



PLANEJAMENTO E ESPACIALIZAÇÃO DO SANEAMENTO NO MUNICÍPIO DE CAETANÓPOLIS – MG

Cooperação técnica para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico

PRODUTO 3 – PROGNÓSTICO DO SANEAMENTO MUNICIPAL E OBJETIVOS DO PMSB



**Caetanópolis
2019**



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAETANÓPOLIS

CNPJ 23.221.351/0001-28
Rua Francisco Mascarenhas Ferreira, nº 159, Centro, CEP: 35770-000
Caetanópolis – MG, Tel. (31) 3714-6343

Romário Vicente Alves Ferreira
Prefeito Municipal

Gilmar Lopes Fernandes
Vice-Prefeito Municipal

Marilene de Fátima Araújo
Secretária de Desenvolvimento Municipal, Cultura e Esportes



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE SETE LAGOAS – UNIFEMM

CNPJ 25.002.155/0001-98
Av. Marechal Castelo Branco, nº 2.765, Santo Antônio, CEP: 35701-242
Sete Lagoas – MG, Tel. (31) 2106-2106

Adélio Araújo de Faria
Representante Legal

Antônio Fernandino de Castro Bahia Filho
Reitor



COMITÊ DE EXECUÇÃO

Coordenação técnica

Rafael do Carmo Oliveira
Engenheiro Civil
Registro profissional: CREA 190.568/D

Coordenação geral

Marilene de Fátima Araújo
Secretária de Desenvolvimento Municipal, Cultura e Esportes

Matheus Miranda da Silva
Engenheiro Ambiental

Apoio técnico

Denise de Freitas Silva
Engenheira Agrícola

Isa Maria de Paula Boratto
Geógrafa

Gisela de Avellar
Geógrafa

Aline Alves Amaral
Estagiária (Engenharia Ambiental)

Camila Ribeiro Rocha
Estagiária (Arquitetura e Urbanismo)

Fabrcio Alves de Souza
Estagiário (Engenharia Civil)

Guilherme Costa Galdino
Estagiário (Engenharia Civil)



Leandro Antônio Passos
Estagiário (Arquitetura e Urbanismo)

Letícia Marques Gonçalves
Estagiária (Engenharia Civil)

Lucas Marques Lourenço
Estagiário (Engenharia Civil)

Maria Carolina Braga Santos
Estagiária (Engenharia Ambiental)

Marina Freitas da Silva
Estagiária (Engenharia Ambiental)

Paloma Moreira Félix
Estagiária (Engenharia Ambiental)

Pedro Henrique Oliveira
Estagiário (Arquitetura e Urbanismo)

Tairine Miliana da Silva
Estagiária (Arquitetura e Urbanismo)

Apoio administrativo

Thaís Lorena Araújo dos Santos
Estagiária

APRESENTAÇÃO

O saneamento caracteriza-se como um aspecto fundamental para a garantia de qualidade de vida de uma população. Seu planejamento torna-se um fator condicionante para outras áreas, tais quais a saúde pública e estruturação urbana. A lei federal 11.445/2007 foi criada para estabelecer as diretrizes para o saneamento básico a nível federal.

Neste contexto, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), instrumento criado pela referida lei, traz as possibilidades do pensamento sistêmico em torno da estruturação do saneamento básico, em escala municipal. Ao condicionar a existência de diagnóstico e prognóstico, garantias de englobamento das características atuais e demandas futuras tornam-se reais. A exatidão ao desenvolver-se o planejamento técnico para o saneamento aumenta de acordo com o nível de detalhamento de tais estudos de prospecção.

Este documento apresenta o prognóstico do saneamento básico no município de Caetanópolis-MG, junto ao estabelecimento de objetivos e metas integrantes do PMSB. O horizonte temporal do estudo de prognóstico adotado foi a base de 20 anos instituída para o planejamento, o que possibilitou as estimativas das demandas por água, produção de esgoto, geração de resíduos sólidos e da necessidade de estruturação de drenagem urbana. A determinação de objetivos e metas seguiram princípios básicos, como a universalização de acesso e o controle social, que serão apresentados neste documento.

Desta forma, essa etapa torna-se o norte para a elaboração das propostas de programas, projetos, ações e do plano de execução nas próximas fases do planejamento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	122
2 OBJETIVOS	155
3 EVOLUÇÃO POPULACIONAL	166
3.1 Estimativa Populacional	166
3.2 Áreas de Potencial Adensamento Populacional	20
4 CARÊNCIAS IDENTIFICADAS	222
5 MATRIZ DE AVALIAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS Erro! Indicador não definido.3	
5.1 Áreas Prioritárias para o Serviço de Abastecimento de Água	233
5.2 Áreas Prioritárias para o Serviço de Esgotamento Sanitário	266
5.3 Áreas Prioritárias para o Serviço de Manejo de Resíduos Sólidos ...	278
5.4 Áreas de Prioritárias para o Serviço de Manejo de Águas Pluviais	30
6 PROGNÓSTICO	32
6.1 Serviço de Abastecimento de Água	32
6.1.1 Projeções da demanda anual de água para a área de planejamento ao longo de 20 anos	33
6.1.2 Projeção da demanda de reservação	34
6.1.3 Descrição dos principais mananciais passíveis de serem utilizados para o abastecimento de água da área de planejamento	35
6.1.4 Previsão de eventos de emergência e contingência do serviço de abastecimento de água	Erro! Indicador não definido.7
6.2 Serviço de Esgotamento Sanitário	41
6.2.1 Índices e parâmetros adotados	41
<i>6.2.1.1 Coeficientes de dia e de hora de maior e menor consumo</i>	<i>41</i>
<i>6.2.1.2 Coeficientes de retorno e consumo per capita</i>	<i>42</i>
6.2.2 Projeção do serviço de esgotamento sanitário	42
6.2.3 Previsão das estimativas de DBO e Coliformes	45
6.2.4 Definição de alternativas técnicas de engenharia para o serviço de esgotamento sanitário a partir das projeções	50
<i>6.2.4.1 Área urbana</i>	<i>50</i>
<i>6.2.4.2 Área urbana distante e área rural</i>	<i>51</i>

6.2.5	Previsão de eventos de emergência e contingência do serviço de esgotamento sanitário	52
6.3	Serviço de Manejo de Resíduos Sólidos	555
6.3.1	Cenário atual	55
6.3.2	Estimativas anuais de resíduos sólidos domiciliares gerados ao longo de 20 anos	56
6.3.3	Critérios para pontos de apoio na área de planejamento	61
6.3.4	Descrição das formas de participação da prefeitura na coleta seletiva e na logística reversa	63
6.3.5	Área de disposição dos resíduos sólidos domiciliares	65
6.3.5.1	<i>Riscos de poluição e/ou contaminação</i>	69
6.3.5.2	<i>Procedimentos operacionais do aterro sanitário</i>	70
6.3.5.3	<i>Tratamento do lixiviado</i>	71
6.3.5.4	<i>Drenagem e destino dos gases de lixiviado</i>	72
6.3.5.5	<i>Monitoramento ambiental</i>	73
6.3.5.6	<i>Estrutura para a destinação dos resíduos recicláveis</i>	74
6.3.5.7	<i>Destinação dos resíduos inertes</i>	75
6.3.6	Desativação do aterro controlado	76
6.3.7	Previsão de eventos de emergência e contingência do serviço de manejo de resíduos sólidos	77
6.4	Serviço de Manejo de Águas Pluviais	80
6.4.1	Situação atual	81
6.4.2	Estimativa do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais ao longo de 20 anos.....	81
6.4.3	Propostas Mitigadoras.....	82
6.4.3.1	<i>Medidas de controle para reduzir o assoreamento de cursos d'água e de bacias de retenção.....</i>	82
6.4.3.2	<i>Medidas de controle para o lançamento de resíduos sólidos nos corpos d'água.....</i>	84
6.4.3.3	<i>Medidas para o controle de escoamento na fonte.....</i>	85
6.4.3.4	<i>Medidas para o tratamento de fundos de vale.....</i>	89
6.4.3.5	<i>Análise da necessidade de complementação do sistema com estruturas de drenagem pluvial.....</i>	90
6.4.3.6	<i>Previsão de eventos de emergência e contingência.....</i>	93

7 CENÁRIO DE REFERÊNCIA PARA GESTÃO DOS SERVIÇOS	95
REFERÊNCIAS.....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Crescimento populacional de Caetanópolis no período de 2020 a 2039	18
Tabela 2 – Identificação das carências do saneamento básico	22
Tabela 3 – Identificação dos pesos conforme tipo de atendimento dos critérios	23
Tabela 4 - Critérios prioritários do serviço de abastecimento de água	24
Tabela 5 – Resultado obtido através da matriz de avaliação – serviço de abastecimento de água	25
Tabela 6 – Critérios prioritários do serviço de esgotamento sanitário	26
Tabela 7 - Resultado obtido através da matriz de avaliação – serviço de esgotamento sanitário	27
Tabela 8 – Critérios adotados para o serviço de manejo de resíduos sólidos	28
Tabela 9 - Resultado obtido através da matriz de avaliação – serviço de manejo de resíduos sólidos	29
Tabela 10 – Critérios adotados para o serviço de manejo de águas pluviais ...	30
Tabela 11 - Resultado obtido através da matriz de avaliação – serviço de manejo de águas pluviais	31
Tabela 12 - Estudo de demanda para o sistema de abastecimento de água do município de Caetanópolis	33
Tabela 13 - Estudo do sistema de demanda de reservação	35
Tabela 14 – Ações de emergência e contingência do abastecimento de água ..	38
Tabela 15 – Projeção do serviço de esgotamento sanitário do município de Caetanópolis	44
Tabela 16 – Estimativa de carga e concentração de DBO e Coliformes (sem tratamento)	47
Tabela 17 – Estimativa de carga e concentração de DBO e Coliformes totais durante 20 anos	48
Tabela 18 - Ações de emergência e contingência do serviço de esgotamento sanitário	53

