. Por esta incoerência infraestrutural, o Rio Gravatá detém alto índice de coliformes

fecais, de modo que a água se torna imprópria para consumo. O Rio Gravatá é de grande relevância para as comunidades que estão em seu entorno, pois suas águas estão envolvidas em todas as atividades domésticas e produtivas das suas populações.

- Comunidade de Igrejinha: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto gerado é encaminhado para fossas sépticas. As águas cinzas são dispostas no solo sem nenhum controle, escoando das residências para cotas mais baixas. Em algumas residências é comum a canalização dessas águas para utilização na agricultura.
- Comunidade de Neves: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário. Algumas casas possuem fossas sépticas, sendo que as demais lançam os esgotos gerados diretamente no Córrego Calhauzinho, que é responsável pelo abastecimento de comunidades localizadas à jusante de onde ocorre os lançamentos do esgoto *in natura*.
- Comunidade de Piabanha: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto gerado é encaminhado para fossas sépticas. As águas cinzas são dispostas no solo sem nenhum controle, escoando das residências para cotas mais baixas. Em algumas residências é comum a canalização dessas águas para utilização na agricultura.
- Comunidade de Martins: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma a população adota soluções individuais como fossas sépticas ou então não dispõem de nenhum tipo de tratamento para o esgoto gerado, o que compromete o meio e saúde da população.
- Comunidade de José Gonçalves: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma a população adota soluções

individuais como fossas secas ou então não dispõem de nenhum tipo de tratamento para o esgoto gerado, o que compromete o meio e saúde da população.

- Comunidade de Malhada Preta: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma a população adota soluções individuais como fossas secas ou então não dispõem de nenhum tipo de tratamento para o esgoto gerado, o que compromete o meio e saúde da população.
- Comunidade de Cruzinha: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma a população adota soluções individuais como fossas secas ou então não dispõem de nenhum tipo de tratamento para o esgoto gerado, o que compromete o meio e saúde da população.
- Comunidade de Olinto Ramalho: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto gerado é encaminhado para fossas sépticas. As águas cinzas são dispostas no solo sem nenhum controle, escoando das residências para cotas mais baixas. Em algumas residências é comum a canalização dessas águas para utilização na agricultura.
- Comunidade de Tesouras: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto gerado é encaminhado para fossas sépticas. As águas cinzas são dispostas no solo sem nenhum controle, escoando das residências para cotas mais baixas. Em algumas residências é comum a canalização dessas águas para utilização na agricultura.
- Comunidade Córrego da Velha: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto gerado é encaminhado para fossas sépticas. As águas cinzas são dispostas no solo sem nenhum controle, escoando das residências para cotas mais baixas. Em

algumas residências é comum a canalização dessas águas para utilização na agricultura.

- Comunidade São João do Setúbal: Não existe sistema coletivo de esgotamento sanitário e dessa forma o esgoto gerado é encaminhado para fossas sépticas, quando existem. Segundo os moradores do local a implantação e utilização de fossas sépticas é recente e dessa forma nem todos possuem esse tipo de tecnologia.

Figura 73 – Fossa Séptica em Olinto Ramalho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 75 – Fossa Séptica enterrada e coberta com jardim – Piabanha.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 74 – Fossa Séptica na Comunidade de Martins.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.3.5. Principais Deficiências Levantadas no Sistema de Esgotamento Sanitário

De acordo com os dados abordados no presente diagnóstico do município de Araçuaí, foi possível observar que os principais problemas encontrados referentes ao Sistema de Esgotamento Sanitário tanto na área urbana quanto nas comunidades isoladas localizadas na área rural foram:

- Não cumprimento do contrato de prestação de serviço de esgotamento sanitário firmado entre a Prefeitura Municipal de Araçuaí e a COPANOR, atendendo apenas duas localidades com sistema coletivo;
- Loteamentos construídos de forma irregular como por exemplo o Bairro São Francisco, localizado na área urbana de Araçuaí, que não possui ligação na rede coletiva de esgoto e, dessa forma, corre a céu aberto prejudicando o meio e a saúde da população;
- O Distrito de Engenheiro Schnoor possui apenas coleta e afastamento de esgoto, não possui tratamento do efluente e o lançamento do esgoto bruto é realizado diretamente no corpo hídrico denominado Rio Gravatá;
- Falta de manutenção das estruturas existentes na Estação de Tratamento de Esgoto da comunidade de Baixa Quente;
- Descarte incorreto do lodo gerado durante o processo de tratamento do esgoto na comunidade de Baixa Quente;
- Inexistência de sistema coletivo de esgotamento sanitário em locais que possuem quantidade significativa de pessoas;
- A falta de técnicos responsáveis pela manutenção dos sistemas localizados na área rural;

O Sistema de Esgotamento Sanitário de Araçuaí não abrange toda área urbana sendo que a principal deficiência encontrada nesse sentido é a falta de investimento para ampliação e melhoramento do sistema existente, evitando

problemas com estruturas antigas, vazamentos, doenças de veiculação hídrica, entre outros fatores que são de suma importância para a saúde pública.

Serão abordadas medidas mitigatórias para cada deficiência levantada no Sistema na próxima etapa, denominada de Prognóstico.

5.4. Diagnóstico dos Serviços de Gestão dos Resíduos Sólidos e de Limpeza Pública

Neste capítulo serão apresentadas e discutidas as características dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Araçuaí – MG e suas devidas classes de acordo com a PNRS N° 12.305/ 2010, assim como a sua destinação final. Serão também apresentadas informações referentes a situação atual da gestão municipal dos resíduos, relacionando a nível nacional e estadual.

O município de Araçuaí – MG, situa-se na região sudeste do país, sendo esta a região mais populosa do Brasil, e conseqüentemente a que mais produz resíduos sólidos e a que mais coleta.

Os 1.668 municípios do Sudeste geraram 108.063 toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por dia em 2018, das quais 98,1% foram coletadas. Dos resíduos coletados na região, 27% tiveram como destinação os aterros controlados e lixões.

Em média, os municípios do Sudeste aplicaram R\$ 13,03 mensais por habitante em coleta de RSU e outros serviços de limpeza urbana. É a única região do Brasil em que esse valor fica acima dos R\$ 10. O mercado de serviços de limpeza urbana movimentou cerca de R\$ 15 bilhões, gerando mais de 143 mil empregos.

De acordo com o panorama da Abrelpe de 2018, os dados revelam que foram gerados no Brasil 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos, um aumento de pouco menos de 1% em relação ao ano anterior, com a geração per capita de 1,039kg/hab/dia. A região sudeste do país apresentou a geração per capita de 1,232kg/hab/dia.

Ao todo, foram coletados 8.352,0 toneladas de resíduos no Município em 2018, segundo registros do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). A partir desses registros, foi possível determinar uma estimativa da geração



de resíduos per capita para o município de Araçuaí – MG. Para determinar a geração per capita de resíduos, utilizou-se do valor apontado pela média de resíduos coletados por dia, dividido pela população atual do Município, resultando assim a geração per capita em habitantes/dia. Portanto, para o Município, estima-se a geração per capita de 0,622kg/hab/dia de resíduos sólidos.

Através dos dados levantados e apresentados, observa-se um grande abismo entre as gerações de resíduos per capita do país, da região sudeste e do Município, que apresentou uma média bem inferior aos outros valores apontados.

A prefeitura do município disponibilizou os valores referentes aos resíduos gerados por dia, no ano de 2020 e, de acordo com as informações, o aterro controlado tem recebido uma média de 60 ton/dia de resíduos.

A Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano é responsável pelo manejo dos resíduos sólidos do Município, que dispõe de 2 caminhões compactadores com capacidade de 15 toneladas e 1 caminhão caçamba para a realização da coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares. A coleta de resíduos domiciliares é feita de segunda a sábado, não abrangendo todas as comunidades do perímetro municipal.

De acordo com o SNIS (2018), 20% da população é atendida com a coleta diária, 60% da população é atendida 2 ou 3 vezes por semana e 20% da população é atendida semanalmente. A população total atendida com o serviço de coleta do Município é de 29.000 habitantes, apenas 23.885 são atendidas com a coleta porta a porta. Desse total, 5.115 pessoas das comunidades rurais recebem o serviço de coleta.

O município de Araçuaí conta com uma Associação de Catadores de materiais recicláveis. As coletas são feitas nas terças-feiras, apenas em comunidades com maior geração de resíduos. Existem pontos de entrega voluntária (PEV's) e os resíduos neles coletados são destinados a associação. O caminhão caçamba é utilizado para este tipo de serviço.

Como citado no presente Plano, o Município conta com uma comunidade sede em sua área urbana, que possui a maioria dos habitantes municipais, e 78 comunidades espalhadas pela sua área rural, totalizando seus 36 mil habitantes (IBGE, 2020). Para uma melhor caracterização e entendimento do funcionamento

da gestão de resíduos sólidos do Município, o diagnóstico da situação atual será apresentado a seguir.

5.4.1. Área Urbana

Segundo informações levantadas pelos técnicos da Líder Engenharia e Gestão de Cidades, a Comunidade Sede, que se trata da área urbana do município de Araçuaí – MG, dispõe de um planejamento prévio para a coleta dos resíduos sólidos domiciliares, sendo dias alternados entre segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira e terça-feira, quinta-feira e sábado.

A coleta convencional conta com os 2 caminhões compactadores disponíveis e o caminhão caçamba, que além de auxiliar na coleta, também é utilizado em localidades que são mais distantes.

O caminhão caçamba é utilizado toda terça-feira para a coleta dos materiais recicláveis em seus pontos de entrega, os quais são encaminhados para a central de triagem municipal, que tem funcionado de forma precária.

A prefeitura dispõe de 12 funcionários para a logística da coleta de resíduos do município, os quais trabalham de segunda a sábado, das 7:00h da manhã até as 17:00h da tarde. De acordo com as pesquisas realizadas na visita *in loco*, o Município conta a geração em média de 4 caminhões compactadores e 1 caminhão caçamba cheios de resíduos por dia.

Os resíduos gerados no Município não contam com nenhum tipo de tratamento ou destinação adequado, exceto os Resíduos de Serviço de Saúde. Uma grande quantidade de material reciclável é descartado junto aos resíduos domiciliares, tanto como os resíduos orgânicos, resíduos provenientes de limpeza urbana, da construção civil e todos os outros gerados no Município.

Todos os resíduos gerados são destinados ao aterro controlado municipal, mas foi observado alguns pontos de descarte irregulares na área urbana e rural, como apontado na imagem a seguir.

Figura 76 - Disposição irregular de resíduos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O local onde se encontra o aterro controlado do Município possui 21 hectares (ha) e não possui sistema para liberação de gases, impermeabilização do solo, área de separação prévia ou transbordo, dispondo apenas de cercamento. A área em uso atual tem em torno de 16 anos de funcionamento, já estando próxima de seu encerramento.

Por se tratar de uma área com relevo muito irregular, há uma grande dificuldade para o aterramento de resíduos em dias de chuva, pois os desníveis não permitem que os caminhões cheguem até as valas com as estradas de terra escorregadias.

5.4.2. Área Rural

O município de Araçuaí – MG, conta com 78 comunidades espalhadas por sua área rural, sendo essa uma das grandes dificuldades para se adequar a uma gestão de resíduos eficiente, uma vez que a área territorial municipal é muito grande, existem comunidades localizadas a 40 km da área urbana.

A maioria das comunidades não possuem o serviço de coleta, dispondo seus resíduos em valas para posterior queima.

As quintas-feiras, o caminhão caçamba atende as comunidades rurais de Schnoor, Alfredo Graça, Baixa Quente e o distrito de Itira. Os locais que contam com o serviço de coleta possuem alguns pontos de entrega voluntária para que os

moradores levem seus resíduos. Estes pontos não são o suficiente para atender todas as localidades, desta forma, criando pontos de descartes irregulares, notados pela visita efetuada pela empresa contratada.

Algumas localidades realizam a separação dos resíduos recicláveis e o reaproveitamento dos resíduos orgânicos, mas para uso pessoal, onde são reaproveitados vidros, plásticos, papelão e os restos de alimentos, que são destinados aos animais.

Como grande parte da área rural não dispõe do sistema de coleta de resíduos, respectivamente não conta com nenhum tratamento ou destinação adequada. As comunidades visitadas possuem muitos pontos de descarte irregular, pontos com resíduos a céu aberto, valas, locais com resquícios de materiais queimados, sendo comum ter já ao fundo de suas casas, o local para efetuar a queima dos resíduos ali gerados.

A Tabela a seguir contém uma síntese do funcionamento da gestão de resíduos sólidos na área rural do Município.

Tabela 44 - Síntese do sistema de coleta de Resíduos Sólidos da área rural.

Síntese do Sistema de Coleta de Resíduos Sólidos da Área Rural de Araçuaí - MG				
Comunidade	Frequência da Coleta	Armazenamento	Materiais Recicláveis	Destinação Final
Schnoor	Semanalmente (Quinta-Feira)	Pontos de Entrega Voluntários	Não há reaproveitamento	Aterro controlado e pontos de descartes irregulares
Alfredo Graça	Semanalmente (Quinta-Feira)	Pontos de Entrega Voluntários	Não há reaproveitamento	Aterro controlado e pontos de descartes irregulares
Baixa Quente	Semanalmente (Quinta-Feira)	Pontos de Entrega voluntários	Alguns moradores separam esses resíduos por conta própria	Aterro controlado e pontos de descartes irregulares
Itira	Semanalmente (Quinta-Feira)	Pontos de Entrega Voluntários	Alguns moradores separam esses resíduos por conta própria	Aterro controlado e pontos de descartes irregulares
Malhada Preta	Não há coleta	Valas	Alguns moradores separam esses resíduos por conta própria	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Piabanha	Não há coleta	Valas	Alguns moradores separam esses resíduos por conta própria	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos



São João do Setúbal	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Neves	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Cruzeirinha	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Martins	Não há programação	Pontos de Entrega Voluntários e valas	Não há reaproveitamento	Aterro controlado, pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Córrego da Velha de Baixo	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Igrejinhas	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
José Gonçalves	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Olinto Ramalho	Não há coleta	Valas	Não há reaproveitamento	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos
Tesouras de Cima	Não há coleta	Valas	Alguns moradores separam esses resíduos por conta própria	Pontos de descartes irregulares e queima de resíduos

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.4.3. Crescimento Populacional e Geração Per capita de Resíduos Sólidos Urbanos

Para compreender a geração dos resíduos de um Município, deve-se primeiramente entender seu crescimento populacional ao longo dos últimos anos. O crescimento populacional influencia diretamente na geração dos resíduos sólidos, de forma que um aumento desordenado afeta todo planejamento estabelecido.

Para determinar a geração per capita de resíduos, utilizou-se do valor apontado pela média de resíduos coletados por dia no município de Araçuaí - MG, dividido pela população atual do Município, resultando assim a geração per capita

em habitantes/dia. Portanto, estima-se a geração per capita de 0,622kg/hab/dia de resíduos sólidos.

A tabela a seguir ilustra o cenário para os próximos anos levando em consideração o crescimento populacional, norteando quanto ao gerenciamento dos resíduos que serão gerados no município. Desse modo, é possível estabelecer o planejamento com antecedência a respeito do ciclo dos resíduos: geração, acondicionamento, coleta, tratamento e destinação final.

Tabela 45 – Estimativa de geração de resíduos total da população municipal de Araçuaí – MG para um horizonte de 20 anos.

Ano	População	Geração de Resíduos (kg/hab.dia)
2020	36.942	22.978
2021	37.035	23.036
2022	37.127	23.093
2023	37.220	23.151
2024	37.313	23.209
2025	37.406	23.267
2026	37.499	23.324
2027	37.591	23.382
2028	37.685	23.440
2029	37.777	23.497
2030	37.870	23.555
2031	37.964	23.614
2032	38.056	23.671
2033	38.149	23.729
2034	38.241	23.786
2035	38.335	23.844
2036	38.428	23.902
2037	38.520	23.959
2038	38.613	24.017
2039	38.706	24.075
2040	38.799	24.133

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.4.4. Classificação dos Resíduos

A 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 (PNRS N° 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/química. A classificação dos resíduos é necessária para a obtenção de informações, sobre seus potenciais riscos ambientais e de saúde pública (PNRS N°12.305/ 2010).