Tabela 19 – Estimativa de resíduos gerados ao longo de 20 anos	57
Tabela 20 – Estimativa de geração de resíduos ao longo de 20 anos (com programa de coleta seletiva)	60
Tabela 21 – Critérios técnicos segundo NBR 10.157	67
Tabela 22 – Critérios econômico-financeiros	67
Tabela 23 – Critérios político-sociais	68
Tabela 24 – Peso e prioridade dos critérios	68
Tabela 25 – Tipo de atendimento	68
Tabela 26 – Pontuação da área disponibilizada pelo município	69
Tabela 27 – Ações de emergência e contingência do serviço de manejo de resíduos sólidos	78
Tabela 28 – Cenário de estruturação do sistema de microdrenagem.....	91
Tabela 29 – Cenário de manejo do sistema de macrodrenagem.....	92
Tabela 30 – Ações de emergência e contingência de drenagem urbana e manejo de água pluvial.....	94
Tabela 31 – Objetivos serviço de abastecimento de água	96
Tabela 32 – Objetivos do serviço de esgotamento sanitário	97
Tabela 33 – Objetivos do serviço de manejo de resíduos sólidos	98
Tabela 34 – Objetivos do serviço de manejo de águas pluviais	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Crescimento populacional - método das componentes demográficas	19
Figura 2 – Crescimento populacional - método do crescimento geométrico	19
Figura 3 – Áreas passíveis de adensamento populacional no núcleo urbano de Caetanópolis	20
Figura 4 – Bairros Boa Vista e Parque dos Buritis	21
Figura 5 – Bairros Itapoã e Itamaracá	21
Figura 6 - Esquema de fossa séptica combinada com filtro anaeróbio	51
Figura 7 – Esquema de sumidouro	52
Figura 8 – Esquema de construção e operação de um aterro sanitário	65
Figura 9 – Área de implantação do aterro sanitário	66
Figura 10 – Esquema do tratamento de lixiviado	72
Figura 11 – Esquema do aproveitamento energético de biogás no aterro sanitário	73
Figura 12 – Planta de um galpão de reciclagem	75
Figura 13 – Áreas de APP em cursos naturais.....	83
Figura 14 - Áreas de APP no entorno de nascentes.....	84
Figura 15 – Bacia de detenção aberta.....	86
Figura 16 - Bacia de detenção fechada.....	87
Figura 17 – Reservatório de detenção fechado construído em Porto Alegre – RS.....	87
Figura 18 – Áreas de análise de componentes e estruturas da drenagem pluvial em Caetanópolis – MG.....	90

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é conceituado como um conjunto de estruturas, serviços que proporcionam o acesso de uma população ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e tratamento de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

A importância do saneamento encontra-se relacionada diretamente com a saúde pública, qualidade de vida e garantia de condições de dignidade humana. O meio hídrico é um ambiente favorável para a vida de diversos organismos patógenos, além da possibilidade de conter substâncias nocivas à saúde humana. A mesma importância é observada ao tratar-se dos solos e do ar. A partir de um contexto em que as condições em que os ambientes se encontram tornam-se desfavoráveis para o bem-estar humano e prejudicial à saúde, a implantação do saneamento básico apresenta-se como principal alternativa para controle e solução do problema.

O planejamento do saneamento deve abranger princípios que embasem os fundamentos básicos, como previsto na lei 11.445/2007. Tais fundamentos englobam a universalização do acesso, integralidade e disponibilidade, observação das peculiaridades do local, eficiência e sustentabilidade, aplicação de tecnologias apropriadas, controle social, transparência, integração com a gestão eficiente dos recursos hídricos e ações de fomento à moderação do consumo de água. Aliado a tais fatores, políticas de desenvolvimento regional devem estar em consonância com o planejamento dos serviços básicos do saneamento.

A universalização do saneamento é o princípio básico que fomenta a estruturação deste documento. Os objetivos e metas apresentam como foco principal a garantia que o grupo populacional do município tenha acesso aos serviços essenciais, com destaque ao abastecimento de água. Conseqüentemente, a evolução da infraestrutura é um elemento base para a universalização, que é visada de forma progressiva, até que todo o conjunto de domicílios do município tenham acesso aos serviços.

O sistema de saneamento implantado deve ser íntegro tanto na concepção quanto na implantação e operação. Desta forma, o acesso aos serviços é garantido de forma primordial, respeitando as necessidades reais da

população. Cada um dos serviços do saneamento deve ser disponibilizado aos cidadãos de maneira que seu funcionamento não apresente falhas e intermitências que comprometam sua integridade.

As alternativas estruturais propostas devem respeitar as peculiaridades do local, como características ambientais e sociais. Uma instalação que proporcione um serviço, mas que venha a criar um conflito na esfera social ou cultural com uma população, não condiz com o planejamento adequado do saneamento. Da mesma forma, alternativas tecnológicas que possuem características pelas quais a eficiência é comprometida por aspectos físicos do local de implantação, como fatores climáticos e hidrológicos, são inadequadas à realidade do local.

Outro ponto de atenção no desenvolvimento do planejamento do saneamento traduz-se na forma de medidas de interação e integração de ações voltadas à gestão dos recursos hídricos e do meio ambiente, em suas diferentes esferas. A gestão de uma bacia hidrográfica, por exemplo, apresenta diversos atores que se relacionam e cooperam na utilização destas unidades territoriais, inviabilizando quaisquer abordagens individualizadas de manejo do território. A interação entre os agentes de gestão contribui para a eficiência do planejamento e na adoção de ações conjuntas.

A publicação das ações feitas pelos agentes públicos constitui um meio de informação da população frente às medidas adotadas para resolução de problemas apresentados em seu cotidiano. Desta forma, o princípio da transparência funciona como ferramenta de responsabilidade frente aos investimentos públicos e às ações prioritárias levantadas nos planos. O poder público tem o dever de informar aos contribuintes sobre a aplicação do dinheiro público em melhorias para a sociedade de uma forma em geral, fazendo com que os mesmos sejam um dos atores integrantes deste processo.

Nessa abordagem, o controle social das medidas voltadas ao saneamento pode ser visto como uma ferramenta prioritária. A população tem a possibilidade de agir com ação consultiva ou mesmo com poder decisório frente às políticas, planos e atividades do saneamento básico. A aplicação do controle social propicia que outros princípios sejam melhor empregados. Ao se dar voz aos atores sociais, as peculiaridades do local onde vivem são observadas e a probabilidade de adoção de medidas adequadas à realidade das pessoas

aumenta. Desta forma, esta ferramenta vai de encontro com as principais práticas democráticas existentes, representando uma ampla forma de redução de potenciais conflitos envolvendo a população.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Caetanópolis-MG está de acordo com os princípios descritos, objetivando a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico a todos os moradores do município. Metas voltadas aos moradores dos diferentes contextos municipais (urbano, peri-urbano e rural) são apresentadas, com foco na expansão e melhoria dos serviços integrantes do sistema público de saneamento básico.

2 OBJETIVOS

O Plano Municipal de Saneamento Básico tem como objetivo geral propor diretrizes para o planejamento de ações voltadas ao saneamento, respeitando o que é estabelecido pela Lei 11.445/2007, visando os processos de melhorias da qualidade de vida dos munícipes de Caetanópolis-MG.

O Prognóstico do Saneamento Básico do município de Caetanópolis-MG e definição dos objetivos e metas do PMSB objetiva o estabelecimento de cenários e criação de diretrizes para a definição de ações relativas ao saneamento. De forma discretizada, os objetivos estabelecidos neste documento são:

- Elucidação dos princípios básicos norteantes do planejamento municipal do saneamento básico;
- Determinação de cenários de evolução populacional e consequentes impactos sobre a estrutura do saneamento básico;
- Avaliação dos contextos das unidades territoriais do município para definição de prioridades frente aos eixos do saneamento básico;
- Definição de objetivos e metas voltadas ao progresso estrutural e institucional do saneamento no município;
- Determinação de métodos de avaliação das estratégias englobadas nos objetivos e metas propostos.

3 EVOLUÇÃO POPULACIONAL

3.1 Estimativa Populacional

Estudos de prognóstico são baseados em estimativas e criação de cenários futuros, que permitem a visualização de diversos aspectos de interesse. A avaliação da evolução populacional mostra-se como um item chave para a elaboração de simulações. Vários dos componentes do saneamento são quantificados em relação às unidades populacionais, como o consumo de água e a geração de resíduos sólidos, por exemplo. A estimativa populacional neste estudo foi baseada no Método das Componentes Demográficas - MCD (IBGE, 2018).

O MCD é uma metodologia empregada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para estimar a população do Brasil e de suas unidades federativas. O método diferencia-se de outras estimativas por englobar diferentes fatores influentes na evolução populacional, representados pelas taxas de natalidade, mortalidade e migração (IBGE, 2018). A equação 01 representa a quantificação da evolução populacional.

$$P_t = P_{t-1} + N - M + X \quad (\text{Equação 01})$$

Onde: P = população em determinado ano, em habitantes;

t = ano analisado;

N = quantificação dos nascimentos, em habitantes;

M = quantificação de mortes, em habitantes;

X = quantificação da migração, em habitantes.

Os valores das taxas aplicadas no estudo de evolução da população foram obtidos a partir de dados disponibilizados pela Fundação João Pinheiro (FJP, 2019). Foi aplicada uma taxa de natalidade de 13,42 a cada mil habitantes, sendo que a mortalidade observada esteve em 5,39 a cada mil habitantes. A taxa referente à migração, a cada milhar de população, foi quantificada em 9,7.

Para efeito comparativo, foi empregado também o método de crescimento geométrico, descrito por Heller e Pádua (2010). O método numérico é baseado na evolução da população com base em uma taxa de crescimento

calculada com base em valores populacionais observados anteriormente (Equações 02 e 03).

$$Kg = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_0)}{t_2 - t_0} \quad (\text{Equação 02})$$

$$P_t = P_0 \times e^{Kg(t-t_0)} \quad (\text{Equação 03})$$

Onde: P = população em determinado ano, em habitantes;
t = anos de referência e análise;
Kg = taxa de crescimento geométrico.

O horizonte temporal empregado na análise foi de 20 anos. Desta forma, o cálculo populacional para o município de Caetanópolis foi realizado observando-se o período 2020-2039, pelo qual se baseiam as informações contidas neste plano.

A estimativa populacional do município encontra-se na TAB. 1. Conforme as taxas empregadas já traduzem, pode-se observar o predomínio do crescimento da população, evidenciado pelo maior número de nascimentos frente à mortalidade. Soma-se a esse fator a migração, que ocorre de forma positiva no município, o que intensifica o crescimento de sua população.

Tabela 1 – Crescimento populacional de Caetanópolis no período de 2020 a 2039

Ano	População anterior	Nascimentos	Mortes	Migração	Total
2020	11973	161	65	117	12186
2021	12186	164	66	119	12403
2022	12403	167	67	121	12624
2023	12624	170	69	123	12848
2024	12848	173	70	125	13076
2025	13076	176	71	127	13308
2026	13308	179	72	130	13545
2027	13545	182	74	132	13785
2028	13785	185	75	134	14029
2029	14029	189	76	137	14279
2030	14279	192	77	139	14533
2031	14533	196	79	141	14791
2032	14791	199	80	144	15054
2033	15054	203	82	147	15322
2034	15322	206	83	149	15594
2035	15594	210	85	152	15871
2036	15871	213	86	154	16152
2037	16152	217	88	157	16438
2038	16438	221	89	160	16730
2039	16730	225	91	163	17027

A evolução populacional demonstra um acréscimo aproximado de 5 mil habitantes no município nos próximos 20 anos, valor que representa quase 44% da população atual. Por efeito comparativo, as FIG. 1 e 2 ilustram o crescimento observado na aplicação dos métodos das componentes demográficas e do crescimento geométrico, respectivamente. Observa-se que o comportamento numérico apresentado nos resultados das duas estimativas é similar, o que reforça a tendência observada.

Figura 1 – Crescimento populacional – método das componentes demográficas

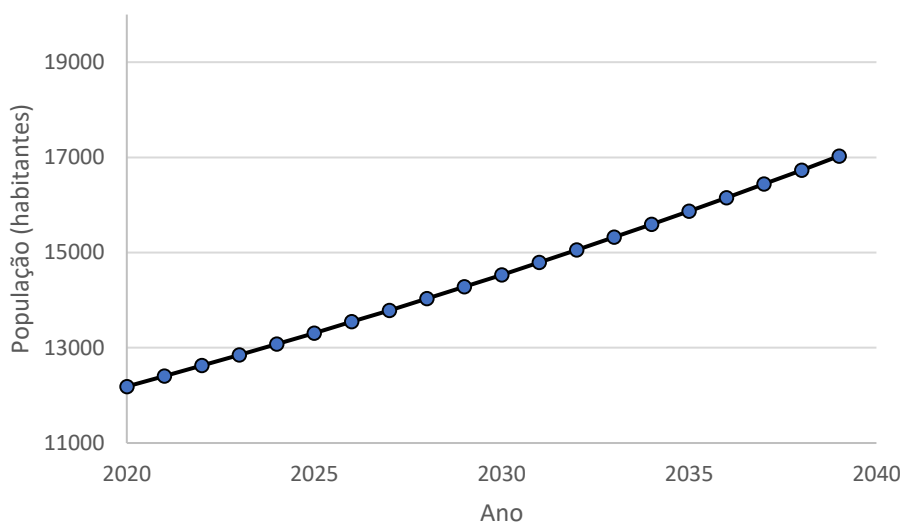
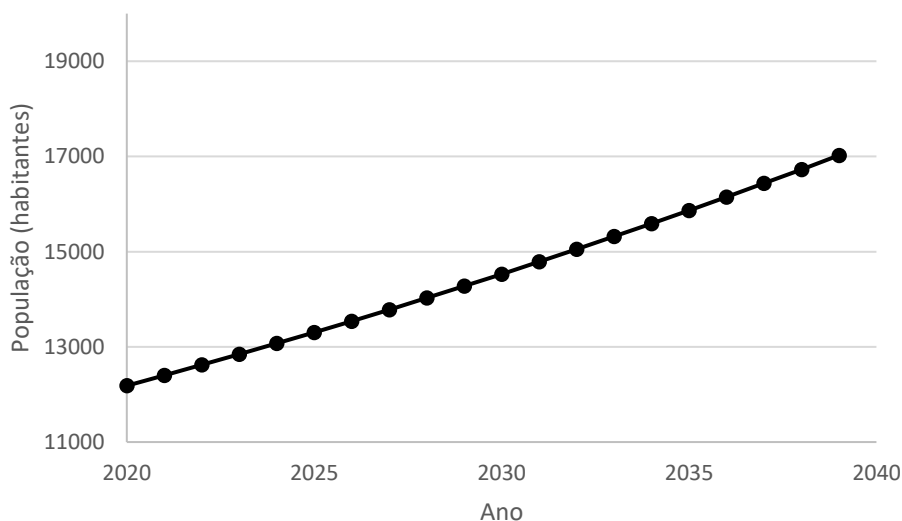


Figura 2 – Crescimento Populacional - método do crescimento geométrico



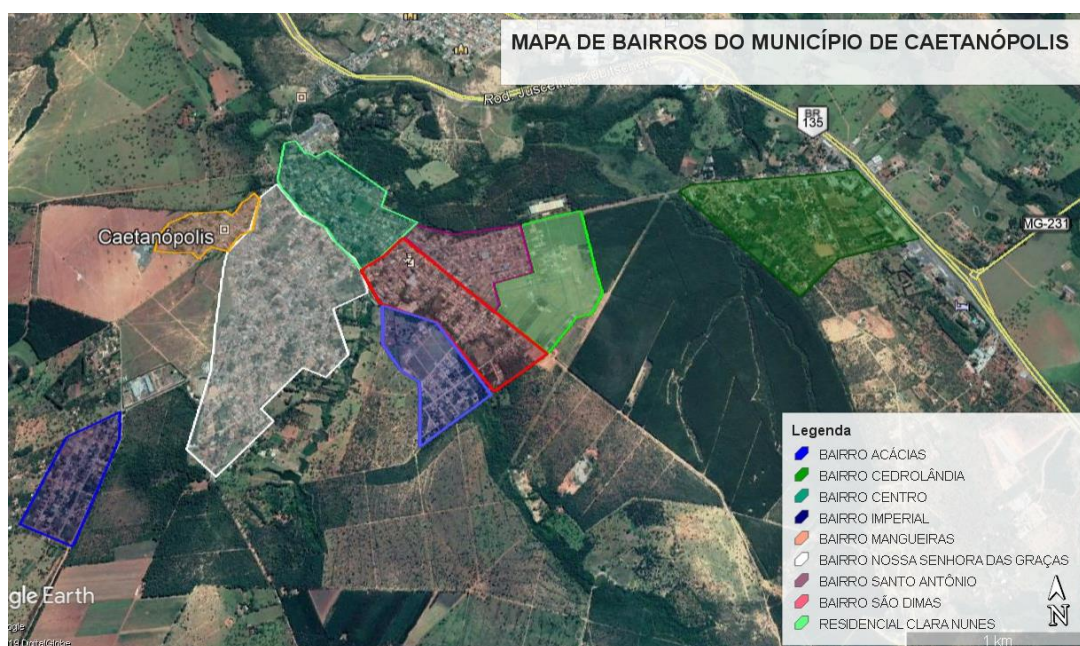
Desta forma, ficam definidas as populações anuais que serão adotadas neste plano. Todos os objetivos, metas e ações propostas englobam o horizonte temporal adotado, considerando-se que a população final para o planejamento é de 17.027 habitantes, que é observada no último ano abrangido por este plano.

3.2 Áreas de Potencial Adensamento Populacional

O município de Caetanópolis apresenta espacialmente demarcado um núcleo urbano consolidado. Nesta área, ocorre a maior densidade de edificações do município. As características das edificações do município demonstram a tendência de expansão horizontal da sua área urbana, uma vez observado o baixo nível de verticalização das edificações.

Nesta área urbana consolidada, observa-se um vetor de expansão à leste e à sudeste, com o loteamento do Residencial Clara Nunes e presença de lotes ociosos nos bairros Acácias e São Dimas. A FIG. 3 representa as potenciais áreas de expansão delimitadas.

Figura 3 – Áreas passíveis de adensamento populacional no núcleo urbano de Caetanópolis



Os processos de uso do solo no município têm intensificado a ocupação de áreas distantes do núcleo urbano. Tais ocupações do solo tem promovido a expansão das áreas residenciais ao longo da rodovia BR-040, vetorizando o crescimento urbano em sentido ao município de Sete Lagoas. Estas áreas foram caracterizadas como áreas urbanas distantes no diagnóstico técnico (Produto 2) deste plano.

Os bairros Boa Vista, Itapoã, Itamaracá e Parque dos Buritis (FIG. 4 e 5) apresentam algumas características de urbanização, como a delimitação das vias e instalação de domicílios, porém não possuem estruturação básica dos serviços.