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 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 à Classe II (NBR 10004), considerados Não-Perigosos, 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. Os Inertes, ao serem dissolvidos,



apresentam concentrações abaixo dos padrões de potabilidade, quando exposto a testes de solubilidade em água destilada, excetuando-se aqui, aspectos como cor, turbidez e sabor.

A classificação dos resíduos ocorre da seguinte forma:

- **Domiciliar:** é aquele originário na vida diária das residências, na própria vivência das pessoas. O lixo domiciliar pode conter qualquer material descartado, de natureza química ou biológica, que possa colocar em risco a saúde da população e o ambiente. Dentre os vários tipos de resíduos, os domiciliares representam sério problema, tanto pela sua quantidade gerada diariamente, quanto pelo crescimento urbano desordenado e acelerado. Ele é constituído, principalmente, de restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens;

- **Comercial:** é oriundo dos estabelecimentos comerciais, tais como, supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares e restaurantes. O lixo destes estabelecimentos tem forte componente de papel, plásticos, embalagens diversas e resíduos resultantes dos processos de higiene dos funcionários, tais como, papel toalha e papel higiênico. Os resíduos comerciais também podem ser considerados resíduos convencionais, com características domiciliares, excluindo-se os recicláveis, os de limpeza urbana e os de construção civil;

- **Público:** procedente dos serviços de limpeza pública, incluindo os resíduos de varrição de vias públicas e logradouros, podas arbóreas, feiras livres, corpos de animais, bem como da limpeza de galerias e bocas-de-lobo, córregos e terrenos;

- **Serviços de Saúde:** resíduo séptico, que contém ou pode conter germes patogênicos, oriundos de hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias e postos de saúde. Composto por agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos ou tecidos removidos, meios de culturas e animais utilizados em testes científicos, sangue coagulado e remédios com prazo de validade vencido;

- **Portos, Aeroportos e Terminais Rodoviários e Ferroviários:** resíduo que, potencialmente, pode conter germes patogênicos originários de outras localidades (cidades, estados, países) e que são trazidos a este, por meio de

materiais utilizados na higiene ou misturados aos restos de alimentos, passíveis de provocar doenças. O resíduo asséptico destes locais, neste caso, também, é semelhante ao resíduo domiciliar, desde que coletado separadamente e não entre em contato direto com o resíduo séptico;

- Industrial: originário de diversos segmentos industriais (indústria química, metalúrgica, de papel e alimentícia). Este tipo de resíduo pode ser composto por diversas substâncias, tais como cinzas, lodo, óleos, ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas e tóxicos. É nesta classificação, segundo a origem, que se enquadra a maioria dos resíduos Classe I - perigosos (NBR 10004). Normalmente, representam risco ambiental;

- Agropecuário: gerado nas atividades agropecuárias, como embalagens de adubos, defensivos e rações. Tal resíduo recebe destaque, pela grande quantidade em que é gerado, destacando-se, o enorme volume de esterco animal produzido nas fazendas de pecuária extensiva;

- Entulho: é o resíduo da construção civil, resultado de demolições, restos de obras e de solos de escavações. Geralmente, material inerte, passível de reaproveitamento, mas que, eventualmente, pode apresentar resquícios de toxicidade, em restos de tintas e solventes, peças de amianto e outros metais.

Com base na visita técnica realizada pelos Profissionais da Empresa Líder Engenharia, seguido da entrevista realizada com moradores e equipe técnica do município de Araçuaí - MG, constatou-se a geração de resíduos sólidos domiciliares, comerciais, públicos, resíduos provenientes do serviço de saúde e de entulhos.

5.4.5. Limpeza Pública

A limpeza pública é caracterizada pela composição dos serviços de varrição, capina, roçagem, poda e 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 nova Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Tabela 46 – Definição e tipos de serviços que caracterizam a limpeza pública.

SERVIÇO	DEFINIÇÃO	FORMAS DE EXECUÇÃO
Varição	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 poderos	Geralmente executada de forma mecânica, com o auxílio de motosserras
Fundo de quintal	São entulhos provenientes de limpeza doméstica e de quintal, como móveis velhos ou quebrados, galhos, troncos, raízes de árvores, grama	Este tipo de limpeza comumente é realizado de forma manual e mecânica, para resíduos menos pesados utiliza-se pás e, para resíduos mais pesados utiliza-se tratores ou caminhões munk.
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, 2020.

A prefeitura de Araçuaí – MG, dispõe de equipes de varrição, capina e roçagem, mas não conta com um cronograma estruturado para a efetividade desses serviços, sendo feito conforme a necessidade de demanda, e geralmente

concentrado na área urbana do município. Esporadicamente são feitos mutirões de limpezas nos bairros, pela própria população. Os funcionários que trabalham com este serviço, cumprem o horário de segunda-feira a sexta-feira, das 7:00h da manhã as 17:00h da tarde.

Os resíduos deste serviço são ensacados e o caminhão de coleta disponibilizado pela prefeitura é responsável pelo recolhimento, tendo como sua destinação final o aterro controlado municipal.

A geração desses resíduos é compatível com o nível de educação ambiental da população local. Sabe-se que na grande parte dos municípios, para obter a cobertura total deste serviço, deve-se contar com a participação da população local, através de programas de sensibilização e conscientização, para a população aderir a práticas mais sustentáveis, como por exemplo a compostagem, na qual ocorre a transformação da matéria orgânica (resíduos domésticos) em um material rico em minerais e nutrientes, o chamado húmus ou “composto”. Este material pode ser utilizado como fertilizante no solo em uma produção agrícola ou na área de jardinagem (EJEQ UFPR, 2019).

Abaixo segue uma tabela com as principais vantagens e desvantagens das formas de varrição mecanizada e manual.

Tabela 47 – Avaliação dos tipos de varrição.

Avaliação do Serviço de Varrição		
Tipos	Vantagens	Desvantagens
Varrição Mecanizada	Maior capacidade de área de limpeza e rapidez	Custo alto e indicado para trabalhar em ruas sem buracos ou ondulações
Varrição Manual	Baixo custo e mais eficiente	Área de abrangência limitada

Fonte: Associação Brasileira de Limpeza Pública, 2017.

5.4.6. Inventário de Resíduos Gerados no Município

5.4.6.1. Resíduos Domiciliares

A coleta de resíduos domiciliares se concentra na área urbana do município de Araçuaí – MG, que possui um planejamento prévio, sendo realizada em dias alternados.

A coleta convencional na área urbana é realizada de porta-a-porta, contando com os 2 caminhões compactadores disponíveis e o caminhão caçamba, que além de auxiliar na coleta, também é utilizado em localidades que são mais distantes. A maioria das localidades fora da Sede, não são atendidas com a coleta de resíduos domiciliares.

Figura 77 - Caminhões compactadores utilizados para a coleta domiciliar.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A prefeitura dispõe de 12 funcionários para a logística da coleta de resíduos do município, onde trabalham de segunda a sábado, das 7:00h da manhã até as 17:00h da tarde. De acordo com as pesquisas realizadas pela visita *in loco*, o Município conta a geração em média de 4 caminhões compactadores e 1 caminhão caçamba cheios de resíduos por dia.

Os moradores da Comunidade Sede não apresentaram muitas queixas a respeito do sistema de coleta, mencionando a possível necessidade da obtenção de mais um caminhão compactador. O grande problema da coleta dos resíduos domiciliares consiste nas localidades afastadas, que se encontram na área rural municipal.

5.4.6.2. Coleta Seletiva

Para o Ministério do Meio Ambiente, 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 (lixo) mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental quanto social: ela reduz o consumo de recursos naturais, poupa energia e água, diminui o volume de lixo e dá emprego a milhares de pessoas.

Segundo o SNIS (2012), 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 no país cerca de doze bilhões por ano. Porém, o país 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 (2013), as latas de alumínio utilizadas para o envasem de bebidas alcança o índice de 260 mil toneladas recicladas; ou seja, um índice de 97,9%. Atualmente os materiais

reciclados e comercializados são: papel, papelão, plástico tipo PET, plástico tipo PEBD, plástico PEAD e alumínio.

O município de Araçuaí – MG conta com uma Associação de Catadores dos materiais recicláveis, possuindo um espaço alugado pela prefeitura, que funciona como usina de triagem a 2 anos.

Além da falta de estrutura, um dos grandes déficits da Associação de Catadores, é que ela abrange apenas a Comunidade Sede do Município, não atendendo nenhuma das localidades rurais.

Figura 78 - Materias dispostos sem organização.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A Associação possuía em torno de 30 membros, mas devido a falta de organização e estrutura, atualmente conta com apenas 5 colaboradores. Não há muitos funcionários, devido a falta de organização e divulgação, fazendo com que a população não tenha interesse no trabalho.

Os grandes compradores da Associação são as empresas Comércio de Resíduos Bandeirante Ltda (CRB) e a Cargo, onde a CRB compra alumínio e ferro, e a Cargo compra papelão, plástico e vidro. São empresas de Belo Horizonte, sendo a própria associação responsável pelo transporte, incluindo seus custos.

A prefeitura utiliza o caminhão caçamba para efetuar a coleta dos recicláveis nas terças-feiras das 7:00h as 11:00h da manhã, dos comércios e pontos de entregas já pré definidos, realizando a entrega na usina de triagem.

Figura 79 - Ponto de entrega voluntária para material reciclável.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A Associação e a Central de triagem necessitam de uma reestruturação e auxílio da prefeitura, pois vem funcionando de forma precária, gerando mais custos do que lucros, não sendo viável sua continuidade. O principal objetivo de uma Associação de Catadores é a geração de empregos e renda em um município, sendo de grande importância a organização da usina de triagem já existente em Araçuaí – MG.

A seguir, imagens coletadas pela equipe técnica da empresa contratada, para posterior diagnóstico da situação atual das instalações da usina de triagem de recicláveis do Município.

Figura 80 - Usina de triagem dos recicláveis.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 81 – Usina de triagem dos recicláveis.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

5.4.6.3. Compostagem

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a compostagem pode ser definida como a "reciclagem dos resíduos orgânicos": É uma técnica que permite a transformação do resíduo em adubo. É um processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico, tendo como produto final um composto orgânico rico em nutrientes.

A compostagem é uma forma de recuperar os nutrientes dos resíduos orgânicos e levá-los de volta ao ciclo natural, enriquecendo o solo para agricultura ou jardinagem. Além disso, é uma maneira de reduzir o volume de lixo produzido pela sociedade, destinando corretamente um resíduo que se acumularia nos lixões e aterros gerando mau-cheiro e a liberação de gás metano (gás de efeito estufa 23 vezes mais destrutivo que o gás carbônico) e chorume (líquido que contamina o solo e as águas).

Há várias experiências internacionais de recolhimento de resíduos orgânicos para compostagem, com a distribuição gratuita do adubo resultante do processo à população local. Dessa maneira, fica claro para a sociedade que aquele resíduo tem valor, pois retorna aos cidadãos como um benefício que os economiza o dinheiro que empregariam na compra de fertilizantes industrializados.

No município de Araçuaí, não foi verificada a existência de programas de compostagem, sendo que a própria população da área rural já utiliza o resíduo como adubo orgânico.



Salienta-se que a reutilização destes resíduos é de suma importância para a redução de resíduos produzidos diariamente e também é uma alternativa sustentável que retorna os nutrientes para o solo novamente.

5.4.6.4. Resíduos de 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 etc.

Muitos Municípios não possuem o conhecimento que tais resíduos precisam seguir uma forma de descarte adequada, sendo descartados com os demais resíduos gerados nos centros urbanos.

A cidade de Araçuaí – MG conta com duas empresas privadas que realizam a coleta desses resíduos no município, sem ligação com a prefeitura. Essas empresas são a Ednezer e a M.A., trabalhando com o aluguel de caçambas e destinação dos Resíduos Provenientes das Construções Civis.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA n.º 307/2002) é o instrumento legal determinante no quesito dos resíduos da construção civil. Esta define quem são os geradores, quais são os tipos de resíduos e as ações a serem tomadas quanto à geração e destinação destes.

Os resíduos, conforme a referida resolução, são classificados de acordo com a resolução CONAMA nº307/ 2002, em:

Os resíduos 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/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

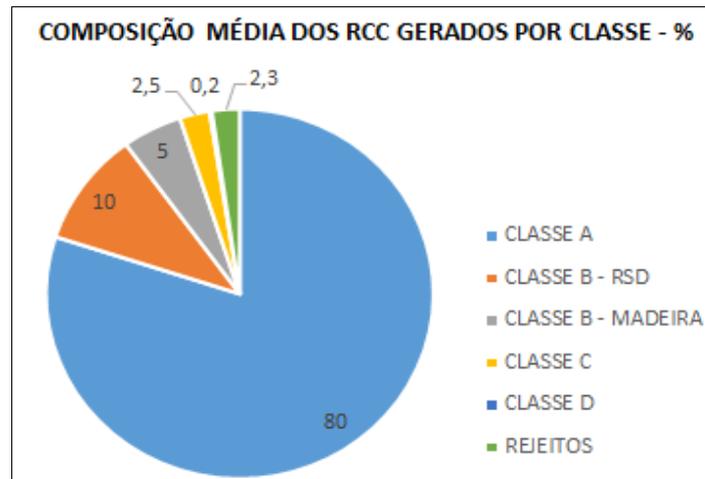
Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

É fruto desta resolução (CONAMA nº307/ 2002) também a obrigação 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 NBR 15.112 a 15.116, que estabelecem as diretrizes técnicas desde a construção até a implementação e operação de áreas de transbordo e triagem, reciclagem e reutilização de agregados.

A Figura abaixo mostra a composição média dos resíduos da construção civil.

Figura 82 – Materiais presentes nos resíduos da construção civil.



Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades, 2012.

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 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, entre elas a contaminação do solo e da água, afetando todo o ecossistema existente no local.

A empresa Ednezer dispõe de 26 caçambas para aluguéis, que são usadas em torno de 2 por dia, somando ao final do mês uma média de 45 caçambas/mês;

Os resíduos recolhidos pela empresa são dispostos em um espaço próprio e particular, sendo aterrados de forma precária, não realizando nenhum reaproveitamento dos mesmos. A empresa só atende locações privadas, não realizando serviços para a prefeitura.

Figura 83 – Empresa de RCC Ednezer.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A empresa M.A. realiza o mesmo tipo de serviço, tendo como diferencial o “Disk Entulho”, onde buscam os resíduos nos locais solicitados, depositando-os em um loteamento com muitos buracos, realizando o aterramento desses entulhos coletados. O aluguel da caçamba tem o custo de R\$ 80,00. A empresa possui 30 caçambas, estando no mercado já em torno de 6 anos, mas não dispõe de uma área de destinação final adequada, sendo usado um loteamento para o descarte final desses Resíduos de Construção Civil.

Quando solicitado pelo DER (Departamento de Estradas de Rodagem), os resíduos de RCC algumas vezes são reaproveitados para reparo e contenção de erosões nas estradas ao redor do município, sendo esta a única forma de reaproveitamento.

Figura 84 – Caçambas da empresa M.A. RCC.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



Apesar dos esforços, como citado anteriormente, ambas não operam de forma legalizadas, necessitando desta adequação, obtendo suas devidas licenças de operação e regularizando a situação da disposição final desses resíduos, como também implantar políticas de educação ambiental e reaproveitamento desses resíduos, principalmente para as estradas de acesso as localidades que se encontram na área rural do município.

Uma vez que o município já conta com empresas no segmento dos Resíduos de Construção Civil, deve-se realizar a regulamentação das mesmas, para poderem darem segmento de suas operações da forma correta.

5.4.6.5. Resíduos do Serviço de Saúde

Os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) são aqueles oriundos 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 (ANVISA, 2006). Segundo o art. 13 da PNRS (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 de 19/09/1991, 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 N° 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.

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 (ANVISA, 2006).

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, 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 (MMA, 2011).

Tabela 48 - Tipos de RSS gerados em Araçuaí – MG.

Tipos de RSS gerados em Araçuaí - MG	
Classe A	Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção.
Classe B	Resíduos Químicos
Classe E	Materiais Perfurocortantes

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

De acordo com os dados levantados pela Sequirp Tratamento de Resíduos MG Ltda (2019), o município de Araçuaí apresenta a geração dos resíduos das classes A, B e E.

A Tabela a seguir, consta a geração mensal de Resíduos de Serviços de Saúde do ano de 2019 do município, com suas respectivas classes.