Figura 4 – Bairros Boa Vista e Parque dos Buritis

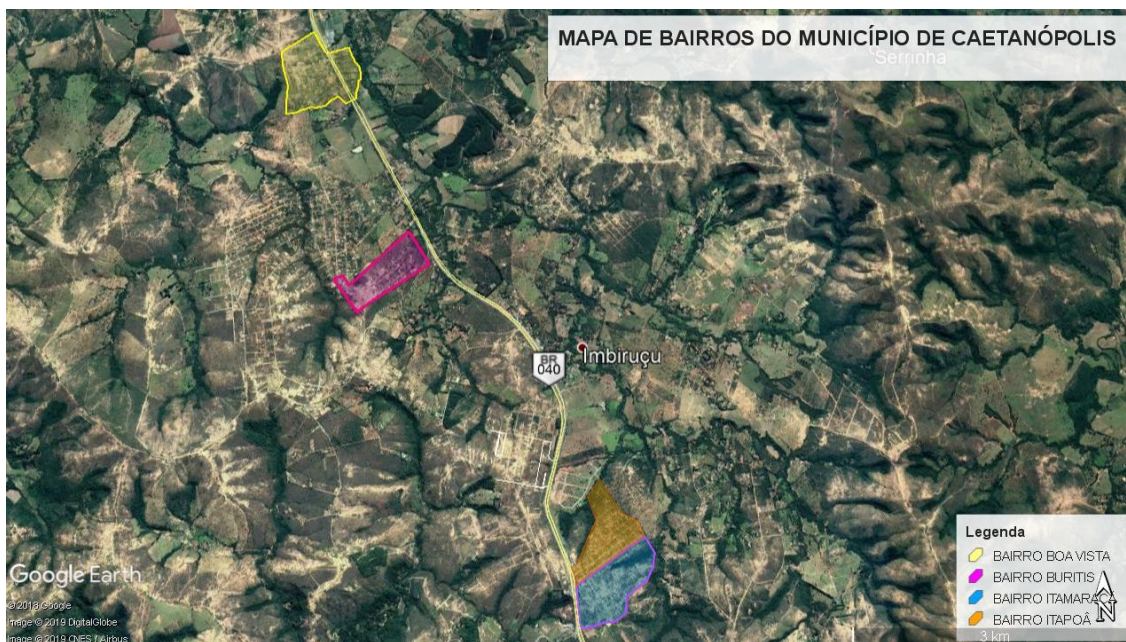
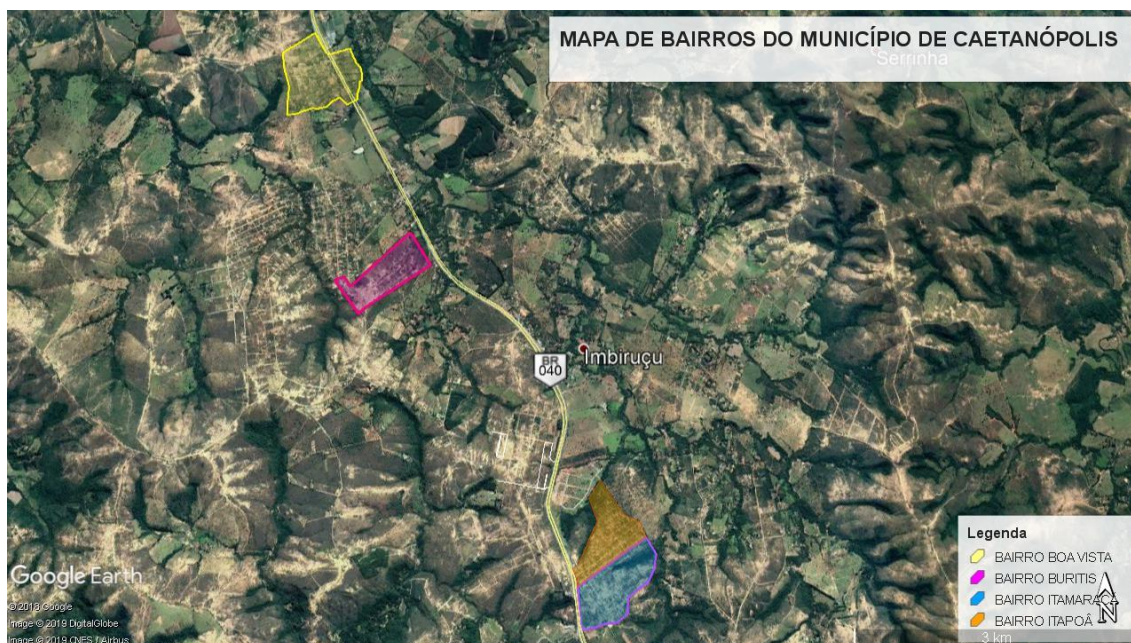


Figura 5 – Bairros Itapoã e Itamaracá



4 CARÊNCIAS IDENTIFICADAS

A partir do diagnóstico realizado foi possível identificar as principais carências dos 4 setores do Saneamento Básico, estas podem ser observadas na TAB 2.

Tabela 2 – Identificação das carências do saneamento básico

Serviço de Abastecimento de Água
Parcial abastecimento de água no município
Falta de água em alguns bairros
Qualidade da água insatisfatória para alguns moradores
Fontes de recarga hídrica insuficientes para abastecimento de água
Métodos de medição insuficientes
Ineficiência no planejamento de abastecimento por caminhão pipa
Descentralização e perda de informações referente ao abastecimento de água
Falta de unificação de órgão para abastecimento efetivo
Serviço de Esgotamento Sanitário
Ausência de tratamento de efluentes domésticos
Inexistência de monitoramento dos corpos receptores
Ausência do serviço de coleta de esgoto onde não há rede
Coleta parcial do efluente sanitário
Inexistência de dados ou informações a respeito do SES
Serviço de Manejo de Resíduos Sólidos
Vida útil do aterro controlado ultrapassada
Ausência da coleta de resíduos em alguns bairros
Não há programas de coleta seletiva
Não há fiscalização no funcionamento da logística reversa no município
Não há descarte adequado para os resíduos volumosos e de construção civil
Serviço de Manejo de Águas Pluviais
Pouca infraestrutura de microdrenagem
Existência de macrodrenagem
Não há limpeza e manutenção regular nas bocas de lobo e galerias

5 MATRIZ DE AVALIAÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS

Para uma melhor compreensão e identificação das áreas com maiores necessidades foi utilizada a matriz de avaliação, que é uma ferramenta que permite a organização de dados através de critérios e pesos estipulados com base no município em análise. Os pesos estabelecidos foram de 0 a 2 (TAB. 3) para identificar e medir o quanto as áreas são afetadas, sendo o peso 0 indicando que o critério em questão possui um tipo de atendimento total, o peso 1 indica que o tipo de atendimento é parcial e o peso 2 indica que o município não atende de nenhuma forma ao critério escolhido. Além disso, são distribuídos aos critérios de avaliação uma porcentagem de acordo com a prioridade de cada um. Para obter o resultado final, multiplica-se a porcentagem atribuída ao critério pelo tipo de atendimento que corresponde à atualidade do município, conseguindo assim uma estimativa das áreas mais afetadas.

Tabela 3 – Identificação dos pesos conforme tipo de atendimento dos critérios

Atendimento	Peso
Não atende	2
Parcial	1
Total	0

5.1 Áreas Prioritárias para o Serviço de Abastecimento de Água

A TAB. 4 ilustra os critérios de prioridade do serviço de abastecimento de água e suas respectivas prioridades. Os critérios utilizados para avaliação dos bairros foram:

- Presença da rede de água: tendo uma prioridade de 35% visando o problema da falta de universalização de água;
- Abastecimento de água regular: devido alguns bairros não possuírem abastecimento de água diário e de forma constante, sendo um abastecimento realizado continuamente irregular;
- Incidência da falta de água: critério adotado de acordo com relatos da população de alguns bairros;

- Satisfação com a qualidade de água: critério adotado devido ao grande índice de reclamações da população entrevistada, tendo em vista seus aspectos de forma geral como sabor, cor e entre outros;
- Presença de hidrometação: instrumento de medição no qual pode se controlar o consumo e possíveis perdas de água.

Tabela 4 - Critérios prioritários do serviço de abastecimento de água

Critério	Prioridade (%)
Presença de rede de água	35
Abastecimento de água regular	25
Não incidência de falta d'água	15
Satisfação com a qualidade da água	15
Presença de hidrometação	10
Total	100

A TAB. 5 mostra os resultados obtidos através da matriz de avaliações e evidencia as áreas de maior prioridade relacionadas ao serviço de abastecimento de água.

Tabela 5 – Resultado obtido através da matriz de avaliação - serviço de abastecimento de água

Critérios	Bairros												
	Acácias	Boa Vista	Buritiz	Cedrolândia	Centro	Clara Nunes	Imperial	Itamaracá	Itapoã	Mangueiras	Nossa Senhora das Graças	Santo Antônio	São Dimas
Presença da rede de água	0	0,35	0,35	0,35	0	0	0,35	0,35	0,35	0,35	0	0,35	0
Abastecimento de água regular/diário	0	0,5	0,50	0	0	0	0	0,50	0,50	0	0	0	0
Não incidência na falta de água	0,15	0,3	0,30	0	0,15	0	0,15	0,30	0,30	0	0,15	0,15	0,15
Presença de hidrometração	0	0,20	0,20	0	0	0	0	0,20	0,20	0	0	0	0
Satisfação com a qualidade da água	0,15	0,30	0,30	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0	0,15	0,15	0,15	0,15
Resultado	0,30	1,65	1,65	0,5	0,30	0,15	0,65	1,35	1,35	0,50	0,30	0,65	0,30

5.2 Áreas Prioritárias para o Serviço de Esgotamento Sanitário

A TAB. 6 ilustra os critérios de prioridade do serviço de esgotamento sanitário e suas respectivas prioridades. Os critérios utilizados para avaliação dos bairros foram:

- Há sistema de coleta de esgoto: tendo uma prioridade de 30%, tendo como objetivo principal, a universalização do esgotamento sanitário independente do sistema utilizado.
- Atendimento por rede de esgoto: Por ser um sistema coletivo tecnicamente mais eficiente comparado aos demais.
- Ocorrências de vazamentos: critério que identifica áreas que necessitam de manutenção na rede coletora.
- Odor característico de esgoto: Critério com menor peso, por representar o incômodo relatado pela população
- Esgoto à céu aberto frequente: Representa o risco à saúde pública em alguns pontos onde há o descarte inadequado de efluentes sanitários por parte da população.

Tabela 6 - Critérios prioritários do serviço de esgotamento sanitário

Critério	Prioridade (%)
Há sistema de coleta de esgoto	30
Atendimento por rede de esgoto	25
Ocorrências de vazamentos	20
Odor característico de esgoto	10
Esgoto à céu aberto frequente	15
Total	100

A TAB. 7 mostra os resultados obtidos através da matriz de avaliações e evidencia as áreas de maior prioridade relacionadas ao serviço de esgotamento sanitário.

Tabela 7 – Resultado obtido através da matriz de avaliação - serviço de esgotamento sanitário

Critérios	Bairros												
	Acácias	Boa Vista	Buritis	Cedrolândia	Centro	Clara Nunes	Imperial	Itamaracá	Itapoã	Mangueiras	Nossa Senhora das Graças	Santo Antônio	São Dimas
Há sistema de coleta de esgoto	0	0,6	0,60	0	0	0	0,30	0,60	0,60	0	0	0	0
Atendimento por rede de esgoto	0	0,6	0,60	0,25	0	0	0,25	0,60	0,60	0	0	0	0
Ocorrências de vazamentos	0,20	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0,20	0,20	0	0
Odor característico de esgoto	0,20	0	0	0	0	0	0,20	0,10	0	0	0,10	0,10	0,20
Esgoto à céu aberto frequente	0	0,15	0,3	0,3	0,15	0	0,15	0	0,15	0,30	0,30	0,30	0,15
Resultado	0,40	1,35	1,50	0,75	0,35	0	0,90	1,30	1,35	0,50	0,60	0,40	0,35

5.3 Áreas Prioritárias para o Serviço de Manejo de Resíduos Sólidos

A TAB. 8 informa os critérios adotados relacionados ao serviço de manejo de resíduos sólidos e suas respectivas prioridades em porcentagem. Os critérios adotados foram:

- Existência de coleta de resíduos: critério de maior peso adotado devido à alta prioridade na questão de universalização da coleta dos resíduos;
- Acessibilidade para os caminhões de coleta de resíduo: para que a coleta de resíduos seja realizada em todo o município, é necessária uma boa infraestrutura de acessibilidade para os caminhões de coleta;
- Frequência de coleta de resíduos: critério adotado levando em conta relatos de alguns moradores que possuem coleta de resíduos duas vezes com frequência irregular;
- Não há acúmulo de resíduos nas ruas: o acúmulo de resíduos nas ruas é um critério importante de avaliação, pois deve ser evitado para não colocar a saúde humana em risco e evitar o descarte inadequado de resíduos no meio ambiente;
- Existência de lixeiras públicas: incentiva os munícipes a descartarem o resíduo no local adequado, evitando resíduos jogados nas ruas da cidade.

Tabela 8 – Critérios adotados para o serviço de manejo de resíduos sólidos

Critério	Prioridade (%)
Existência de coleta de resíduos	30
Acessibilidade para os caminhões de coleta de resíduo	25
Frequência de coleta de resíduos	20
Não há acúmulo de resíduos nas ruas	15
Existência de lixeiras públicas	10
Total	100

A TAB. 9 mostra os resultados alcançados através da utilização da matriz de avaliações relacionados ao serviço de manejo de resíduos sólidos.

Tabela 9 – Resultado alcançado através da matriz de avaliações - serviço de manejo de resíduos sólidos

Critérios	Bairros												
	Acácias	Boa Vista	Buritis	Cedrolândia	Centro	Clara Nunes	Imperial	Itamaracá	Itapoã	Mangueiras	Nossa Senhora das Graças	Santo Antônio	São Dimas
Existência de lixeiras públicas	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20
Acessibilidade para os caminhões de coleta	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0
Existência de coleta de resíduos	0	0,60	0,60	0	0	0	0	0,60	0,60	0	0	0	0
Frequência de coleta de resíduos	0,20	0,40	0,40	0,20	0	0,20	0,20	0,40	0,40	0	0	0	0,20
Não há acúmulo de resíduos nas ruas	0,15	0	0	0,30	0,15	0,15	0,15	0	0	0,30	0,30	0,30	0,15
Resultado	0,80	1,45	1,45	0,60	0,25	0,55	0,80	1,45	1,45	0,4	0,4	0,4	0,55

5.4 Áreas Prioritárias para o Serviço de Manejo de Águas Pluviais

A TAB. 10 informa os critérios adotados de acordo com o serviço de manejo de águas pluviais e suas respectivas prioridades em porcentagem. Os critérios adotados foram:

- Estrutura de microdrenagem: critério adotado levando em conta a importância da estrutura de microdrenagem que é geralmente composta por bocas de lobo, sarjetas, galerias de drenagens e entre outros;
- Declividade: verifica-se a inclinação da via, tendo em vista que ruas íngremes necessitam de intervenção por parte do sistema de drenagem para evitar enxurradas;
- Impermeabilização: a infiltração da água da chuva é importante para evitar alagamentos e auxiliar nas áreas de recarga do lençol freático e em caso de asfaltamento, observa-se pontos de escoamento da água da chuva;
- Concentração populacional: a quantidade de moradores pode influenciar diretamente em questões relacionadas à drenagem de águas pluviais, bem como de obras emergenciais;
- Presença de macrodrenagem: é importante que exista uma boa infraestrutura de macrodrenagem no bairro, na qual está ligada ao remanejamento das microdrenagens;
- Frequência de lixo na via: o lixo pode ser carregado durante o período da chuva ou pelo vento e pode obstruir a estrutura de microdrenagem;

Tabela 10 – Critérios adotados para o serviço de manejo de águas pluviais

Critério	Prioridade (%)
Estrutura de Microdrenagem	26
Declividade	26
Impermeabilização	16
Concentração populacional	13
Presença de macrodrenagem	13
Frequência de Lixo na via	6
Total	100

A TAB. 11 informa os resultados obtidos através da matriz de avaliações e evidencia as áreas de maior prioridade relacionadas ao serviço de manejo de águas pluviais.

Tabela 11 - Resultado obtido através da matriz de avaliações - serviço de manejo de águas pluviais

Critérios	Bairros												
	Acácias	Boa Vista	Buritis	Cedrolândia	Centro	Clara Nunes	Imperial	Itamaracá	Itapoã	Mangueiras	Nossa Senhora das Graças	Santo Antônio	São Dimas
Impermeabilização	0,16	0	0	0,16	0,16	0,32	0,32	0	0	0,32	0,16	0,32	0,32
Concentração Populacional	0,13	0	0	0,26	0,26	0	0,13	0	0	0,13	0,26	0,13	0,26
Estrutura de Microdrenagem	0,26	0,52	0,52	0,52	0	0,26	0,52	0,52	0,52	0,52	0,26	0	0,26
Presença de Macrodrenagem	0,13	0,13	0,13	0,13	0,26	0	0	0,26	0,26	0,26	0,13	0	0,13
Frequência de Lixo na via	0,06	0,06	0,06	0	0	0,12	0,12	0,06	0,06	0,06	0	0,06	0,06
Declividade	0,52	0,52	0,52	0	0,26	0,26	0	0,52	0,52	0,52	0,52	0,26	0,52
Resultado	1,26	1,23	1,23	1,07	0,94	0,96	1,09	1,36	1,36	1,81	1,33	0,77	1,55

6 PROGNÓSTICO

6.1 Serviço de Abastecimento de Água

A partir do cenário atual do sistema de abastecimento de água do Município de Caetanópolis, descrito no Diagnóstico Técnico Participativo desse plano, devem ser apontados algumas variáveis, na composição do cenário de referência para o Sistema de Abastecimento de Água (SAA), que busca a qualidade e melhoria dos serviços e sua universalização.

A gestão do sistema de abastecimento de água é realizada através da concessão da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) em âmbito Urbano sendo que na área denominada Zona Urbana Distante o abastecimento é realizado pela Prefeitura Municipal. O Município de Caetanópolis, não possui Plano Diretor de Abastecimento de Água, o qual não tem obrigatoriedade de ser elaborado, porém pode auxiliar, significativamente na gestão do sistema.

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Caetanópolis atende 94,38% da sua população urbana, com disponibilidade de rede de distribuição de água. A Zona Urbana Distante é abastecida pela Prefeitura Municipal através da rede adutora existente e de auxílio de caminhão pipa, sendo as comunidades rurais abastecidas por sistemas próprios (poços), operados pela própria comunidade.

A captação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Caetanópolis ocorre exclusivamente através de manancial subterrâneo e conta com 11 poços de captação. Desse total 5 poços estão de reserva e 6 ativos, (ARSAE-MG,2016), e juntos operam para abastecer o município de Caetanópolis com vazão total de 19,85 l/s conforme SNIS (2017).

De acordo com informações do SNIS (2017) a sede urbana contava com 3.533 ligações e 3.759 economias ativas de água. Para a realização das projeções de demanda de abastecimento de água, visando o crescimento da demanda de consumo de água no município, utiliza-se a seguinte equação:

$$Q_{med} = \frac{P.C}{86400} \text{ (% de perda na rede)}$$

Onde: Q_{med} : vazão média (L/s);
 P: população urbana;
 C: consumo per capita (L/hab./dia).

6.1.1 Projeções da demanda anual de água para área de planejamento ao longo de 20 anos

Utilizando a equação para os cálculos das vazões médias e as vazões de distribuição, bem como os dados disponibilizados pelo município, pela COPASA e no SNIS, a TAB. 12 demonstra as vazões estimadas para o período de 20 anos para o município de Caetanópolis, baseada na projeção populacional apresentada. O valor utilizado para a realização dos cálculos para o consumo foi de 149,40 L/hab/dia, valor referente ao consumo real de 2017 (SNIS, 2017).

Tabela 12 – Estudo de demanda para o sistema de abastecimento de água do município de Caetanópolis

Ano	População (hab)	Vazão média (L/s)	Vazão de distribuição (L/s)	Vazão de captação projetada (L/s)	Superávit/déficit de vazão (L/s)
2017	11.558	25,51	45,92	30,61	- 10,76
2018	11.764	25,97	46,74	31,16	- 11,31
2019	11.973	26,43	47,57	31,71	- 11,86
2020	12.186	26,90	48,42	32,28	- 12,43
2021	12.403	27,38	49,28	32,85	- 13,00
2022	12.624	27,86	50,16	33,44	- 13,59
2023	12.848	28,36	51,05	34,03	- 14,18
2024	13.076	28,86	51,95	34,63	- 14,78
2025	13.308	29,37	52,87	35,25	- 15,40
2026	13.545	29,90	53,82	35,88	- 16,03
2027	13.785	30,43	54,77	36,51	- 16,66
2028	14.029	30,97	55,74	37,16	- 17,31
2029	14.279	31,52	56,73	37,82	- 17,97
2030	14.533	32,08	57,74	38,49	- 18,64
2031	14.791	32,65	58,77	39,18	- 19,33
2032	15.054	33,23	59,81	39,87	- 20,02
2033	15.322	33,82	60,88	40,58	- 20,73
2034	15.594	34,42	61,96	41,30	- 21,45
2035	15.871	35,03	63,06	42,04	- 22,19
2036	16.152	35,65	64,17	42,78	- 22,93
2037	16.438	36,28	65,31	43,54	- 23,69
2038	16.730	36,93	66,47	44,31	- 24,46
2039	17.027	37,58	67,65	45,10	- 25,25

Dados utilizados para os cálculos:

- Consumo de água = 149,4 L/hab./dia;
- $K1 = 1,2$ (coeficiente máximo diário);
- $K2 = 1,5$ (coeficiente máximo horário);
- Perdas na distribuição = 27,65%;
- Vazão de captação dos poços subterrâneos = 149,4 L/s
- Projeção populacional de acordo com dados MCD;
- Vazão média (Q_{med}) = [população urbana * consumo médio per capita * (1 + 27,65%)],
- Vazão de distribuição = [$K1 * K2 * Q_{med}$];
- Vazão de captação = [$(K1 * Q_{med})$];
- Diferença entre a vazão de captação outorgada atual e a vazão de captação projetada

Fonte: Equipe Executiva, 2017

Observando a TAB. 12 é possível afirmar que o município atualmente já se encontra com déficit no sistema de abastecimento de água, sendo necessário tomar medidas para que o problema não se agrave ainda mais futuramente como demonstra a tabela.