Tabela 49 – Quantidade de RSS gerado em 2019.

Mês	Tipo de Resíduo por Classe	Quantidade (Kg)
Janeiro	Classe A	87,00
	Classe E	45,00
Fevereiro	Classe A	61,00
	Classe B	11,00
	Classe E	33,00
Março	Classe A	63,00
	Classe B	8,00
	Classe E	12,00
Abril	Classe A	105,00



	Classe B	29,60
	Classe E	19,00
Maio	Classe A	89,00
	Classe B	17,00
	Classe E	58,00
Junho	Classe A	112,00
	Classe E	28,00
Julho	Classe A	105,00
	Classe E	48,00
Agosto	Classe A	140,00
	Classe E	62,00
Setembro	Classe A	95,00
	Classe B	14,00
	Classe E	19,00
Outubro	Classe A	172,00
	Classe E	45,00
Novembro	Classe A	85,00
	Classe E	20,00
Dezembro	Classe A	115,00
	Classe B	57,00
	Classe E	22,00
TOTAL DE RSS ANUAL 2019		1.776,60

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Ao todo, 1.776,60 Kg/ano de Resíduos de Serviço de Saúde foram gerados no município de Araçuaí em 2019, sendo destinados ao tratamento adequado, realizado pela empresa contratada Sequirp.

Segundo a ABRELPE (2017), 4.518 municípios prestaram os serviços de coleta no país, tratamento e disposição final de 256.941 toneladas de RSS, o equivalente a 1,2kg por habitante/ano. O dado atual representa uma diminuição na geração de 0,04% em relação ao total gerado em 2016, e queda de 0,8% no índice per capita.

A Vigilância Sanitária é responsável pela maior parte da gestão dos Resíduos de Serviço de Saúde do Município, abrangendo todas as unidades básicas de saúde, através de um veículo com carroceria, onde cada unidade básica de saúde dispõe as bombonas e caixas corretas para descarte e, quando possível,

realiza a coleta em algumas localidades da área rural, sem programação. O hospital municipal possui uma gestão própria para os Resíduos de Serviço de Saúde.

Figura 85 – Armazenamento RSS do hospital municipal.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Cada unidade básica de saúde possui seu espaço próprio de armazenamento, pois as coletas são feitas semanalmente ou quando solicitadas, sendo coletados os resíduos perfurocortantes e os infectantes.

Figura 86 – Armazenamento de RSS em unidade de saúde.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020



Esses resíduos coletados pela vigilância sanitária são descartados na policlínica municipal, que dispõe de espaço próprio para acondicionamento.

A Sequirp Tratamento de Resíduos MG Ltda, é a empresa contratada através do Consórcio Intermunicipal de Saúde da Microrregião do Médio Jequitinhonha (CISMEJE), sendo licenciada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), realiza toda a coleta desses resíduos na policlínica municipal, também atendendo os hospitais e clínicas particulares do município.

A empresa é especializada em coletar, transportar, tratar e dar destinação final correta aos resíduos sólidos gerados pelas atividades produtivas, e dispõe das certificações ISO 9001 e ISO14001. Para manter as certificações em vigor e estar sempre em dia com o cumprimento das legislações, as unidades de tratamento da Serquip-MG operam com equipamentos de alta tecnologia que são considerados a melhor alternativa para tratar os resíduos sólidos.

A coleta de resíduos industriais e hospitalares realizada pela empresa, está de acordo com as normas de segurança estabelecidas pelas legislações vigentes. Os coletores fazem uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) exigidos para a realização deste trabalho e recebem treinamento diário. Os veículos de coleta são estanqueados e licenciados, conduzidos por motoristas treinados e certificados pelo MOPP. A empresa conta com o monitoramento de frota, que rastreia a carga desde a saída do cliente até sua destinação final.

O tratamento destes resíduos é feito através da incineração e autoclavagem, sendo a termodestruição capaz de reduzir os resíduos em até 95% do seu volume.

A autoclavagem é o método mais utilizado por instituições de saúde, pois assegura a completa destruição de patógenos. Nesse processo, a alta temperatura e pressão são capazes de reduzir em até 40% do seu volume.

O incinerador da empresa foi fabricado com tecnologia inglesa, construído de acordo com as normas internacionalmente reconhecidas como a British Standard da Grã Bretanha e a E.P.A. Americana.

Os restos residuais gerados pela empresa e os resíduos autoclavados são transportados para aterros sanitários licenciados.

As unidades privadas que geram Resíduos de Serviço de Saúde, como estúdios de tatuagem e salões de cabeleiros, necessitam de alvará para funcionamento, sendo de responsabilidade dos donos dos estabelecimentos a destinação dos



resíduos gerados de forma correta, para que só assim, mediante o contrato de serviço, o alvará seja emitido.

5.4.6.6. Resíduos Industriais

O Artigo 20 da PNRS (Nº12.305/2010), estabelece os estabelecimentos que estão sujeitos a 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.

A área em que se encontra inserido o Município de Araçuaí, é rica em minério de Espodumênio, atraindo grandes indústrias de mineração, de proporções mundiais.

No Brasil, a produção industrial de compostos de lítio é obtida diretamente do mineral espodumênio, que é um aluminossilicato ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) com teor de 1 a 1,5% em Li_2O . A etapa inicial do processamento dos minerais de lítio para produção de carbonato e hidróxido lítio consiste na concentração do espodumênio por meio denso, obtendo-se assim um concentrado com teores em torno de 5,5% em Li_2O (BRAGA; SAMPAIO, 2008).

Considerado o petróleo do futuro, o lítio é utilizado na produção de baterias de carros e ônibus elétricos, além de baterias para telefones celulares e tablets. O mineral encontrado no Vale do Jequitinhonha seria suficiente para abastecer o todo o Brasil. No entanto, o país não conta com uma rede de tecnologia ou interessados em investir nos produtos movidos a baterias elétricas.

O município de Araçuaí conta com 3 Empreendimentos licenciados (classe 3 a 6) - A - Atividades Minerárias e 1 Empreendimento licenciado (classe 3 a 6) - D - Atividades Industriais/Indústria Alimentícia

A Companhia Brasileira de Lítio (CBL) é uma empresa 100% nacional, pioneira na lavra subterrânea de pegmatito litinífero e no beneficiamento do Espodumênio, mineral esverdeado do qual é retirado o Lítio.

A CBL opera sua mina subterrânea chamada Mina da Cachoeira, no baixo vale do Rio Piauí, afluente do Jequitinhonha a leste da cidade de Araçuaí, onde é extraído o Pegmatito Litinífero, depois beneficiado até tornar-se concentrado de



Espodumênio, utilizado para nossa própria produção de compostos de Lítio, possuindo a capacidade de 30.000 ton/ano de Concentrado de Espodumênio.

Atualmente, as galerias da Mina da Cachoeira atingem até 180m de profundidade e até 5km de extensão.

A usina de beneficiamento é alimentada pelo Pegmatito Litífero, que passa por britagem e classificação granulométrica, é processado em unidade de meio-denso, obtendo-se o concentrado de Espodumênio – produto final das operações da Mina da Cachoeira (CBL, 2020).

5.4.6.7. Resíduos de Atividades Agrossilvopastoris

A Política Nacional de Resíduos 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 nessas 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 (PNRS N° 12.305/2010).

A atividade agropecuária gera uma grande quantidade de resíduos orgânicos, esses 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 meio ambiente ou saúde humana.

Na atividade agrícola a produção de resíduos está mais associada ao acúmulo de embalagens de fertilizantes, agrotóxicos e maquinários de implementação. Vale ressaltar que para este tipo de resíduos (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.

O material residual caracterizando como inorgânico inclui as embalagens de agrotóxicos, embalagens de fertilizantes, insumos farmacêuticos veterinários e os resíduos sólidos domésticos da área rural.



A Lei Federal 9.974/2000, conhecida como Lei do Agrotóxico, disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos determinando responsabilidades para o agricultor, o revendedor e para o fabricante.

O Município de Araçuaí, não possui um controle sobre a compra e descarte desses resíduos gerados na comunidade Sede. Os resíduos gerados nas comunidades rurais frequentemente são queimados ou aterrados pelos próprios moradores.

É necessário a divulgação e implantação de programas de Educação Ambiental, para efetivo descarte adequado destes resíduos, uma vez que eles são prejudiciais a saúde humana.

5.4.6.8. Resíduos Sólidos na Zona Rural

Os serviços de limpeza urbana e coleta de resíduos não chegam aos aglomerados rurais, sendo estes responsáveis pelo manejo e destinação final de seus resíduos sólidos. A Lei 12.305/2010 não cita em específico sobre os resíduos rurais domésticos, relacionando o resíduo rural apenas com os resíduos agrossilvopastoris.

Segundo o IBGE (2010), a população rural de Araçuaí possui 12.820 habitantes, onde apenas 40% destes são atendidos pela coleta municipal, de forma precária, semanalmente, através de pontos de entrega voluntários.

Como existem 78 comunidades espalhadas ao longo da área rural, sendo que algumas possuem um acesso limitado pelas estradas de chão, a gestão dos resíduos torna-se uma grande dificuldade.

Tornou-se um hábito comum para os moradores destas localidades realizarem a queima de seus resíduos, pois foi a maneira encontrada para não gerar acúmulo dos mesmos, uma vez que não há conscientização da população a respeito dos malefícios provenientes desta prática.

Figura 87 – Valas para disposição de resíduos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Em todas as localidades visitadas foram avistadas valas para disposição de resíduos, locais onde são depositados antes de serem queimados. Além disso, existem muitos pontos de disposição irregulares de resíduos pela área rural do município, mesmo em comunidades atendidas pela coleta. O serviço existente não é eficiente e, mesmo os atendidos, possuem dificuldades em realizar a destinação correta de seus resíduos.

Figura 88 – Resquícios de resíduos queimados em valas.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

O manejo dos Resíduos Sólidos das comunidades rurais de Araçuaí é um grande problema para os moradores e o ambiente ao redor. Os resíduos mal descartados, acumulados em terrenos, que sofrem influencia da chuva, expostos, ou até os resíduos que são queimados, são fontes de problemas e doenças para a população da região.

A região do município possui como característica uma longa estação de seca durante o ano, onde as queimadas provenientes das queimas de resíduos agravam ainda mais a qualidade do ar para os locais. Os resíduos expostos a céu aberto, não são muito diferentes, atraindo animais e insetos, dissemidores de doenças.

A seguir, tem-se algumas imagens sobre a situação da disposição de resíduos em algumas localidades da área rural municipal.

Figura 89 – Disposição Irregular de resíduos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Figura 90 – Disposição Irregular de resíduos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.



5.4.6.9. 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 resíduo (lodo) durante o processo. A disposição final do lodo de ETA, no Brasil, é quase sempre um corpo hídrico (ANDREOLI, 2006). 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 (LIBÂNIO, 2010). Portanto, o lodo caracteriza um passivo ambiental da indústria do saneamento.

De acordo com o levantamento realizado pela equipe técnica da empresa Líder Engenharia, o município conta com uma Estação de Tratamento de Água e uma Estação de Tratamento de Esgoto em sua Comunidade Sede. As comunidades nas áreas rurais possuem um serviço precário, onde a grande parte das mesmas não possuem ETA ou ETE.

Os resíduos de saneamento (lodo) gerados pela ETE da Sede, após secos, são dispostos no aterro controlado local. Já os resíduos provenientes da ETA da Comunidade Sede, são lançados ao corpo hídrico sem qualquer tratamento. As estações instaladas nas comunidades rurais não possuem tratamento posterior, também efetuando seus lançamentos diretamente ao corpo hídrico local.

Figura 91 – Lodo da ETE em processo de secagem.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Além da geração de lodo, a ETE também apresenta os resíduos coletados pelo gradeamento da Estação, sendo estes, os resíduos que entram junto com a água para o tratamento do esgoto sanitário.

Figura 92 - Resíduos vindos do gradeamento da ETE.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Dentro deste cenário, ressalta-se a responsabilidade dos prestadores de serviço, sejam estas as companhias estaduais ou mesmo os serviços de autarquias municipais, em providenciar o devido tratamento e destinação dos lodos gerados no processo de prestação nos serviços de saneamento básico.

Como opção de destinação final adequada, tem-se a disposição em aterro sanitário, que tem alto custo. Outra opção é utilizar o potencial de aproveitamento do lodo, inserindo-o como matéria-prima no processo produtivo de alguns materiais,

como cerâmica e cimento (DI BERNARDO e PAZ, 2008). Além do benefício financeiro devido a melhora na eficiência energética do tratamento, a reciclagem do lodo traria também benefício ambiental ao processo.

5.4.6.10. Animais Mortos

A administração não possui centro de zoonoses para dar uma solução para esse tipo de resíduo, fazendo com que o responsável pelo animal morto se encarregue quanto a destinação final do animal. Geralmente o responsável faz o enterro em algum local afastado da cidade ou o joga em um manancial, isso no caso de animais domésticos e/ou estimação (cães e gatos). Esse descarte em lugares irregulares acarreta em diversos problemas, como contaminação da água e solo.

Na zona rural quando há morte de um animal de grande porte como bovinos ou equinos, estes ficam expostos sofrendo o processo de decomposição e servindo de alimento para animais necrófagos (urubus) conforme observado na visita técnica, apenas em casos mais extremos é que há processo de enterro desses animais realizado pelo proprietário.

5.4.6.11. Resíduos com Logística Reversa Obrigatória

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, por exemplo, as pilhas e baterias, equipamentos eletrônicos, as lâmpadas fluorescentes, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens e as embalagens de agrotóxico.

O Artigo 33 da Lei Federal nº12.305/2010 – 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, competem, 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.

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.

5.4.6.11.1. Resíduos Eletrônicos

Ao longo do tempo, os resíduos sólidos urbanos vêm mudando suas características devido às inovações tecnológicas. Como exemplo, equipamentos elétricos e eletrônicos. 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 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 celular e fixo, televisores, computadores, rádios, máquinas de lavar roupa, geladeiras e freezer estimado 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.



A empresa L.V. atua em Araçuaí na área do reaproveitamento de resíduos eletrônicos, fazendo campanha de logística reversa de pilhas e baterias, para coleta dos mesmos. Não há informações sobre a legalidade da empresa, nos quesitos das permissões necessárias para operação, destinação e descarte destes resíduos.

Fora esta empresa, não há relatos ou conhecimento de outros estabelecimentos que reaproveitem este tipo de resíduo, o único meio conhecido de reaproveitamento destes resíduos é a revenda em alguns pontos específicos dependendo da categoria enquadrada, porém não se tem o controle da quantidade e locais que aplicam tal prática.

5.4.6.11.2. Resíduos Pneumáticos

Desde 1999, antes mesmo da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, os pneus devem 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.

Em Araçuaí, existe uma parceria com a empresa Reciclanip, que é responsável pelos pneus pós consumo, também conhecida como logística reversa desse tipo de resíduo. É realizada uma campanha anual para coleta de resíduos pneumáticos, após essa coleta, a empresa é solicitada para buscar esses resíduos.

A empresa Reciclanip necessita de uma quantidade mínima de resíduos para ser viável e rentável a busca por dos mesmos, tendo como quantidade mínima 24.000kg. Atualmente, o município não tem realizado estas campanhas, pois não dispõe de um local adequado para acondicionamento desses pneus, sendo jogados em um espaço sem utilidade da prefeitura, que não é adequado para armazenamento.

Os demais resíduos pneumáticos gerados no município são destinados para o aterro controlado e dispostos em um local separado dos demais resíduos.



5.4.6.11.3. 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, 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 9.974/2000, conhecida como Lei do Agrotóxico, disciplina a destinação final de embalagens vazias de agrotóxicos determinando responsabilidades para o agricultor, o revendedor e para o fabricante. É de conhecimento do Município de Araçuaí tal responsabilidade, mas não é realizado nenhum tipo de controle ou fiscalização para atendimento da vigente lei.

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.

A função do agricultor é de preparar as embalagens vazias para devolvê-las na unidade de recebimento (ex.: através da tríplex lavagem). Armazená-las, temporariamente em suas propriedades. Transportá-las e devolve-las, com suas respectivas tampas e rótulos para a unidade de recebimento indicada pelo revendedor. Manter em seu poder os comprovantes de entrega das embalagens e a nota de compra do produto.

Em atendimento a NBR 13.968/1997, que estabelece os principais passos para a realização da tríplex lavagem: 1- Esvaziar totalmente o conteúdo da embalagem no tanque do pulverizador; 2- Acondicionar água limpa à embalagem até ¼ do seu volume; 3- Tampar bem a embalagem e agitar por 30 segundos; 4-



Despejar a água da lavagem no tanque do pulverizador; 5- Inutilizar a embalagem plástica ou metálica, perfurando o fundo; 6- Armazenar em local apropriado até o momento da devolução.

O papel da indústria é providenciar o recolhimento, a reciclagem ou a destruição das embalagens vazias devolvidas as unidades de recebimento. As embalagens laváveis são aquelas embalagens rígidas (plásticas, metálicas e de vidro) que acondicionam formulação líquida de agrotóxicos para serem diluídas em água (de acordo com a norma técnica NBR- 13.968/1997).

5.4.6.11.4. Coleta e Reaproveitamento dos Óleos

No Município de Araçuaí não há indícios da existência de programas de coleta e reaproveitamento dos óleos de cozinha, existindo a necessidade de implantar a prática e a consciência da população para a coleta do óleo utilizado em domicílios, restaurantes e bares.

O incentivo à criação de centros municipais de coleta de resíduos sólidos é fundamental para buscar a preservação dos corpos hídricos do município, visto tamanha degradação dos rios frente a contaminação por óleos de cozinha.

Na implantação da gestão dos resíduos de óleo e gordura de origem vegetal ou animal, serão atribuídas responsabilidades a serem compartilhadas entre os agentes públicos e privados responsáveis pela coleta, pelo transporte, pelo armazenamento, pelo tratamento, pela reciclagem e pela disposição final ambientalmente adequada dos resíduos.

Segundo dados da ABRELPE (2017), 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 15 estados (RS, SC, PR, SP, RJ, MG, ES, BA, SE, AL, PE, PB, RN, CE, MT) 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.

Diante do cenário, é necessário tornar esta ação efetiva e começar a coletar este tipo de resíduo que polui drasticamente milhões de litros de água diariamente.

5.4.7. Gestão dos Resíduos Orgânicos

A Gestão dos Resíduos Orgânicos é outra forma importante de destinação final incentivada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos. 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 atenda às leis e instruções normativas pertinentes.

Dentre a legislação pertinente estão as Leis: nº. 6.894/1980 que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências, assim como a Instrução Normativa nº. 25 de 23/07/2009, 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.

Em Araçuaí - MG não há relatos que demonstrem a existência de uma gestão adequada para os resíduos orgânicos. Nota-se que no Município o descarte ocorre junto com os rejeitos, inexistindo uma política ou gestão específica para esta classe de resíduos. Desse modo a sua destinação ocorre de mesma forma.

Os moradores das comunidades da área rural possuem por conta própria o hábito do reaproveitamento destes resíduos, seja para alimentação dos animais ou para fazer adubo para suas hortas, porém, não há nenhuma conscientização por parte da prefeitura municipal para a realização de tal prática.



Nota-se a necessidade de estudo da viabilidade da coleta de resíduos orgânicos para área urbana, e programas de reaproveitamento e Educação Ambiental para a área rural.

Também é ferramenta importante de gestão desses resíduos a implantação de programas em parceria com universidades e/ou escolas e outros segmentos, para auxiliar a população com as devidas técnicas de compostagem e a minimização desta classe de resíduos que possui enorme potencial de contaminação justificado pela geração de chorume.

5.4.8. Destinação final e medidas mitigatórias

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

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;

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.

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.

De acordo com as definições do SNIS, o Município conta com um Aterro Controlado, pois detém de cercamento, apresenta uma organização da disposição dos resíduos recebidos, mesmo que mal estruturada, mas não conta com impermeabilização do solo ou controle de emissões dos gases provenientes da decomposição dos resíduos, e nem área para separação prévia ou transbordo de resíduos. Na imagem a seguir, é possível compreender a disposição falha dos resíduos.

Figura 93 - Organização precária da disposição de resíduos.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Dentro da área do aterro, foi observado algumas separações, como área apenas de pneus, área apenas de resíduos de construção civil e área apenas com resíduos de podas. A imagem a seguir, retrata a disposição dos pneus, separados dos demais resíduos do aterro.

Figura 94 – Disposição de pneus.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Através das pesquisas levantadas, constata-se que o Município possui uma grande geração de resíduos, pois já é a segunda área usada como aterro controlado. O local atual recebe em torno de 60 ton/dia de resíduos, não possuindo a distinção dos mesmos. O aterro recebe todos os tipos de resíduos, exceto os RSS. As coletas da Comunidade Sede são feitas diariamente, sendo de responsabilidade da prefeitura essa gestão.

Além dos resíduos urbanos domiciliares, o local recebe também resíduos de uma mineradora do Município, a cada 15 dias em média. Não foi especificado a quantidade desses resíduos, ou a empresa de origem. Várias empresas particulares realizam o despejo neste aterro, de forma irregular e sem controle ou pagamento de taxas.

Figura 95 – Resíduos industriais.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

A área é controlada por 3 funcionários, que trabalham de segunda-feira a sábado, realizando a disposição dos resíduos em valas com 3m de profundidade, compactação e posterior aterramento dos mesmos, dispondo de um trator para auxiliar neste manejo. Possui em torno de 21 ha, cedida pela prefeitura, não sendo um local adequado para os efetivos descartes, pois se trata de um local montanhoso e acidentado, tendo difícil acesso para a disposição destes resíduos, mesmo com maquinários.

Figura 96 – Relevo irregular.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Pelo seu relevo muito irregular, há uma grande dificuldade para o aterramento de resíduos em dias de chuva, pois os desníveis não permitem que os caminhões cheguem até as valas com as estradas de terra escorregadias.

Está em funcionamento há 16 anos, e estima-se que sua vida útil esteja chegando ao fim, já sendo necessário a busca por outra área ou consórcio intermunicipal, para então, ser feita a implantação de um aterro sanitário.

A Prefeitura já realizou o mapeamento de 3 áreas potenciais para a implantação de um aterro sanitário de pequeno porte com uma unidade de triagem, porém conta com algumas limitações, uma vez que o município possui um aeródromo, sendo necessário respeitar a distancia de 13km, no mínimo, da área para implantação do aterro.

Um aterro sanitário, controlado ou vazadouro a céu aberto, costuma atrair muitos animais, principalmente aves, podendo prejudicar o funcionamento do aeródromo local. Os aterros sanitários não costumam apresentar problemas com animais, pois trata-se de um local totalmente controlado, porém, ainda assim não é permitido e nem viável ser próximo de qualquer espaço aéreo.

Como já apresentado neste documento, o Município possui o Consórcio Intermunicipal de Saúde da Microrregião do Médio Jequitinhonha (CISMEJE), que está estudando a viabilidade da construção de um aterro sanitário compartilhado, pois não há nenhum município com aterro sanitário na região, incluindo Diamantina, que é o município de referência da região.



O vigente aterro controlado, e a área citada com aterro anteriormente, necessitam da elaboração de Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, pois não possuem as impermeabilizações necessárias, impactando diretamente o solo.

Entende-se por área degradada a área que, por intervenção humana, apresenta alterações de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, alterações estas que tendem a comprometer, temporária ou definitivamente, a composição, estrutura e funcionamento do ecossistema natural do qual faz parte.

A recuperação desta área de estudo, é a restituição de uma área degradada e respectivo ecossistema a uma condição mais próxima possível de sua condição original, mas que pode ser diferente desta.

Portanto, um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas deve apresentar métodos, instruções e materiais necessários para a recuperação do local danificado, deixando-o mais próximo de seu aspecto original.

5.4.9. Análise Crítica do Sistema de Gestão dos Resíduos Sólidos

Referente aos dados apresentados pelo diagnóstico do sistema de gestão de resíduos sólidos do município de Araçuaí - MG, para a elaboração do Plano de Saneamento Básico, observa-se que o município possui grandes deficiências no manejo dos mesmos na região, principalmente em suas comunidades rurais.

As maiores deficiências apontadas na comunidade Sede, localizada na área urbana do município, são a respeito da necessidade da coleta seletiva, o funcionamento correto da unidade de triagem de recicláveis, e a falta de pontos de entrega voluntários ou coletas porta-a-porta para estes materiais. Uma vez que o município já possui uma associação de catadores, é preciso apenas realizar sua reestruturação.

Os resíduos provenientes da limpeza pública, se consistem basicamente em folhas e galhos, não existindo reaproveitamento dos mesmos para compostagem ou algum tratamento similar. É necessário dar a destinação adequada a estes resíduos, incentivando o reaproveitamento dos mesmos, junto aos resíduos orgânicos gerados no município como um todo. Araçuaí não conta com programas de incentivo e conscientização a respeito da compostagem.

A área urbana não possui déficits em relação a coleta de resíduos sólidos domiciliares, os caminhões compactadores atendem toda a localidade, com a



coleta porta-a-porta. Recomenda-se apenas uma revisão no cronograma utilizado, e torna-lo mais eficiente.

Á respeito da área rural, com suas 78 comunidades, a situação se torna mais crítica, pois nenhuma localidade conta com a coleta de maneira efetiva e muitas delas não dispõem da coleta de nenhuma forma. A área municipal é grande, e algumas localidades muito distantes da Sede, tornando-se mais delicada tal logística, mas sendo de suma importância a implantação da coleta no maior número possível de comunidades, caso não seja possível atender a todos os locais, instituir pontos de entrega voluntárias que possam ser coletados.

A destinação final utilizada para todos os resíduos gerados no município não está de acordo com a legislação ambiental vigente, sendo outro ponto importante a ser discutido, sendo necessário a implantação de um aterro sanitário de pequeno porte municipal, ou através do consórcio CISMEJE. O local não conta com separação prévia e recebe todos os resíduos, sem distinção. Não é um terreno adequado, e constatou-se a presença de muitos animais, pois o aterramento não está sendo eficaz.

Em resumo, conclui-se que o município necessita de uma reestruturação em sua gestão dos resíduos sólidos, sendo suas maiores dificuldades o atendimento as localidades rurais do município, a falta de políticas de educação ambiental e incentivo ao reaproveitamento de alguns resíduos e a forma de destinação final utilizada, pois o aterro controlado ainda não é a melhor forma de destinação de resíduos.

5.5. Diagnóstico dos Serviços de Drenagem Urbana e o Manejo de Águas Pluviais

5.5.1. 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 conseqüente 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 Araçuaí possui déficit em seu sistema de microdrenagem composto por bueiros, galerias e caixas de lobo com bocas coletoras, favorecendo poucas áreas no município, acarretando em problemas nas demais áreas devido a inexistência desses sistemas.

Em nível de macrodrenagem, o município possui a retificação de canais, valas a céu aberto e pequenos cursos d'água.

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, já 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 Araçuaí apresenta sistemas de microdrenagem em parte da área urbana, e um sistema de bueiros, pontes e galerias próximos aos córregos mais afastados da área urbana e próximas das nascentes. 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.

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, vem sendo difundido 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, mantendo assim, as condições naturais pré-existentes de vazão para um determinado risco definido.

Neste plano, a componente drenagem e manejo de águas pluviais, em sua fase de diagnóstico, pretendem 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.

5.5.2. Caracterização Das Sub-Bacias Hidrográficas

Neste item serão realizados estudos das principais características das bacias hidrográficas as quais o município de Araçuaí fica inserido, evidenciando seus principais aspectos econômicos, quanto seus problemas socioambientais, levantados por estudos dos principais órgãos competentes.

Atualmente existem doze subdivisões das regiões hidrográficas brasileiras. A área de Araçuaí fica inserida na região hidrográfica do Atlântico Leste, que é caracterizada pelas atividades de agricultura irrigada em larga escala, turismo e indústria (MMA, 2006).

Figura 97 – Regiões Hidrográficas Brasileiras.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

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.

Cabe destacar que parte da Região Hidrográfica do rio São Francisco e da Região Hidrográfica Atlântico Leste inseridas no Estado, integra a Região



Semiárida brasileira. O Semi-árido abrange 9 estados brasileiros, dentre eles o de Minas Gerais e outros da região nordeste.

O Semi-árido, se caracteriza pela balanço hídrico negativo, resultante de precipitações médias anuais inferiores a 800 mm e por localizar-se em região de forte insolação, temperaturas relativamente altas, com risco de seca maior que 60%, índice de aridez de até 0,5 e pelo regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações num curto período, de apenas três meses.

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.

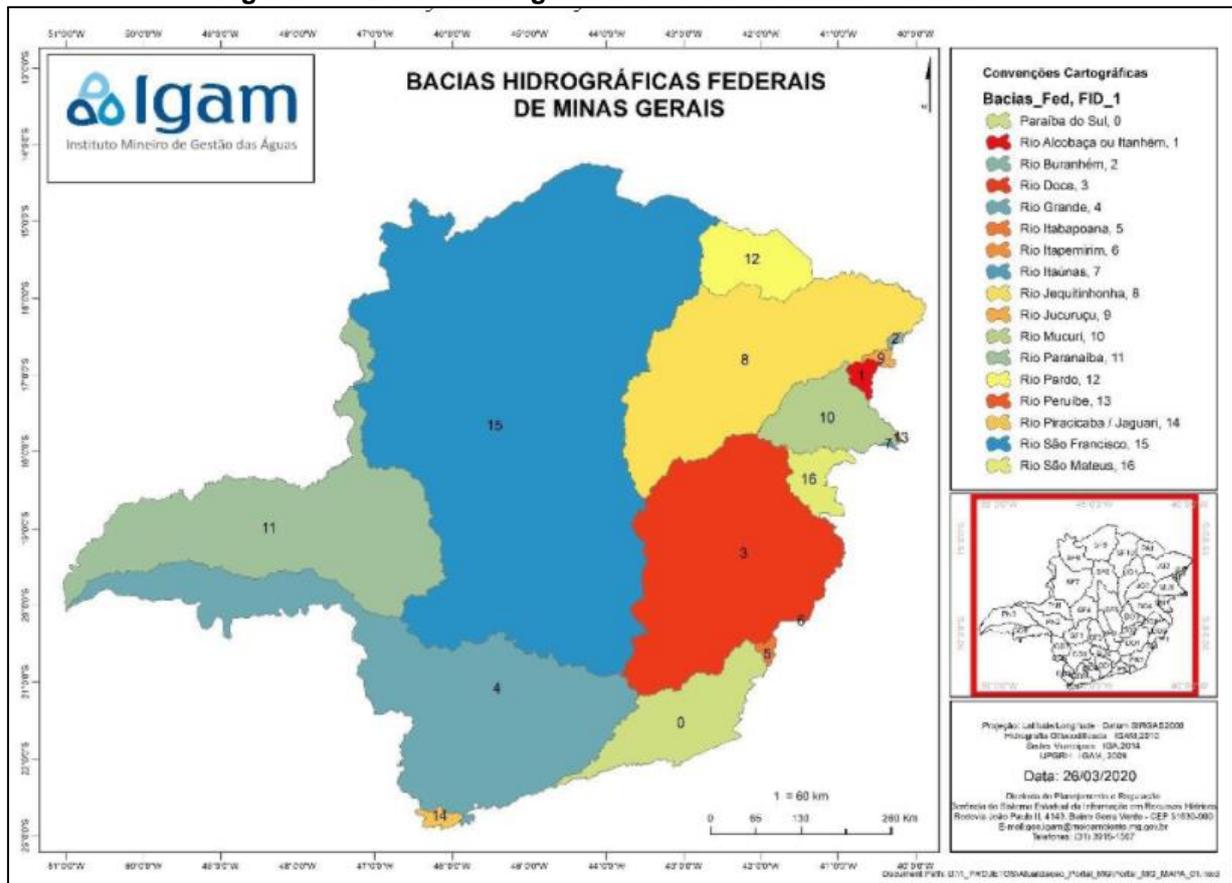
De acordo com a Resolução nº. 32, o Estado de Minas Gerais abrange áreas de quatro Regiões Hidrográficas Nacionais . A Região Hidrográfica do São Francisco - RHSF (cobre 40% da área do Estado); 2. Região Hidrográfica do Paraná – RHPR (cobre 27%); 3. Região Hidrográfica do Atlântico Leste – RHAL (cobre 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 98 – Bacias Hidrográficas Federais de Minas Gerais.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2020.