6.1.2 Projeção da demanda de reservação

Reservatórios são locais próprios para acumulação e passagem de água localizados em pontos estratégicos do sistema de forma que, garanta a quantidade de água. Os reservatórios de Caetanópolis devem atender a norma NBR 12.217/1994. Para garantir a quantidade de água demandada pela população, foi considerado na projeção a demanda de reservação de água para 20 anos (TAB. 13). Tal projeção foi estimada adotando o consumo de 149,40 l/hab. dia, apresentados no SNIS (2017).

Tabela 13 - Estudo do sistema de demanda de reservação

Ano	População (hab.)	Volume consumido no dia de maior consumo (m ³)	Volume necessário para reservação (m ³)	Volume de reservação (m ³)	Superávit/déficit de reservação (m ³)
2017	11.558	2.072,12	690,71	750	59,29
2018	11.764	2.109,05	703,02	750	46,98
2019	11.973	2.146,52	715,51	750	34,49
2020	12.186	2.184,71	728,24	750	21,76
2021	12.403	2.223,61	741,20	750	8,80
2022	12.624	2.263,23	754,41	750	-4,41
2023	12.848	2.303,39	767,80	750	-17,80
2024	13.076	2.344,27	781,42	750	-31,42
2025	13.308	2.385,86	795,29	750	-45,29
2026	13.545	2.428,35	809,45	750	-59,45
2027	13.785	2.471,37	823,79	750	-73,79
2028	14.029	2.515,12	838,37	750	-88,37
2029	14.279	2.559,94	853,31	750	-103,31
2030	14.533	2.605,48	868,49	750	-118,49
2031	14.791	2.651,73	883,91	750	-133,91
2032	15.054	2.698,88	899,63	750	-149,63
2033	15.322	2.746,93	915,64	750	-165,64
2034	15.594	2.795,69	931,90	750	-181,90
2035	15.871	2.845,35	948,45	750	-198,45
2036	16.152	2.895,73	965,24	750	-215,24
2037	16.438	2.947,00	982,33	750	-232,33
2038	16.730	2.999,35	999,78	750	-249,78
2039	17.027	3.052,60	1.017,53	750	-267,53

A partir da análise da TAB.13, percebe-se que o município iniciará seu déficit em reservação com 4,41 m³ no ano de 2022, precisando desta forma, iniciar um planejamento para ampliar a capacidade de reservação do município e para a construção de novos reservatórios.

6.1.3 Descrição dos principais mananciais passíveis de serem utilizados para o abastecimento de água da área de planejamento

O desenvolvimento dos municípios nos contextos urbanos atuais associados quase sempre à processos ambientalmente predatórios como de expansão urbana acelerada e desordenada e massivo uso de terras para agricultura tem suprimido os mananciais utilizados para o abastecimento público. Deste modo, têm-se agregado nestes aspectos reflexos na disponibilidade de

recursos e qualidade destes gerando graves impactos socioeconômicos no desenvolver do fator urbano sobre diversas regiões.

A captação de água para consumo e uso no município de Caetanópolis é realizada pela COPASA de Caetanópolis através de 11 poços localizados dentro do perímetro urbano municipal.

A outorga, de acordo com a ANA – Agência Nacional de Águas, neste caso tem objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, onde é considerado “uso” todas as atividades humanas que provoquem alterações nas condições naturais da água, assim como o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos.

De acordo com o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, no estado de Minas Gerais, essa outorga é regida pela Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei 13.199/1999) que é a base do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos Estadual.

As características de profundidade, regime de bombeamento, vazão outorgada e vazão produzida dos mananciais subterrâneos no município de Caetanópolis, não foram identificadas, pois a COPASA não disponibilizou os dados solicitados.

O abastecimento de água era, até início de 2019, feito de forma mista com poços de captação subterrânea e por captação superficial no Rio Paraopeba contando com uma ETA – Estação de Tratamento de Água, sendo que cerca de 20% da água captada vinha do rio em questão.

Com a qualidade da água sendo afetada pelo desastre ambiental na barragem de rejeitos na Mina do Córrego do Feijão em Brumadinho no início de 2019 que atingiu o Rio Paraopeba, a captação superficial de água para abastecimento foi interrompida.

Deste modo, como recursos buscados pelo município para possibilitar o pleno abastecimento à população, foi encontrado três possíveis soluções sendo a primeira, já executada, a perfuração de novos poços no município, mas estes, apresentaram baixa vazão para captação de água.

Outra solução estudada foi fazer captação superficial pelo Ribeirão Cedro, mas neste existe também, principalmente nas épocas de estiagem, uma vazão baixa o que inviabilizaria o processo. A terceira solução a ser estudada, seria a captação subterrânea por um poço no município de Cordisburgo que

apresentava vazão suficiente para suprir o abastecimento necessário, entretanto para viabilidade de tal solução seria necessária toda uma estruturação de captação e transporte dessa água por adutoras, bombas e etc.

6.1.4 Previsão de eventos de emergência e contingência do serviço de abastecimento de água

A TAB.14 informa potenciais eventos de emergência e contingência relacionados o serviço de abastecimento de água – SAA. Além de indicar ações necessárias para solucionar os possíveis problemas.

Tabela 14 - Ações de emergência e contingência do serviço de abastecimento de água

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Danificação de estruturas	Ações de Vandalismo	Implementar rodízio de abastecimento com caminhão pipa nas áreas afetadas
		Reparar as instalações danificadas
		Controlar e racionar o abastecimento de água
		Acionar os órgãos de segurança pública
Danificação de estruturas	Problemas mecânicos e hidráulicos na captação	Realizar manutenção imediatamente e fiscalizar se o ocorrido repetirá
Danificação de estruturas	Danificação de equipamentos nas captações, adutoras e estações elevatórias de água tratada	Realizar manutenção imediatamente
		Informar à Concessionária
Danificação de estruturas	Danificação de estruturas de reservatórios e elevatórias de água tratada ou rompimento de redes e linhas adutoras de água tratada	Realizar manutenção imediatamente
		Transferir a água do setor de abastecimento
		Abastecer a área danificada com caminhões pipa
		Informar à Concessionária
Falta de energia elétrica	Interrupção temporária no fornecimento de energia elétrica nas instalações de produção ou distribuição de água	Informar à Concessionária

Continua...

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Falta de energia elétrica	Interrupção no fornecimento de energia elétrica em setores de distribuição	Informar à Concessionária
		Controlar e racionar o abastecimento de água
		Transferir água entre setores de abastecimento
Falta d'água devido a consumos atípicos	Falta d'água devido ao consumo em horários de pico	Realizar campanhas para otimizar o consumo de água
Falta d'água devido a consumos atípicos	Falta d'água devido ao aumento do consumo nos períodos de maior fluxo de turistas	Ampliar os reservatórios nas estadias
		Abastecer a área danificada com caminhões pipa
		Realizar campanhas para otimizar o consumo de água
Deficiência na qualidade da água	Qualidade inadequada da água dos mananciais	Instalar sistema de monitoramento no abastecimento de água
Deficiência na qualidade da água	Deficiências de água nos mananciais em períodos de estiagem	Realizar campanhas para otimizar o consumo de água
		Implementar rodízio de abastecimento temporário das áreas atingidas com caminhões pipa
		Aplicar sistema tarifário diferenciado para período de estiagem prolongada
Contaminação do SAA e de mananciais	Vazamento de produtos químicos nas instalações de água	Realizar manutenção imediatamente
		Realizar campanhas para otimizar o consumo de água
		Implementar rodízio de abastecimento com caminhões pipa
		Abastecer a área danificada com caminhões pipa

Continua...

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Contaminação do SAA e de mananciais	Acidente com carga perigosa/contaminante	Comunicar aos órgãos públicos responsáveis
		Informar à Concessionária
		Interromper o abastecimento de água da área atingida
		Realizar campanhas para otimizar o consumo de água
		Implementar rodízio de abastecimento com caminhões pipa
Contaminação do SAA e de mananciais	Contaminação por fossas negras	Informar à Concessionária
		Comunicar aos órgãos públicos responsáveis
		Detectar o local e tamanho da área afetada
		Realizar campanhas para otimizar o consumo de água
		Utilizar a capacidade ociosa de mananciais não atingidos pela ocorrência de contaminação
Contaminação do SAA e de mananciais	Vazamento de efluentes industriais	Implementar rodízio de abastecimento com caminhões pipa
		Informar à Concessionária
		Comunicar a população e aos órgãos públicos responsáveis
		Interromper temporariamente o abastecimento de água
		Interromper as atividades da indústria até que se avalie o ocorrido
		Controlar a água dos reservatórios para que durem por mais tempo
		Utilizar a capacidade ociosa de mananciais não atingidos pela ocorrência de contaminação
Implementar rodízio de abastecimento com caminhões pipa		

6.2 Serviço de Esgotamento Sanitário

Este capítulo considera as informações obtidas na etapa de diagnóstico como referência de cenário atual e como indicadoras dos avanços necessários para um futuro panorama favorável, além de indicar as diretrizes que serão necessárias para alcançar a universalização do esgotamento, atendendo todo o município e provendo um tratamento adequado para a população.

Mediante a proposta de destinar corretamente as águas residuárias, o sistema de esgotamento sanitário tem por objetivo o tratamento adequado a fim de reduzir riscos à saúde pública e ao meio ambiente.

O Sistema de Esgotamento Sanitário do município de Caetanópolis é administrado pela própria administração pública. Visto que nas áreas urbanas afastadas e áreas rurais o esgotamento sanitário é realizado pelos próprios moradores por meio de fossas negras ou fossas sépticas. Já na sede do município, o esgotamento sanitário de acordo com a prefeitura, é realizado em 100% com redes coletoras, mas todo o esgoto coletado é destinado de forma incorreta, sendo lançados *in natura* nos corpos d'água, uma vez que a ETE do município se encontra desativada.

6.2.1 Índices e parâmetros adotados

Os índices e parâmetros utilizados foram obtidos junto à Prefeitura Municipal de Caetanópolis, em bibliografias específicas e nas normas brasileiras (ABNT, NBR).

6.2.1.1 Coeficientes de dia e de hora de maior e menor consumo

Tendo em vista que o consumo de água por dia ao longo do tempo pode variar em função dos hábitos populacionais assim como variações climáticas, são utilizados coeficientes de dia e hora de maior e menor consumo k_1 , k_2 e k_3 . Sendo o k_1 a relação de maior consumo diário, k_2 o coeficiente de maior consumo em uma hora e o k_3 o coeficiente de menor consumo em uma hora.

Sendo assim, os valores adotados para estes coeficientes foram determinados em função da segurança e baseados nas normas referentes ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário. São eles:

- $k_1 = 1,2$
- $k_2 = 1,5$
- $k_3 = 0,5$

Assim, as vazões máxima e mínima de esgoto podem ser dadas pelas fórmulas:

$$Q_{\text{Max}} = Q_{\text{med}} \times k_1 \times k_2$$

$$Q_{\text{Mín}} = Q_{\text{med}} \times k_3$$

6.1.1.2 Coeficiente de retorno e consumo per capita

De acordo com Von Sperling (2005) o coeficiente de retorno pode variar de 40% a 100%. Mediante esses valores, usualmente adota-se o valor de 80%. O consumo per capita adotado para o município de Caetanópolis foi de 150 L/hab. dia.

6.2.2 Projeção do serviço de esgotamento sanitário

De acordo com dados de 2019 da Prefeitura Municipal de Caetanópolis, a sede possui uma rede coletora de esgoto que conta com 2.863 ligações que atendem a 99% dos habitantes da sede.

A vazão média, mínima e máxima de esgoto foi calculada levando em conta o horizonte de planejamento do Plano Municipal de Saneamento Básico do município, compreendido de 2019 a 2039 (20 anos). Vale ressaltar que no presente estudo foram desconsideradas as vazões industriais, levando em conta somente as vazões domésticas de esgoto da população.

A TAB. 15 mostra as vazões média de consumo de água assim como a vazão média, mínima e máxima de esgoto, respectivamente. Tendo em vista que o sistema de esgotamento sanitário atende 100% dos habitantes. Utilizando as seguintes fórmulas:

- Vazão média doméstica:

$$Q_{Med\ doméstica} = \frac{Pop \times q}{86400}$$

- Vazão média, mínima e máxima de esgoto:

$$Q_{Med} = \frac{Pop \times q \times R}{86400}$$

$$Q_{Mín} = Q_{med} \times k_3$$

$$Q_{Max} = Q_{med} \times k_1 \times k_2$$

Onde: Pop = População prevista de cada ano (habitantes);

q = Consumo médio *Per Capita* (L/hab × d);

R = Coeficiente de retorno: 0,8

$$k_1 = 1,2$$

$$k_2 = 1,5$$

$$k_3 = 0,5$$

Como descrito no Diagnóstico Técnico Participativo do Plano Municipal de Saneamento Básico de Caetanópolis, o município possui uma ETE que se encontra desativada, localizada no bairro Cedrolândia, sede do Município de Caetanópolis. Portanto, não é possível determinar a capacidade máxima prevista, assim como o volume tratado.

Tabela 15 - Projeção do serviço de esgotamento sanitário de Caetanópolis

Ano	População	Vazão média doméstica (l/s)	Vazão média de esgoto (l/s)	Vazão máxima de esgoto (l/s)	Vazão mínima de esgoto (l/s)
2019	11.973	20,7865	16,6292	29,9325	8,3146
2020	12.186	21,1563	16,9250	30,4650	8,4625
2021	12.403	21,5330	17,2264	31,0075	8,6132
2022	12.624	21,9167	17,5333	31,5600	8,7667
2023	12.848	22,3056	17,8444	32,1200	8,9222
2024	13.076	22,7014	18,1611	32,6900	9,0806
2025	13.308	23,1042	18,4833	33,2700	9,2417
2026	13.545	23,5156	18,8125	33,8625	9,4063
2027	13.785	23,9323	19,1458	34,4625	9,5729
2028	14.029	24,3559	19,4847	35,0725	9,7424
2029	14.279	24,7899	19,8319	35,6975	9,9160
2030	14.533	25,2309	20,1847	36,3325	10,0924
2031	14.791	25,6788	20,5431	36,9775	10,2715
2032	15.054	26,1354	20,9083	37,6350	10,4542
2033	15.322	26,6007	21,2806	38,3050	10,6403
2034	15.594	27,0729	21,6583	38,9850	10,8292
2035	15.871	27,5538	22,0431	39,6775	11,0215
2036	16.152	28,0417	22,4333	40,3800	11,2167
2037	16.438	28,5382	22,8306	41,0950	11,4153
2038	16.730	29,0451	23,2361	41,8250	11,6181
2039	17.027	29,5608	23,6486	42,5675	11,8243

Mediante as localidades onde possui um baixo número de habitantes assim como a dispersão de domicílios, como é o caso das áreas urbanas afastadas e zona rural, a instalação das redes coletoras de esgoto se torna inviável para o município. Então, visando a destinação adequada do efluente gerado, deve-se oferecer a população soluções individuais como fossas sépticas.

6.2.3 Previsão das estimativas de DBO e coliformes

Decorrentes dos esgotos sanitários gerados, foi realizado a previsão da carga orgânica e concentração da DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e coliformes fecais ao longo dos anos adotando valores obtidos em biografia específica. Tendo em vista, que o sistema de tratamento submete o efluente a um processo biológico, a fim de reduzir a quantidade de DBO existente.

O termo DBO refere-se à quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica. Para realizar a estabilização deve conter no método de tratamento um reator anaeróbio seguido de um filtro biológico. Sendo que quanto menor o nível de DBO, menos poluído está o efluente.

Os coliformes estão presentes em grande quantidade nas fezes humanas, visto que cada indivíduo elimina em média de 10^9 a 10^{12} células por dia.

A TAB 16 mostra as estimativas de carga e concentração da demanda bioquímica de oxigênio e coliformes sem tratamento do esgoto sanitário. Mediante a falta de dados, foram considerados valores usualmente utilizados em projetos para a contribuição per capita de DBO e coliformes totais, assim como valores para a concentração de DBO e coliforme. De acordo com Von Sperling (2005), foi adotado:

- Contribuição *per capita* de DBO: 50 g/hab.dia
- Concentração de DBO: 300 mg/L
- Contribuição *per capita* de coliformes totais: 10^9 org/hab. dia
- Concentração coliformes totais: 10^6 org/100 ml

Para o cálculo de estimativas de concentração de DBO e coliformes (sem tratamento), foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Carga } \left(\frac{\text{kg}}{\text{d}}\right) = \frac{\text{Pop} \times \text{Carga Per Capita}}{1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)}$$

$$\text{Concentração } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{\text{Carga } \left(\frac{\text{kg}}{\text{d}}\right) \times 1000 \left(\frac{\text{g}}{\text{kg}}\right)}{\text{Vazão } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{d}}\right)}$$

Tabela 16- Estimativa de carga e concentração de DBO e coliformes (sem tratamento)

Ano	População	Vazão média (L/s)	Carga de DBO (Kg/d)	Concentração DBO (mg/L)	Carga de Coliformes totais (org/d)	Concentração de Coliformes totais (org/100ml)
2019	11973	16,6292	598,65	416,6658	1,1973E+13	8,333317E+12
2020	12186	16,9250	609,30	416,6667	1,2186E+13	8,333333E+12
2021	12403	17,2264	620,15	416,6664	1,2403E+13	8,333328E+12
2022	12624	17,5333	631,20	416,6675	1,2624E+13	8,333349E+12
2023	12848	17,8444	642,40	416,6677	1,2848E+13	8,333354E+12
2024	13076	18,1611	653,80	416,6669	1,3076E+13	8,333338E+12
2025	13308	18,4833	665,40	416,6674	1,3308E+13	8,333348E+12
2026	13545	18,8125	677,25	416,6667	1,3545E+13	8,333333E+12
2027	13785	19,1458	689,25	416,6674	1,3785E+13	8,333348E+12
2028	14029	19,4847	701,45	416,6671	1,4029E+13	8,333343E+12
2029	14279	19,8319	713,95	416,6676	1,4279E+13	8,333352E+12
2030	14533	20,1847	726,65	416,6671	1,4533E+13	8,333343E+12
2031	14791	20,5431	739,55	416,6658	1,4791E+13	8,333315E+12
2032	15054	20,9083	752,70	416,6673	1,5054E+13	8,333347E+12
2033	15322	21,2806	766,10	416,6658	1,5322E+13	8,333316E+12
2034	15594	21,6583	779,70	416,6673	1,5594E+13	8,333346E+12
2035	15871	22,0431	793,55	416,6658	1,5871E+13	8,333317E+12
2036	16152	22,4333	807,60	416,6673	1,6152E+13	8,333346E+12
2037	16438	22,8306	821,90	416,6659	1,6438E+13	8,333317E+12
2038	16730	23,2361	836,50	416,6669	1,673E+13	8,333337E+12
2039	17027	23,6486	851,35	416,6669	1,7027E+13	8,333337E+12

Visando uma remoção média de cerca de 80% dos poluentes do efluentes, de acordo com valores adotados por Von Sperling (2005), a TAB. 17 apresenta a estimativa de carga e concentração de DBO e coliformes em esgoto tratado em um período de 20 anos para a projeção populacional de Caetanópolis.