Conforme é possível observar na imagem acima, Araçuaí está inserido na Bacia do Jequitinhonha e Sub-Bacia do Ribeirão Calhauzinho.

O rio Calhauzinho, possui extensão de 54,42 km, percorre as áreas dos municípios de Novo Cruzeiro e de Araçuaí, possuindo área de drenagem de aproximadamente 605 km².

Dos 605 km² da área da bacia, aproximadamente 508 km² (84%) estão contidos no Município de Araçuaí e, os restantes 97 km² (16%) estão contidos no Município de Novo Cruzeiro.

O rio Calhauzinho possui sete córregos afluentes, sendo cinco situados na margem esquerda (os córregos Diamantino, Palmital, Fundo, Aguada Nova e Curuto) e dois na margem direita (córregos Tesouras e Narciso).

A barragem do rio Calhauzinho, formadora de reservatório com volume de acumulação de água de 32 km³, foi construída pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, na década de 1990, com o objetivo de perenização e



aproveitamento para a agricultura irrigada. Esta barragem se localiza no município de Araçuaí. A sub-bacia do rio Calhauzinho engloba as populações de 23 comunidades, conforme levantamento efetuado pelo Projeto de Gestão Participativa efetuado pela Cáritas Brasileira – Regional de Minas Gerais, no ano de 2000. Os principais usos da água na bacia são o consumo humano, a dessedentação de animais e a irrigação de pequenas culturas de subsistência.

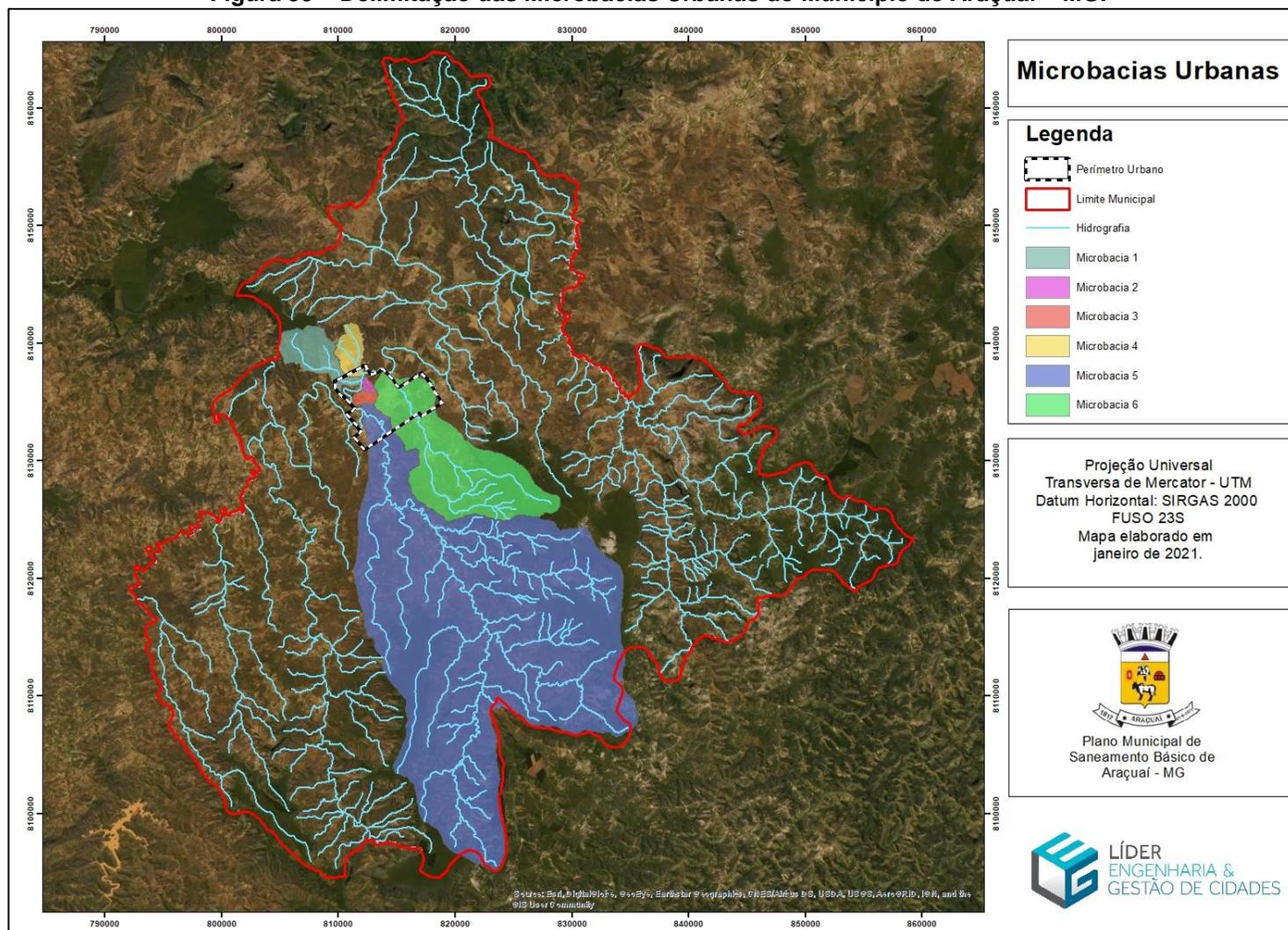
5.5.3. Caracterização Das Microbacias Urbanas

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

Para delimitação das microbacias hidrográficas utilizou-se o *software Arc Hydro Tools*, uma extensão do software : *ESRI ® Arc Map™ 10.4*. 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 99 – Delimitação das Microbacias Urbanas do Município de Araçuaí – MG.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.



5.5.3.1. 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. As microbacias selecionadas foram as que apresentaram influência direta na dinâmica urbana da sede de Araçuaí.

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

Tabela 50 - Hierarquia fluvial

Hierarquia Fluvial			
Bacias	Ordem	Quantidade	Extensão (m)
Bacia 1	Primária	2	8.099,00
	Secundária	1	3.401,00
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Bacia 2	Primária	1	1.152,00
	Secundária	-	-
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Bacia 3	Primária	3	1351
	Secundária	1	1770
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Bacia 4	Primária	2	6448



	Secundária	-	1325
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Bacia 5	Primária	63	174690
	Secundária	9	48508
	Terciária	3	16762
	Quaternária	1	26103
		-	-
Bacia 6	Primária	10	25540
	Secundária	3	11680
	Terciária	1	13931
	Quaternária		
		-	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

5.5.3.2. 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:

$$G_{cp} = H_{cp} / L_{cp}$$

onde:

- 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:



$$(\%) - G_{cp} = H_{cp} / L_{cp} * 100$$

- **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:

$$Eps = 1 / 2 Dd$$

onde:

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

1 = constante;

2 = constante;

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

5.5.3.3. 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.

- **Coefficiente 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:

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

onde:



- K_c = Coeficiente de compacidade;
- P = Perímetro da bacia (km);
- A = Área da bacia (km²).

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) - Dh**

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

$$Dh = N1 / A, \text{ onde:}$$

- Dh = Densidade hidrográfica;
- N1 = Número de rios de 1ª ordem;
- A = Área da bacia (km²).

Canali (1986) define três categorias de densidade hidrográfica:

Dh baixa – menos de 5 rios/km²;

Dh média – de 5 a 20 rios/km²;

Dh alta – mais de 20 rios/km².

- **Densidade de drenagem (km/km²) - Dd**



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

$$Dd = Lt/A, \text{ onde:}$$

- Dd = Densidade de drenagem;
- Lt = Comprimento dos canais (km);
- A = Área da bacia (km²).

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.

5.5.3.4. Análise Hipsométrica

- **Altura da bacia (m) - Hb**

É a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia e o ponto mais baixo (fz).

Foram analisados os parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias localizadas dentro do perímetro urbano da sede do município de Araçuaí, cujos dados estão expostos na Tabela abaixo a seguir.

Tabela 51 - Estudo Morfométrico das Bacias

ESTUDO MORFOMÉTRICO DAS BACIAS		
Parâmetro		Valor
Bacia 1	Área da bacia - A (Km ²)	18,50
	Perímetro da bacia - P (Km)	22,60
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	8,99
	Altura do canal principal - Hcp (m)	343,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	38,15
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,31
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	7,90
	Coefficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,47
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,11
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	0,62
	Altura da bacia - Hb (m)	458,00



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
MUNICÍPIO DE ARAÇUAÍ – MG
PRODUTO 3 - Relatório do Diagnóstico Técnico-Participativo

Bacia 2	Área da bacia - A (Km ²)	1,03
	Perímetro da bacia - P (Km)	4,58
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	1,15
	Altura do canal principal - Hcp (m)	31,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	26,96
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,56
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	1,62
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,26
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,90
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	1,12
	Altura da bacia - Hb (m)	88,00
Bacia 3	Área da bacia - A (Km ²)	2,10
	Perímetro da bacia - P (Km)	6,00
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	2,56
	Altura do canal principal - Hcp (m)	39,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	15,23
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,75
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	2,42
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,16
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	1,42
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	1,50
	Altura da bacia - Hb (m)	49,00
Bacia 4	Área da bacia - A (Km ²)	8,64
	Perímetro da bacia - P (Km)	12,80
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	5,00
	Altura do canal principal - Hcp (m)	346,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	69,20
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,45
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	4,48
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,22
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,23
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	0,90
	Altura da bacia - Hb (m)	349,00
Bacia 5	Área da bacia - A (Km ²)	486,00
	Perímetro da bacia - P (Km)	122,00
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	46,51
	Altura do canal principal - Hcp (m)	612,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	13,16
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,27
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	40,70
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,55



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO
MUNICÍPIO DE ARAÇUAÍ – MG
PRODUTO 3 - Relatório do Diagnóstico Técnico-Participativo

	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,13
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	0,55
	Altura da bacia - Hb (m)	681,00
Bacia 6	Área da bacia - A (Km ²)	89,90
	Perímetro da bacia - P (Km)	49,90
	Comprimento do canal principal - Lcp (Km)	20,23
	Altura do canal principal - Hcp (m)	512,00
	Gradiente do canal principal - Gcp (m/Km)	25,31
	Extensão do Percurso Superficial - Eps (Km/Km ²)	0,29
	Comprimento da bacia - Lb (Km)	18,50
	Coeficiente de compacidade (Fator de forma) - Kc	1,47
	Densidade hidrográfica - Dh (rios/Km ²)	0,11
	Densidade de drenagem - Dd (Km/Km ²)	0,57
	Altura da bacia - Hb (m)	184,00

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

Através da análise dos parâmetros morfométricos, pode-se inferir que as microbacias localizadas na bacia do Rio Araçuaí, que possuem influência direta junto à área urbana do município, apresentam áreas relativamente grandes, exceto para a Microbacia 2 e Microbacia 3, que apresentaram respectivamente uma área de 1,03 km² e 2,10 km², consideradas pequenas se comparadas com as demais presentes no atual estudo. Em contrapartida, a Microbacia 5 foi a que apresentou a maior área dentre todas, de 486 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.

Dos resultados apresentados pela Densidade de Drenagem, todas as microbacias apresentaram resultados abaixo do esperado. A densidade de drenagem é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica das bacias de drenagem, 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 os maiores gradientes, conseqüentemente 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 (K_c), 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, assim apresentando menores riscos de inundações.

Perante os indicadores apresentados, evidencia-se que as microbacias de influência na área urbana de Araçuaí contêm características naturais que se traduzem em condições medianas a ruins de drenagem natural, onde não foram apresentados valores alarmantes, porém traz outros indicadores que evidenciam pouca capacidade de escoamento. O índice do gradiente do canal principal, garante ao corpo hídrico maior susceptibilidade à erosão, contudo, depende do índice de sinuosidade para determinar seu potencial para acumular sedimentos, podendo progredir para assoreamento nos casos mais graves.

Para determinar as menores capacidades de escoamento natural entre as microbacias, foram atribuídos valores ponderados de cada critério, de acordo com o poder de influência de cada parâmetro. Foi possível, assim, estabelecer o resultado acima citado.

5.5.4. Estudos Hidrológicos

Os Estudos Hidrológicos visam fornecer os resultados em formato de hidrogramas, das análises matemáticas feitas em uma bacia hidrográfica, em função das características que alteram a sua capacidade de escoamento, como 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.

5.5.4.1. 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 a declividade média do talvegue principal.

Os valores do desnível geométricos 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. Entre elas, 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, escoando superficialmente, atingir a seção em estudo.

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.

A equação de Kirpich se apresenta a seguir:

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

Onde:

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 Araçuaí.

Tabela 52 - Tempos de Concentração para as diferentes bacias

Microbacias	L(Km)	$\Delta H(m)$	Tc(min)
-------------	-------	---------------	---------



1	8,99	343,00	76,10
2	1,15	31,00	17,86
3	2,56	39,00	41,19
4	5,00	346,00	38,52
5	46,51	612,00	406,44
6	20,23	512,00	166,43

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

5.5.4.2. Permeabilidade dos Solos

A permeabilidade do solo é um atributo físico de grande importância para a engenharia, sendo necessária a 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.

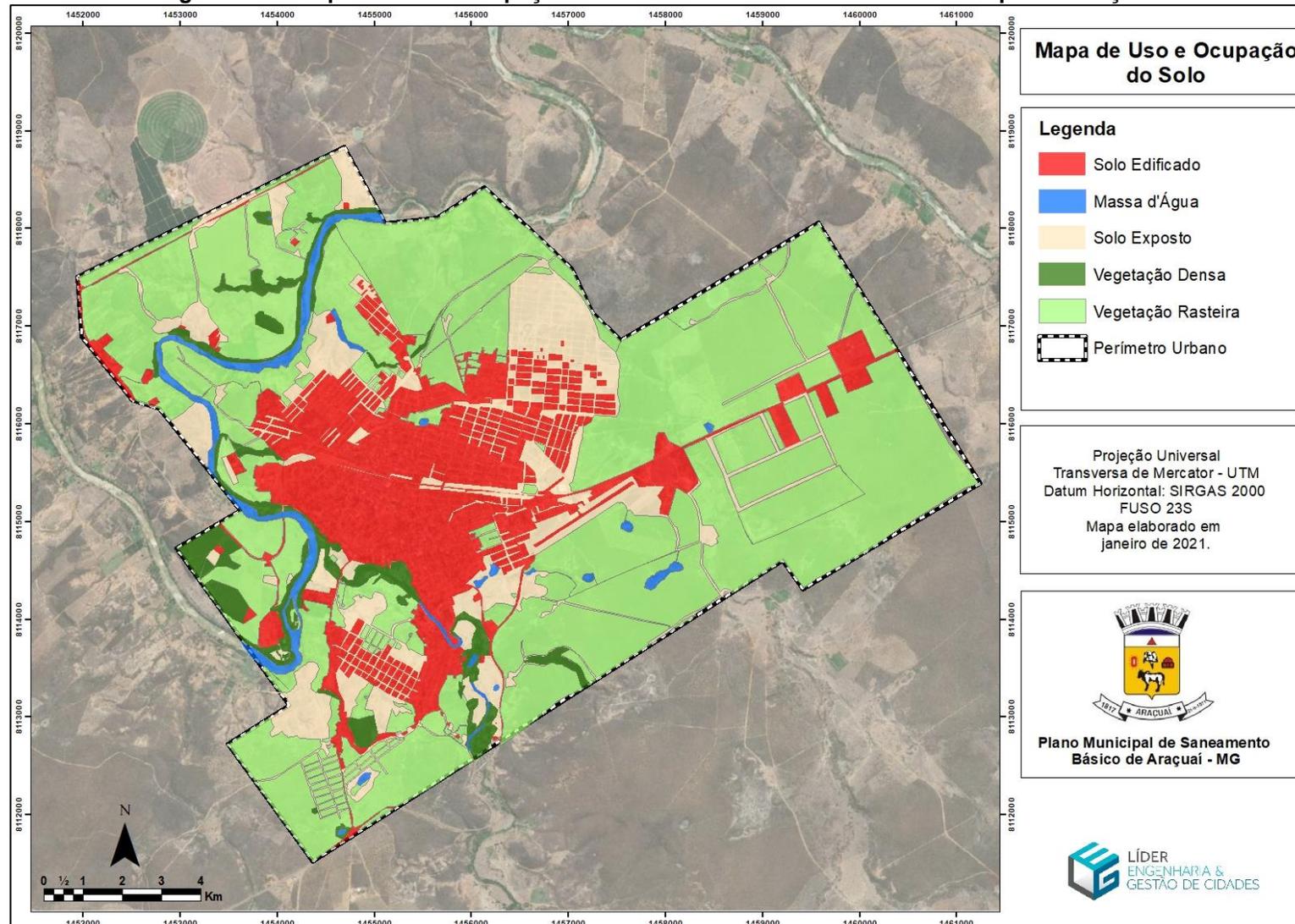
5.5.5. Uso e Ocupação do Solo Urbano

Foi feito um recorte da imagem, para que abrangesse apenas as áreas das microbacias relevantes para o estudo hidrológico e que possuem influência direta na drenagem da área urbana do município.

A classificação que se deu foi a supervisionada, identificando as fisionomias mais aparentes e, a partir do valor de seus pixels, realizando uma classificação automática. Após isso, foram feitas correções manuais visando eliminar interferências atmosféricas da imagem e alterar algumas áreas classificadas que fugiram da 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 à infiltração. São as seguintes:

- Solo Exposto
- Vegetação Densa
- Vegetação Rasteira
- Solo Edificado
- Massas d'Água

Figura 100 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Perímetro Urbano do Município de Araçuaí.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

Em seguida, foram mapeadas e medidas as classes criadas para a classificação supervisionada, através de algoritmo próprio.

Tabela 53 – Quantitativo Total do Perímetro Urbano.

Classificação	Km²
Solo Edificado	0,946748
Solo Exposto	5,065837
Massa d'Água	0,752771
Vegetação Rasteira	20,52789
Vegetação Densa	1,563964
Área Total	28,85721

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

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;

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 54 – 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.

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 55 – 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.

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*, sendo que quanto mais próximo de 1,00 maior a tendência em escoar a água da chuva completamente para a área em questão analisada, 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.

5.5.6. 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 de Araçuaí, a relação IDF, segundo Oliveira e Pruski (1996), é descrita pela equação que segue:

$$i_{(t,TR)} = \frac{K TR^a}{(t + b)^c}$$

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.

Para o Município de Araçuaí, os valores de referência encontrados na literatura especializada são os seguintes::

Tabela 56 – Parâmetros das relações IDF (k, a, b, c) para o Município de Araçuaí.

Município	Estação	k	a	b	c
Araçuaí	Araçuaí	728,781	0,12	9,783	0,724

Fonte: Oliveira e Pruski, 1996.

A tabela abaixo mostra as chuvas intensas para os diferentes tempos de retorno

Tabela 57– Chuvas Intensas para diferentes Tempos de Retorno.

Bacia	Tc (min)	Intensidade para diferentes Tr(mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
1	76,10	36,78	39,98	48,49	52,70
2	17,86	82,64	89,81	108,95	118,40
3	41,19	53,38	58,01	70,37	76,48
4	38,52	55,48	60,29	73,14	79,48
5	406,44	11,92	12,95	15,71	17,08
6	166,43	22,02	23,93	29,03	31,54

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

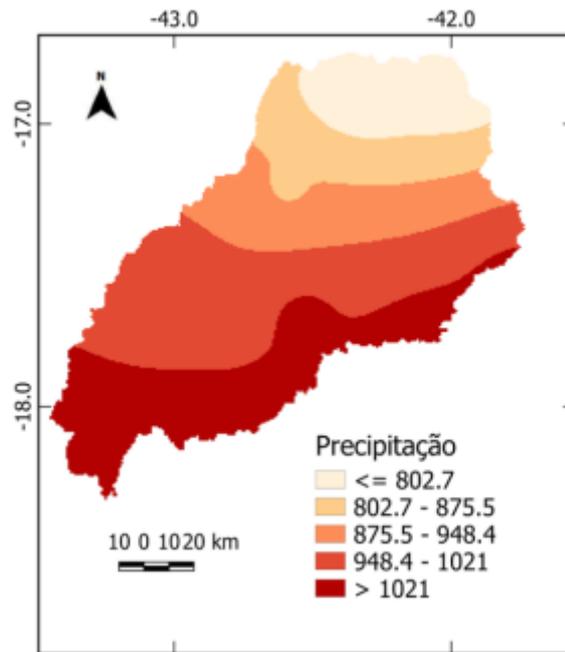
A intensidade da precipitação indica a quantidade (altura) precipitada em determinado tempo. Já o conceito de período de retorno (TR) pode ser expresso como o “número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica igualada ou ultrapassada apenas 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 da bacia.

Através dos estudos realizados com os dados extraídos da HIDROWEB, disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA), foi constatada a existência de estações pluviométricas no município de Araçuaí, contudo, sem dados atualizados.

A Figura a seguir possui caráter quantitativo, e apresenta a média de precipitação registrada na Bacia do Rio Araçuaí e em seguida dados climáticos sobre o Município de Araçuaí.

Figura 101 – Precipitação média na Bacia do Rio Araçuaí (janeiro 1996 – dezembro 2015).



Fonte: Santos, 2017.

Figura 102 – Dados Climáticos – Estação nº 83442 (1970-1990).

Normal Climatológica	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	ano
Temperatura Média (°C)	25,7	26,5	26,1	25	23,4	22	21,2	23,1	24,7	25,4	25,1	25,1	24,4
Temperatura Máxima (°C)	32,2	33,4	33	31,5	30,4	29,2	28,7	30,2	31,2	31,2	30,6	31	31,1
Temperatura Mínima (°C)	20,8	21,3	21	20	18	16	15,3	16,6	19,3	20,9	21,1	21	19,3
Precip. Média Mensal (mm)	139,1	83,8	101,7	39,4	10,6	3	5,9	4,9	19,4	105,9	166,6	160,9	841,2
Evap. Média Mensal (mm)	96,6	115,2	111,7	111,4	114,4	107,5	118,3	154,3	172,6	157,5	110,3	88,3	1.458,10
Umid. Relat. Méd. Mensal (%)	76,1	72,7	72,4	69,4	72,3	71,7	70	66,2	62,3	71,6	75,9	77,5	71,5
Insol. Média Mensal (horas)	214,1	205,8	200,4	179	183,6	172,5	190,4	222,8	167,5	166,7	157,2	176,2	2.236,20
Nebulosidade (0-10)	5,8	5,5	5,5	6,8	4,8	4,6	4,5	4,1	4,8	6,3	6,7	6,5	5,5

Fonte: IGAM, 2018.

Na região hidrográfica da bacia JQ3 do rio Jequitinhonha, a configuração do relevo e a distância em relação ao litoral são fatores decisivos para a distribuição espacial das chuvas e determinantes para os processos termodinâmicos em toda a área. A chuva anual média da bacia possui pequena variabilidade espacial. Caracteriza-se basicamente pelo regime de chuvas, definido pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações pluviométricas em um curto período de cerca de três meses, durante o qual ocorrem sob forma de fortes aguaceiros, de pequena duração (IGAM, 2018).

5.5.7. Método 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.

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.

A fórmula, a seguir, apresenta a forma de calcular a vazão de pico pelo Método Racional:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3,6} \quad \text{Onde:}$$

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 da microbacia. Esses valores foram mostrados nas tabelas anteriores.

Na tabela a seguir são apresentados os dados referentes as microbacias urbanas estudadas com áreas passíveis de aplicação do Método Racional, bacias 2 e 3, onde são evidenciadas as vazões de projeto para cada uma individualmente, levando em consideração suas características.

Tabela 58 - Vazões de Projeto para as bacias 2 e 3.

Bacias Urbanas	CN	Área da Bacia	Vazões para os Tempos de Retorno (m³/s)			
			5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
Bacia 2	0,4	1,03	9,46	10,28	12,47	13,55
Bacia3	0,72	2,1	22,42	24,37	29,56	32,12

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

- **Método I-Pai-Wu**

O Departamento de Água e Energia Elétrica - DAEE recomenda o Método Racional para bacias de até 2 km² ou 200 ha e que não disponham de série histórica de dados fluviométricos. Para áreas de tamanho acima deste valor, existem outros métodos mais indicados, como o Método I-PAI WU.

O método I-Pai-Wu é um aperfeiçoamento do Método Racional e considera fatores intervenientes da bacia hidrográfica, como sua forma, a distribuição da chuva e o armazenamento. A aplicação desse método é mais precisa, porque considera variáveis importantes no desenvolvimento de uma cheia (SCHLICKMANN, 2019).

O efeito do armazenamento de água na bacia, que ocorre em pontos localizados nos leitos de cursos d'água ou mesmo em galerias e obras afins, é levado em consideração através de um expoente redutor n aplicado sobre o parâmetro A (área de drenagem da bacia). Adota-se usualmente n = 0,9.

O método I-Pai-Wu é expresso pela seguinte equação:

$$Q = 0,278.C.I.A^{0,9}.K$$

Em que:

Q = vazão (m³/s);

C = coeficiente de deflúvio (adimensional);

I = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km²);

K = coeficiente de distribuição espacial da chuva (%).

A obtenção do Coeficiente de deflúvio depende de fatores da bacia hidrográfica analisada, tais como tipo de solo, declividade, uso da terra e condições de cobertura.

Segundo o DAEE (2012), o coeficiente C pode ser determinado pela equação:

$$C = 2/1+F.C2/C1$$

Onde:

C1 = Coeficiente de forma da bacia,

C2 = Coeficiente volumétrico de escoamento e

F = Fator de forma.

Para definição de C1, é necessário obter o valor de F, com a seguinte equação:

$$F = L/2.(A/\pi)^{1/2}$$

$$C1 = 4 / 2 + F$$

Onde:

A = Área da bacia contribuinte (km²) e

L = Comprimento do talvegue do curso d'água (km).

O Fator de Forma ou índice de Gravelius é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial é medido da saída da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal, sem considerar os meandros. A largura média é obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendicularidades se aproxime da forma da bacia real. Pode ser também obtido pela seguinte fórmula:

$$Ff = B/L$$

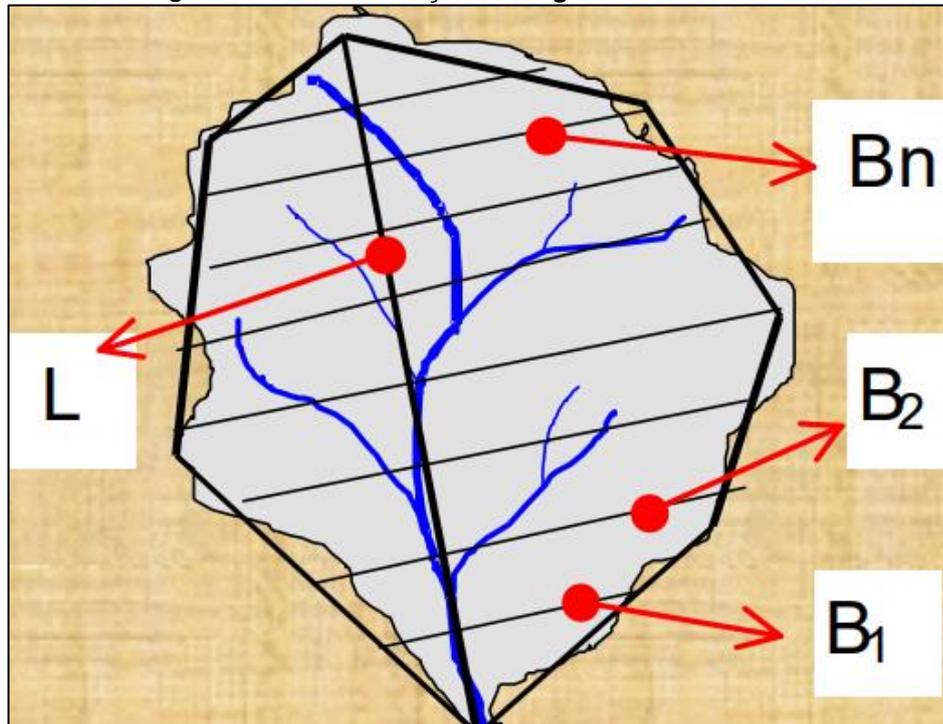
Onde:

L: comprimento da bacia (km);

B: largura média, obtida pela fórmula (km).

$$L = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n B_i$$

Figura 103 - Determinação da largura média da bacia.



Fonte: Hidromundo.com, 2020.

Para definição de C2 utiliza-se dos valores da figura que segue.

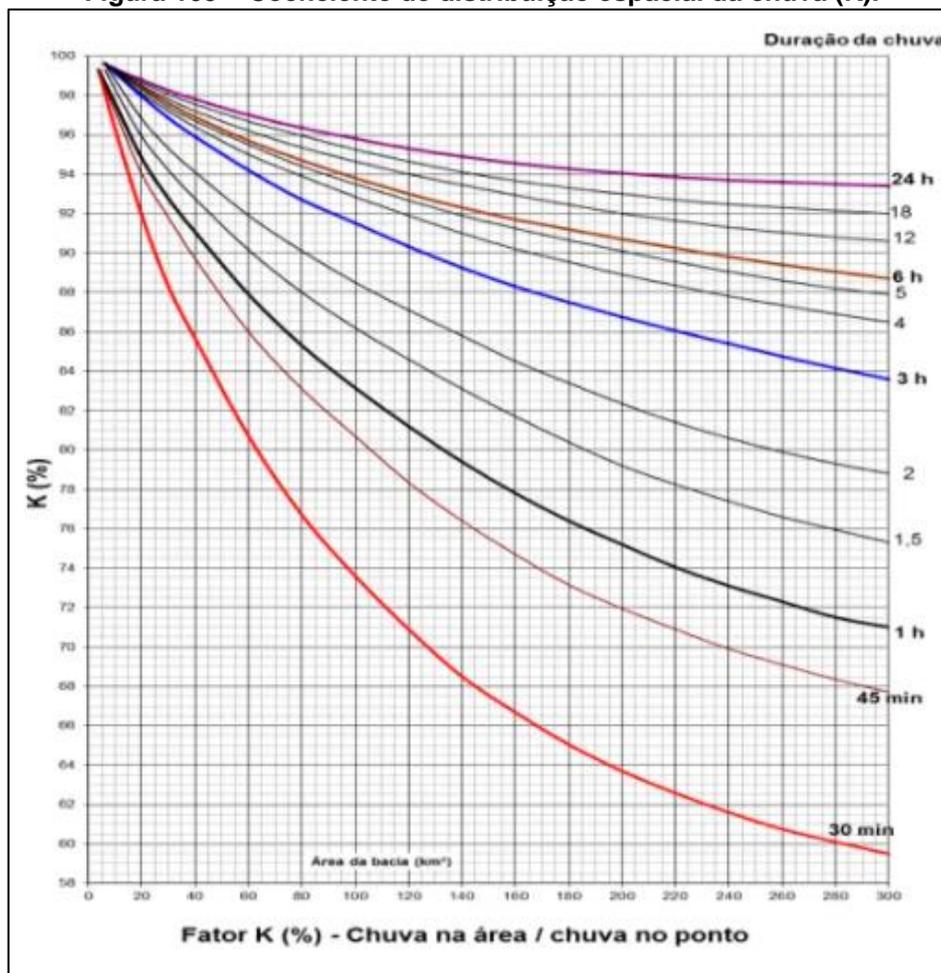
Figura 104 – Valores do Coeficiente de escoamento superficial direto.

Cobertura ou tipo do solo	Uso do Solo ou Grau de Urbanização	C2
- Terreno seco e muito arenoso	- Zonas Verdes Não Urbanizadas	0,1
- Terreno com vegetação densa	- Zonas de proteção de mananciais com vegetação densa	
- Terrenos planos	- Parques e áreas vazias	0,3
- Vegetação rala e/ou esparsa	- Zonas especiais (universidades, cemitérios, aeroportos)	
- Solo arenoso seco	- Zona residencial com lotes amplos (maiores que 1.000m ²)	0,5
- Terrenos Cultivados	- Zona residencial rarefeita	
- Manto fino de material poroso	- Zona residencial com lotes pequenos (100 a 1000 m ²)	0,7
- Pouca vegetação	- Zona de Apartamentos e edifícios comerciais	
- Gramados amplos, prados e campinas	- Zona de concentração de prédios comerciais e/ou residenciais	0,9
- Declividade média		
- Pavimentado com declividade média		
- Solos argilosos ou pantanosos		
- Terrenos rochosos estéreis ondulados		
- Vegetação quase inexistente		
- Pavimentado com declividade forte		
- Rocha viva não porosa		
- Estéril montanhoso		
- Vegetação inexistente		

Fonte: DAEE, 2012.

O coeficiente de distribuição espacial da chuva, K, é em função do tempo de concentração das chuvas e da área de drenagem. Seu valor pode ser obtido através do gráfico a seguir extraído do manual “Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu” (São Paulo, 1999).

Figura 105 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).



Fonte: Hidromundo.com.br, 2021.

Os resultados obtidos pela aplicação do método I Pai Wu nas bacias 1, 4, 5 e 6 podem ser observados na tabela abaixo.

Tabela 59 - Vazões de Projeto para as bacias 1, 4, 5 e 6.

Bacia	K	Área (km ²)	Vazão de Projeto (m ³ /s)			
			5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
1	0,84	18,5	16,03137	17,42185	21,13346	22,96647
4	0,66	8,64	7,933057	8,621129	10,45781	11,36486
5	0,91	486	159,6871	173,5375	210,5086	228,767
6	0,85	89	79,50594	86,40188	104,8092	113,8999

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

5.5.8. 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 origens, 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.

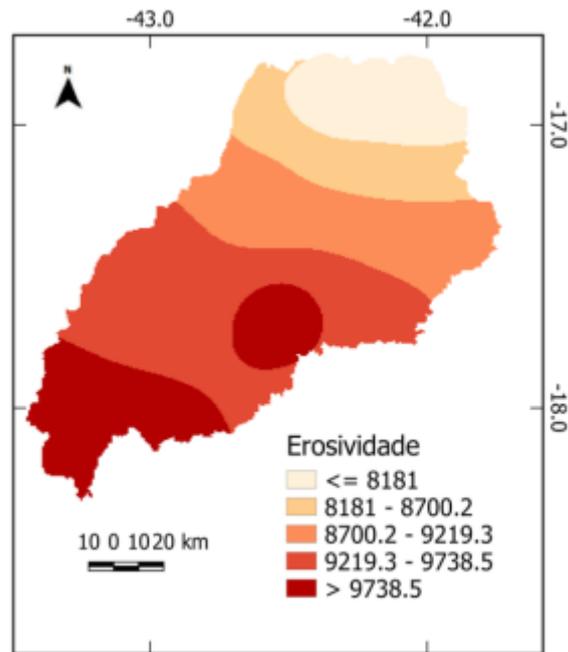
Devido a declividade elevada em algumas áreas da região do Município objeto de estudo, como a encontrada na Chapada do Lagoão, local onde existem diversas comunidades nas proximidades, é expressiva a fragilidade do solo e conseqüentemente os processos erosivos como as voçorocas e deslizamentos, principalmente na área rural. As chapadas são consideradas produtos da erosão sobre as rochas cristalinas ou sedimentares. Devido à sua importância ecológica e ao mesmo tempo econômica, as chapadas são ainda protegidas pela legislação brasileira (Lei 12.727/2012). Esta proteção legal tem por finalidade estabelecer critérios para seu uso e, assim, evitar que as ações antrópicas deflagrem ou potencializem processos erosivos, preservando a paisagem e os recursos naturais a ela associados.

Vale ressaltar também que em Araçuaí o tipo de solo predominante é o Argissolo. Os Argissolos de maior fertilidade natural (eutróficos), com boas condições físicas e em relevos mais suaves apresentam maior potencial para uso agrícola. Suas limitações estão mais relacionadas a baixa fertilidade, acidez, teores elevados de alumínio e a suscetibilidade aos processos erosivos, principalmente quando ocorrem em relevos mais movimentados. Os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à relação textural presente nesses solos, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais. No entanto, os de textura mais leves ou textura média e de menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, sendo, portanto, menos suscetíveis à erosão.

Dentre as formas de erosão, esta é a que causa conseqüências mais graves à população em termos de perda de área utilizável, assoreamento de rios, riachos e lagoas, e até morte de animais devido a acidentes.

Abaixo é possível visualizar a imagem demonstrando a média relacionada a erosividade na Bacia do Rio Araçuaí.

Figura 106 – Erosividade média na Bacia do Rio Araçuaí (janeiro 1996 – dezembro 2015).



Fonte: Santos, 2017.

Ao analisar a figura apresentada, é possível concluir que a erosividade média anual variou pouco no território da bacia do rio Araçuaí, sendo que o valor mínimo encontrado foi de 7118,6 MJmm ha m ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ na estação 1642028 em Araçuaí/MG. Na mesma estação foi encontrado o menor índice pluviométrico, 677,5 mm.

Os mapas de precipitação e erosividade apresentam uma tendência normal no processo erosivo, onde os maiores potenciais erosivos são registrados em locais de elevada precipitação. No caso do Município objeto de estudo, acontecem eventos isolados durante o ano.

O mapa de Erosividade mostra que na bacia do rio Araçuaí, os maiores valores de Erosividade estão situados ao sul da bacia, região onde são registradas as maiores altitudes, decrescendo gradualmente à medida que se desloca em direção ao norte, região de altitudes mais baixas. Tal fato está ligado a possível influência do relevo na precipitação da bacia, com as áreas localizadas em maiores altitudes apresentando maiores índices pluviométricos e, conseqüentemente, maiores índices erosivos.

5.5.9. 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 Araçuaí 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.

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.

5.5.10. 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 Araçuaí pela configuração do sistema existente atualmente, é possível observar, na maior parte, aspectos relacionados a urbanização nas áreas de leitos que passam pelo no município com influência das microbacias estudadas. Contudo, de acordo com a visita *in loco* e entrevista com representantes da Defesa Civil do Município, foi possível constatar a existência de áreas em que acontecem eventos isolados de enchentes e inundações. De uma forma geral, o município possui uma boa drenagem natural, não havendo muitos pontos de risco. Na figura a seguir é possível visualizar pontos de inundação, de acordo com dados disponibilizados pela Defesa Civil.

Figura 107 – Pontos de inundação disponibilizados pela Defesa Civil do Município de Araçuaí.



Fonte: Defesa Civil de Araçuaí, 2020. Dados trabalhos pela Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

5.5.11. Sistemas de Microdrenagem

São constatados problemas de assoreamento em canais superficiais de drenagem ao longo de certas rodovias, especialmente as não pavimentadas, onde não há existência de sistemas de microdrenagem. Além disso, pelo fato de uma parte do município situar-se às margens de um rio, ocupando sua planície de inundação, já ocorreram episódios de enchentes que afetaram significativamente as regiões mais planas do município.

A existência de um cadastro das redes pluviais se faz extremamente importante para a avaliação dos coletores principais. Foi realizada, juntamente com a equipe técnica da prefeitura, a identificação dos principais problemas advindos do subdimensionamento e inexistência de rede.

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. Esse trabalho deve se desenvolver simultaneamente ao plano urbanístico das ruas e das quadras, pois, caso contrário, ficam impostas, ao sistema de drenagem, restrições que demandam, sempre, custos maiores. O sistema de galeria deve ser planejado de forma homogênea, proporcionando, para todas as áreas, condições adequadas de drenagem.

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.

Apesar do relativo avanço nos investimentos em infraestrutura na cidade de Araçuaí, existe uma grande dificuldade em monitorar o funcionamento da drenagem urbana, especialmente a microdrenagem, que padece de entupimento, quase crônico, em frequentes prejuízos ao Poder Público e à população.

Estes entupimentos podem causar umidade na base do pavimento, danificando e prejudicando o pavimento asfáltico, com risco de contaminar o solo, além de causar inundações. Atualmente, o procedimento de limpeza das redes e das bocas-de-lobo ocorre de maneiras pontuais, à medida que se tornam evidentes as precariedades dessa natureza.

De acordo com esta informação, sugere-se a criação de equipes de limpeza e manutenção dos dispositivos de drenagem, uma vez que providências dessa natureza previnem eventuais dificuldades futuras, como entupimentos de bocas-de-lobo, assoreamento de tubulações e consequentes alagamentos e estragos nos pavimentos asfálticos, concorrendo com a elevação dos gastos e mais transtornos ao contribuinte.

O dimensionamento de uma rede de águas pluviais é baseado nas etapas de subdivisão e traçado da área, determinação das vazões que afluem à rede de condutos, dimensionamento da rede de condutos e dimensionamento das medidas de controle (PMPA, 2005).

O sistema de drenagem é composto de uma série de unidades e dispositivos hidráulicos com terminologia própria e cujos elementos mais frequentes são assim conceituados (Fernandes, 2002):

- **Greide** - é uma linha do perfil correspondente ao eixo longitudinal da superfície livre da via pública;
- **Guia** – também, conhecida como meio-fio, é a faixa longitudinal de separação do passeio com o leito viário, constituindo-se geralmente de concreto argamassado, ou concreto extrusado, cuja face superior situa-se no mesmo nível da calçada;
- **Sarjeta** - é o canal longitudinal, em geral triangular, situado entre a guia e a pista de rolamento, destinado a coletar e conduzir as águas de escoamento superficial até os pontos de coleta;
- **Sarjetões** - canais de seção triangular situados nos pontos baixos ou nos encontros dos leitos viários das vias públicas. São destinados a conectar sarjetas ou encaminhar efluentes destes para os pontos de coleta;
- **Bocas coletoras** – também, denominadas de bocas-de-lobo, são estruturas hidráulicas para captação das águas superficiais

transportadas pelas sarjetas e sarjetões; em geral, situam-se sob o passeio ou sob a sarjeta;

- **Galerias** - são condutos destinados ao transporte das águas captadas nas bocas coletoras e ligações privadas até os pontos de lançamento ou nos emissários, com diâmetro mínimo de 0,40 m;
- **Condutos de ligação** – também, denominados de tubulações de ligação, são destinados ao transporte da água coletada nas bocas coletoras até as caixas de ligação ou poço de visita;
- **Poços de visita e ou de queda** - são câmaras visitáveis situadas em pontos previamente determinados, destinadas a permitir a inspeção e limpeza dos condutos subterrâneos;
- **Trecho de galeria** - é a parte da galeria situada entre dois poços de visita consecutivos;
- **Caixas de ligação** – também, denominadas de caixas mortas, são caixas de alvenaria subterrâneas não visitáveis, com finalidade de reunir condutos de ligação ou estes à galeria;
- **Emissários** - sistema de condução das águas pluviais das galerias até o ponto de lançamento;
- **Dissipadores** - são estruturas ou sistemas, com a finalidade de reduzir ou controlar a energia no escoamento das águas pluviais, como forma de controlar seus efeitos e o processo erosivo que provocam;
- **Bacias de drenagem** - é a área abrangente de determinado sistema de drenagem.

5.5.12. 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 (podendo ser 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 taxas 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 taxa 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 a 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 taxa 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 taxa 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 taxa de drenagem, dificultando a instauração deste mecanismo de financiamento.

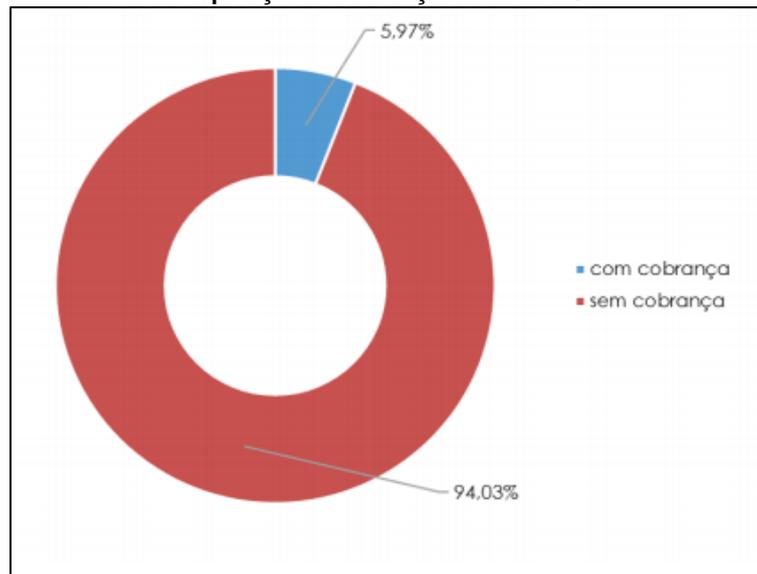
No entanto, o principal obstáculo refere-se à precificação e à atribuição, para cada usuário do sistema, de um valor de escoamento direto produzido em sua propriedade (GOMES, BAPTISTA, NASCIMENTO, 2008).

Como vantagens da aplicação deste instrumento, Gomes, Baptista e Nascimento (2008) destacam a relevância da aplicação de uma taxa 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 taxa 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 4, a seguir.

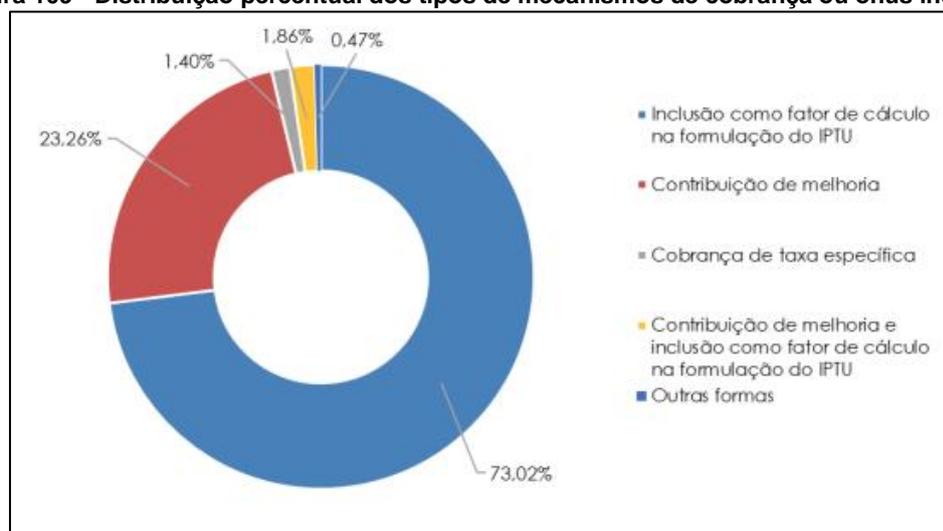
Figura 108 - Distribuição percentual de municípios com ou sem cobrança ou ônus indireto pelo uso ou disposição dos serviços de DMAPU.



Fonte: SNIS, 2018.

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 109 - Distribuição percentual dos tipos de mecanismos de cobrança ou ônus indireto.



Fonte: SNIS, 2018.

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 Taxa 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 público 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 taxa 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 Taxa de Cobrança para Drenagem Urbana, com base nas características individuais de cada município, para que desta forma, seja uma cobrança justa.

A taxa 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.

$$Cui = 100.Ct/[Ab.(15,8 + 0,842.Ai)]$$

$$Tx = A.Cui/100.(28,43 + 0,632.il)$$

Onde:

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 $Txp' = 15.A.Ctp/Ab.Ai$.

$$Txp = A.Ctp.(15 + 0,75i1)/Ab.Ai$$

$$Txp' = 15.A.Ctp/Ab.Ai$$

Onde:

Txp = Custo para cada área de lote urbanizado;

Txp' = Custo para cada área sem impermeabilização;

A = Área do terreno (m);

Ctp = Custo total de implementação do Plano (R\$ milhões);
i1 = Área impermeável do lote (%);
Ai = Área impermeável de toda a bacia (%);
Ab= Área da bacia (km).

Cançado *et al.* (2005) alegam que taxa 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 taxa 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 taxa 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:

$$Cme = CT/aivias + \sum aij$$

$$Tx = Cme.a_{ij}$$

Onde:

Cme = Custo médio do sistema por m^2 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);

a_{vias} = Área impermeabilizada das vias;

a_{ij} = Área impermeabilizada do imóvel j ;

$a_{vias} + \sum a_{ij}$ = 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 taxa, 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 taxa 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 taxa de águas pluviais. A URAPE pode ser definida conforme equação a seguir.

$$URAPE = \sum A_{il}/n$$

Onde:

$\sum A_{il}$ = 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.

$$\text{Taxa anual por URAPE} = \text{Custo de operação e manutenção} / \text{Total de URAPES}$$

Para saber o valor a ser pago por cada lote deve-se verificar quantas URAPES o lote possui quando comparado à unidade padrão

ão, 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 ressalta 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 taxa 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 taxa 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 taxa 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.

5.5.13. Análise Crítica das Deficiências no Sistema de Drenagem das Águas Pluviais

As deficiências de um sistema de drenagem dentro de um município são responsáveis por ocasionar enxurradas, inundações e alagamentos quando ocorrem precipitações pluviométricas fortes para a capacidade de escoamento dos perímetros urbanos.

Nas inundações graduais, as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Já as inundações bruscas são provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais se escoam de forma rápida e intensa (Castro, 2003).

Diferente das enchentes e inundações, os alagamentos se configuram pelo acúmulo de água nos leitos das ruas, e são formados pelas inundações bruscas, que são escoamentos superficiais também provocados por chuvas intensas e em áreas total ou parcialmente impermeabilizadas. É comum a combinação dos dois fenômenos – enxurrada/ inundação brusca e alagamento – em áreas urbanas acidentadas (CEDEC 1995).

De acordo com dados fornecidos pelo município, os maiores problemas relacionados a inundações são provenientes das cheias do rio Araçuaí. Percebe-se, por meio do mapa exposto, que as populações mais atingidas são aquelas que se encontram nas margens aluviais do referido corpo hídrico. A mancha de inundação acompanha toda a rua gentil de castro e, nas maiores cheias, impede o correto escoamento do córrego calhauzinho, ocasionando pontos de inundações à montante.

Outro ponto com recorrentes problemas relacionados à macrodrenagem está localizado no final da Rua Olaria. Nesse ponto foi identificado o estrangulamento da vazão do córrego calhauzinho devido a presença de uma passarela com alutra subdimensionada. Quando a intensidade das chuvas é muito alta, o estrangulamento supracitado também afeta o bairro Arraial, que fica às margens do Córrego Calhauzinho.

Mais uma falha identificada no sistema de macrodrenagem se refere a dois bueiros que direcionam os deflúvios centrais para o Rio Araçuaí. O primeiro localizado

no final da Rua José Cândido da Silva e o segundo nas proximidades do final da Rua Sgt. Alfredo. Ambos estão obstruídos com sedimentos e necessitam de urgente limpeza e manutenção pois são canais importantíssimos para manter o bairro Alto Santuário seguro contra inundações.

Em Araçuaí, muitos bairros, principalmente aqueles criados a partir de loteamentos irregulares, não possuem dispositivos adequados de microdrenagem. Um exemplo claro dessa deficiência é o Bairro Nova Esperança, que além de não possuir pavimentação em suas vias, também não possui sistemas adequados para o disciplinamento das águas pluviais. Os moradores do bairro sofrem com as enxurradas que se formam na parte mais alta, próximo à Rua L, e corta o bairro em sentido ao centro da cidade, passando pelas ruas J e G. Como existe muito solo exposto nos lotes do bairro, as enxurradas carregam muitas partículas, resíduos e demais sujidades urbanas, danificando bens e residências.

Outro problema recorrente no centro da cidade é o retorno das águas do Rio Araçuaí, durante suas cheias, para as galerias pluviais que deveriam escoar o deflúvio da área urbanizada para o referido rio. Isso ocorre devido a proximidade das cotas altimétricas entre o leito do rio e as galerias pluviais instaladas entre as ruas Pedro Celestino e Manoel Fulgêncio. Quando as águas do Araçuaí sobem devido à maior pluviosidade na cabeceira, vertem para essas galerias e transbordam pelas bocas de lobo, inutilizando todo o sistema de microdrenagem da área central do município. Essa situação também impacta a praça localizada no encontro da Rua Gentil de Castro com a Rua Malacacheta.

O Bairro São Geraldo também apresenta problemas com inundações, especificamente na área circunvizinha à Lagoa da Vila, localizada entre as ruas José Antônio Araújo e Professora Irmã Cássia. Na ocorrência de eventos pluviométricos extremos, o deflúvio do bairro acima citado e também dos Bairros Canoeiro, Vila Magnólia, Fátima e Bela Vista escoam para a referida lagoa de forma indisciplinada, com alta velocidade de concentração, aumentando muito o nível da mesma e causando uma mancha de inundação que atinge várias residências nos referidos bairros.

5.5.14. Diagnóstico da Situação das Redes de Galerias Pluviais Existentes na Área Urbana

Foram apresentadas deficiências no sistema de drenagem do perímetro urbano. Devem-se prever projetos de microdrenagem, para que não sejam excluídos do planejamento projetado para os próximos 20 anos.

As dificuldades variam desde o escoamento das águas pluviais, dada a inexistência de dispositivos para captação das águas da chuva, passam por problemas no dimensionamento da rede de drenagem, falta de manutenção da rede, acúmulo de sedimentos e resíduos advindos das enxurradas, e vão até a falta de limpeza urbana. Estas precariedades agravam os problemas já existentes, principalmente na sede urbana.

5.5.15. 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).

No caso de Araçuaí, não foi certificada a existência de dissipadores, por falta de informações, favorecendo 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 destes dispositivos.

É de grande importância, a realização do levantamento dos pontos de emissão de águas pluviais, para que seja possível analisar as condições atuais e propor medidas que sanem os problemas dos pontos de poluição difusa, erosão e assoreamento de rios. Qualquer atividade poluidora que se instalar na área urbana e tiver seus resíduos carreados, através da drenagem urbana, estes serão depositados nos corpos d'água receptores.

A principal medida para atenuar problemas dessa natureza é a educação ambiental, discutindo e efetivando as medidas não estruturais, sensibilizando a população da importância dos dispositivos de drenagem urbana, visando evitar lançamentos de lixo nas ruas e esgoto doméstico ou industrial nas galerias de águas pluviais.

As ações de fiscalização, nos casos de ligações clandestinas, tanto de esgoto na rede pluvial quanto de águas pluviais na rede de esgoto, devem ser executadas em parceria entre a Secretaria Municipal de Obras e Saneamento, Vigilância Sanitária e a concessionária do serviço de água e esgoto. Essas regiões devem ser identificadas, para que haja a proposição de possíveis intervenções. Em Araçuaí foi constatada a existência de fiscalização, contudo, apenas em casos de denúncias, sendo necessária a expansão e investimento nesse tipo de ação.

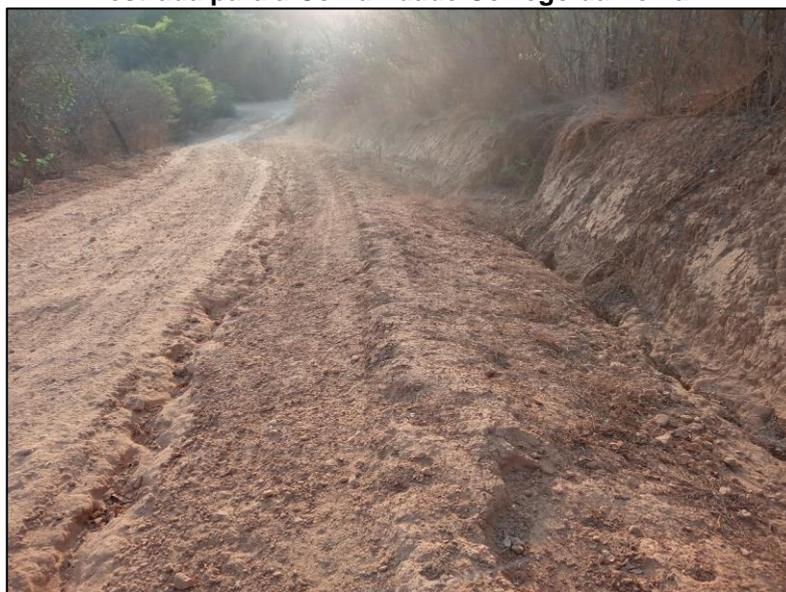
A ação de identificação de ligação clandestina pode ser facilitada por meio do mapeamento da rede de drenagem. No ponto emissário da galeria de rede pluvial, verifica se há presença de efluente com as características de esgoto, caso haja, faz-se necessária a fiscalização das regiões de abrangência desta galeria. Desse modo, é possível identificar o ponto de ligação irregular e/ou ilegal.

5.6. Diagnóstico dos Serviços de Drenagem nas Comunidades Localizadas na Área Rural de Araçuaí

As comunidades rurais do município de Araçuaí, em geral, não possuem dispositivos adequados de micro e macrodrenagem, dada a esporadicidade das precipitações. Contudo, vários problemas causados pelo indiscionamento das águas pluviais puderam ser constatados tanto localmente como por meio das reuniões e entrevistas nas comunidades.

Nos meses chuvosos, quando a intensidade das chuvas é maior, muitas comunidades acabam ficando isoladas devido ao transbordamento de rios e córregos e a danificação das estradas de terra que garantem o acesso aos mesmos. Os maiores problemas se concentram nas áreas de chapadas e nos leitos alagáveis dos corpos hídricos que cortam e/ou abastecem as comunidades.

Figura 110 – Problemas erosivos consequentes da falta de dispositivos de drenagem na estrada para a Comunidade Córrego da Velha.



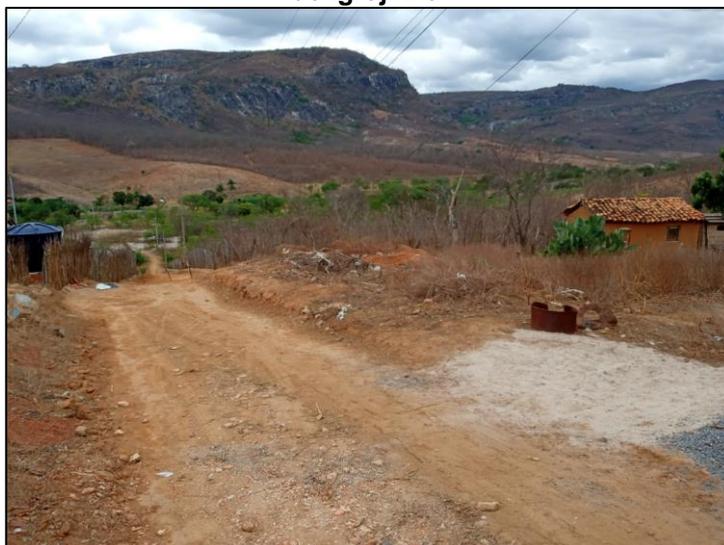
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

Figura 111 – Ponto de inundação localizado na Comunidade de Baixa Quente.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

Figura 112 – Estrada danificada pelo escoamento superficial de águas pluviais na Comunidade de Igrejinha.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

Figura 113 – Problemas de drenagem localizados na comunidade de Piabanha.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2021.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. 2018. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 17 out. 2020.

ÁGUA, Portal Tratamento de. **Lagoas de Estabilização**. 2019. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/lagoas-estabilizacao/>. Acesso em: 17 out. 2020.

Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida (Apremavi, 2020). **Mata Atlântica. Fauna**. Disponível em: <<https://apremavi.org.br/mata-atlantica/fauna/>>. Acesso: 2020.

AYOADE, J. O. 1996. **Introdução á climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.

BARROS, R.T. de V. et. al., 1995. **Doenças relacionadas com água**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522004000400006 – acesso em 10 de out. de 2020.

BERTONI, J.; LOMBARD NETO, F. L. Conservação do solo. 5. ed. São Paulo: Ícon, 2005. 355 p.

BRAGA, P.F.A. e SAMPAIO, J.A. **Lítio In: Rochas e Minerais Industriais**, 2 a Ed. Luz, A.B. e Lins, F.A.F.(Eds.), CETEM/MCT, 2008, p. 585-604

BRASIL. **Lei de Saneamento Básico**: Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 17 de out. de 2020.

BRASIL. **Norma Brasileira NBR 12.218** - Projeto De Rede De Distribuição De Água Para Abastecimento Público.



CAMPOS, H. M. & SPERLING, M. **Proposição de Modelos para Determinação de Parâmetros de Projeto para Sistemas de Esgotos Sanitários com Base em Variáveis de Fácil Obtenção** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu. Anais Eletrônicos do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu: ABES, 1997.
CBL. Companhia Brasileira de Lítio. Disponível em: <https://cblitio.com.br/a-empresa/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N°. 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº. 357/2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 2020.

Controle do Minério de Espodumênio em Pegmatitos da Mina da Cachoeira, Araçuaí, MG.

DURÃES, M. F.; MELLO, C. R. D. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 4, p. 677-685, 2016.

FARIAS, A.B. & BRITO, A.R. **Diagnóstico das composições gravimétricas e volumétrica dos resíduos sólidos urbanos do aterro da Muribeca.** IV Seminário Nacional sobre Resíduos Sólido e Gerenciamento Integrado. Anais em CD. Recife/PE. 2000.

GAMA ENGENHARIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório Diagnóstico dos Afluentes do Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3) (RT2).** Maceió: Gama, 2013. 866p.

IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2001.



IFNMG. **História da cidade de Araçuaí**. 2011. Disponível em: <https://ifnmg.edu.br/biblioteca-ara/funcionamento/47-portal/aracuai/aracuai-institucional/1204-historia-da-cidade-de-aracuai>. Acesso em: 13 out. 2020.

IGAM. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Araçuaí: Relatório Final. Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/aracuai_mg>. Acesso em: 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/aracuai/panorama>>. Acesso em 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí: Relatório Síntese**. Belo Horizonte, 2010. 71 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Disponível em: www.inpe.br. Acesso em 2020.

LEI.A. Conhecimento e Ação pelo Meio Ambiente. Disponível em: <http://leia.org.br/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

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. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.



MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 204 p.

PANORAMA DO SANEAMENTO NO BRASIL – VOL. 2. Ministério das Cidades 2011.

PEREIRA, A. M.; et. al. **UNIMONTES CIENTÍFICA**. Montes Claros, v.5, n.2, jul./dez. 2003

PEREIRA NETO, J.T. **Quanto Vale o Nosso Lixo**, Viçosa-MG, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAÇUAÍ. Disponível em:
<<https://www.aracuai.mg.gov.br/>>. Acesso em 2020.

SÃO PAULO. CETESB. . **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas.pdf#page=102&zoom=100,0,0>. Acesso em: 14 out. 2020.

SERQUIP. Tratamento de Resíduos. Disponível em: <http://serquipmg.com.br/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. Utilização de um sistema experimental por meio de “wetland” construído no tratamento de esgotos domésticos pós tanque séptico. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000, Porto Seguro. **Anais...** Porto Seguro: ABES, 2000. p. 688-697.

SOUSA, J. T.; VAN HAANDEL, A.; LIMA, E. P. C.; HENRIQUE, I. N. Utilização de wetlands construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reatores UASB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 285-290, 2004.

SOS Mata Atlântica. Divulgação dos dados de desmatamento da Mata Atlântica. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/noticias/divulgados-novos-dados-sobre-o-desmatamento-da-mata-atlantica/>>. Acesso em 2020.

UNICAMP (Brasil). **Tratamento de Esgoto.** 2020. Disponível em: [http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lagoas.html#:~:text=POR%20LAGOAS%20FACULTATIVAS-,\(SISTEMA%20AUSTRALIANO\),entre%204%20a%205%20metros..](http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/lagoas.html#:~:text=POR%20LAGOAS%20FACULTATIVAS-,(SISTEMA%20AUSTRALIANO),entre%204%20a%205%20metros..) Acesso em: 20 out. 2020.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL. Sistema Nacional de UC. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/pt-br/unidadesdeconservacao#sistema-de-unidades-de-conservao-snuc>>. Acesso em 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N°. 430, de 13 de maio de 2011. Complementa e altera a Resolução nº. 357/2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 2020.

SOUSA, José Tavares de et al. Utilização de wetland construído no pós-tratamento de esgotos domésticos pré-tratados em reator UASB. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [s.l.], v. 9, n. 4, p.285-290, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522004000400004>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 1. Policy and regulatory aspects. Geneva: Who Press, 2006. 114 p.

FUNASA. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. 4. ed. Brasília, 2015. 642 p.

MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A.. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. Journal Of Environmental Management, [s.l.], v. 90, n. 1, p.652-659, jan. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>.



USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. EPA/625/R-00/008 (NTIS PB02-108560): ONSITE WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS MANUAL - REVISED FEBRUARY 2002. [s.i.]: U.s. Environmental Protection Agency, 2002. 369 p.