Tabela 17 – Estimativas de carga e concentração de DBO e coliformes totais durante 20 anos

Ano	População	Vazão média (L/s)	Carga de DBO (Kg/d)	Concentração DBO (mg/l)	Carga de Coliformes totais (org/d)	Concentração de Coliformes Totais (org/100ml)
2019	11973	16,6292	119,73	83,3332	2,3946E+12	1,666663E+12
2020	12186	16,9250	121,86	83,3333	2,4372E+12	1,666667E+12
2021	12403	17,2264	124,03	83,3333	2,4806E+12	1,666666E+12
2022	12624	17,5333	126,24	83,3335	2,5248E+12	1,666670E+12
2023	12848	17,8444	128,48	83,3335	2,5696E+12	1,666671E+12
2024	13076	18,1611	130,76	83,3334	2,6152E+12	1,666668E+12
2025	13308	18,4833	133,08	83,3335	2,6616E+12	1,666670E+12
2026	13545	18,8125	135,45	83,3333	2,709E+12	1,666667E+12
2027	13785	19,1458	137,85	83,3335	2,757E+12	1,666670E+12
2028	14029	19,4847	140,29	83,3334	2,8058E+12	1,666669E+12
2029	14279	19,8319	142,79	83,3335	2,8558E+12	1,666670E+12
2030	14533	20,1847	145,33	83,3334	2,9066E+12	1,666669E+12
2031	14791	20,5431	147,91	83,3332	2,9582E+12	1,666663E+12
2032	15054	20,9083	150,54	83,3335	3,0108E+12	1,666669E+12
2033	15322	21,2806	153,22	83,3332	3,0644E+12	1,666663E+12
2034	15594	21,6583	155,94	83,3335	3,1188E+12	1,666669E+12

Continua...

Ano	População	Vazão média (L/s)	Carga de DBO (Kg/d)	Concentração DBO (mg/l)	Carga de Coliformes totais (org/d)	Concentração de Coliformes Totais (org/100ml)
2035	15871	22,0431	158,71	83,3332	3,1742E+12	1,666663E+12
2036	16152	22,4333	161,52	83,3335	3,2304E+12	1,666669E+12
2037	16438	22,8306	164,38	83,3332	3,2876E+12	1,666663E+12
2038	16730	23,2361	167,30	83,3334	3,346E+12	1,666667E+12
2039	17027	23,6486	170,27	83,3334	3,4054E+12	1,666667E+12

6.2.4 Definição de alternativas técnicas de engenharia para o serviço de esgotamento sanitário a partir das projeções

6.2.4.1 Área urbana

O objetivo do tratamento de esgoto é a remoção dos sólidos suspensos, carga orgânica, patógenos, além de alguns metais pesados através de tratamento preliminar, secundário e desinfecção.

Como apresentado anteriormente, é notável a necessidade de implantação de um sistema de tratamento de esgotos sanitários no município de Caetanópolis, portanto, é indispensável que seja escolhida uma alternativa para sanar esse problema. Esse processo é essencial para atender legalmente as Resoluções CONAMA nº 357/2005, art. 15, e da Resolução CONAMA nº 430/2011, que abordam a qualidade da água do corpo receptor e os padrões de lançamento dos esgotos tratados, respectivamente.

Vários critérios devem ser analisados para se determinar o melhor local para instalação de uma ETE, principalmente atentando-se o vetor de crescimento do município, uma vez que este plano tem uma projeção de 20 anos, evitando assim a proximidade com a malha urbana. Essa análise é feita para evitar possíveis incômodos nas áreas vizinhas como odores, tráfego e sons provenientes da operação dessa estação.

A topografia local também é um fator importante a ser estudado. Locais com cotas mais baixas, a gravidade se encarrega do trabalho de coleta até a chegada à ETE, reduzindo a necessidade de implantação e manutenção de estações elevatórias. Também é necessário avaliar a distância da ETE com o corpo receptor para evitar extensões desnecessárias de tubulações e conseqüentemente de manutenções, devendo o ponto de lançamento estar situado a jusante da malha urbana para que o efluente não passe dentro da malha urbana.

Apesar do destaque dos pontos comentados acima, são necessários estudos mais específicos para que se possa definir, com precisão, o melhor local para a instalação, como por exemplo, Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e o Relatório Ambiental Preliminar (RAP), que são ferramentas indispensáveis para analisar tanto os aspectos ambientais

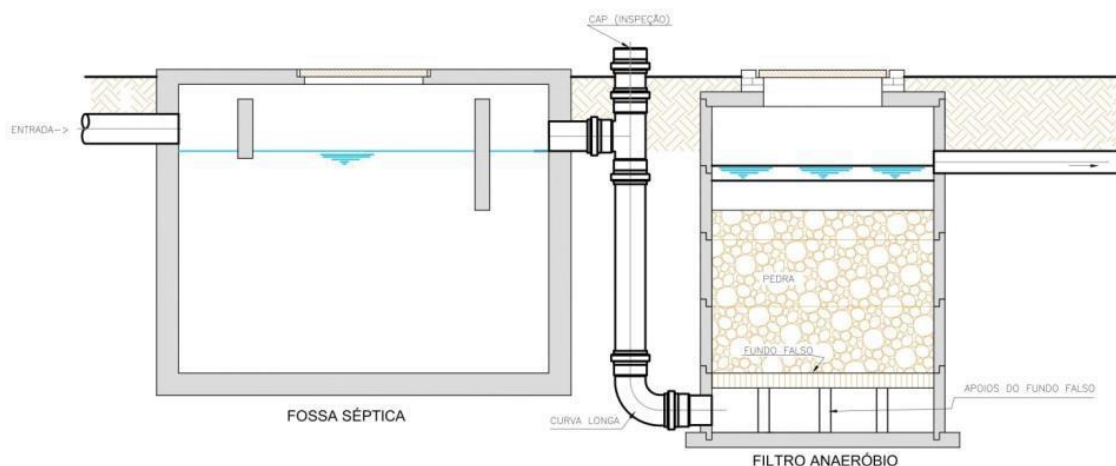
e sociais, como também o aspecto econômico, destacando a alternativa mais viável para atender a demanda do município.

6.2.4.2 Área urbana distante e área rural

Em locais afastados da sede e zona rural, geralmente possuem baixa densidade populacional, o que torna desnecessário um grande investimento em coleta de esgoto por rede. Para esses locais, usualmente opta-se por dispositivos de tratamento individuais como fossas sépticas, seguidas de filtro anaeróbio e posteriormente sumidouros como formas de disposição final. Dependendo da dimensão, esse sistema é capaz de promover o tratamento de um ou mais domicílios e o grau de tratamento é compatível com seu custo e simplicidade (JORDÃO & PESSÔA, 2005).

Apesar de simples e barata, apenas a fossa séptica não é capaz de remover todos os agentes e substâncias que contém no esgoto para ser lançado em um corpo receptor, por isso, a combinação com o filtro anaeróbio atinge os níveis elevados de eficiência requeridos pela legislação (FIG. 6).

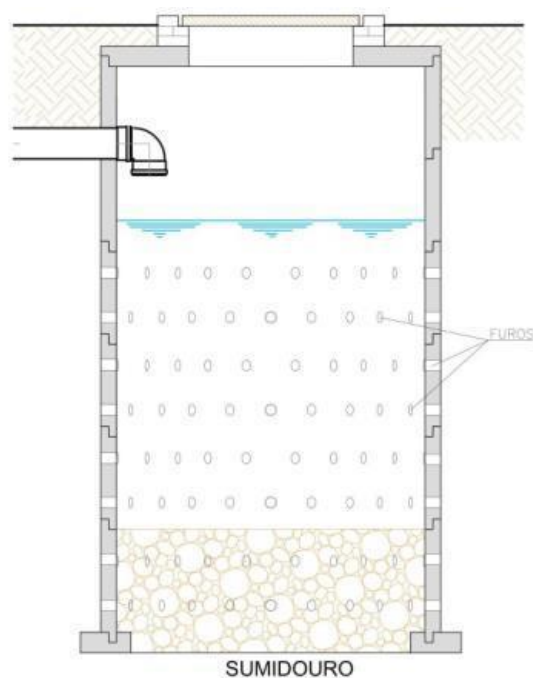
Figura 6 - Esquema de fossa séptica combinada com filtro anaeróbio



Fonte: SHS, 2018

Após os esgotos passarem pelo filtro anaeróbio, a melhor destinação é um sumidouro, ou uma vala de infiltração, que atuam como disposição final do efluente, sem que seja necessária a construção de um emissário final. Na FIG. 7 é apresentado um esquema de sumidouros.

Figura 7 – Esquema de sumidouro



Fonte: SHS, 2018

6.2.5 Previsão de eventos de emergência e contingência do serviço de esgotamento sanitário

A TAB. 18 aborda potenciais eventos de emergência e contingência relacionados ao Serviço de Esgotamento Sanitário - SES. Além de indicar ações necessárias para solucionar os possíveis problemas.

Tabela 18 - Ações de emergência e contingência do serviço de esgotamento sanitário

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Rompimento da tubulação de esgoto	Danos a dispositivos do sistema de coleta de esgoto podendo causar vazamento, aumentando o risco contaminação de áreas ou recursos hídricos.	Formar barreira de contenção para limitar raio ou curso de propagação do vazamento, seja no solo ou em curso d'água.
		Isolar a área para não haver contato com outras áreas que não foram contaminadas.
		Realizar reparos e remediar a área contaminada.
Ocorrência de retorno de esgotos nos imóveis	Devido a entupimentos na tubulação ou ainda ao lançamento irregular de esgotos ou mesmo de águas pluviais na rede coletora	Comunicar a população e instituições.
		Procurar local na rede onde está o entupimento; e realizar a manutenção corretiva da rede.
Interrupção em sistemas de bombeamento	Problemas ou manutenção nas estações elevatórias	Acionar equipamentos reserva
		Iniciar manutenções preventivas e corretivas
		Comunicar à população, instituições e autoridades.

Continua...

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Vazamentos de produtos químicos nas instalações de tratamento de esgoto	Acidentes ou dosagem inadequada.	Iniciar processo de evacuação do local e comunicar às instituições e autoridades que realizam os trabalhos de contenção e remediação (Corpo de Bombeiros e defesa civil).
Acidentes de trabalho nas unidades de bombeamento e tratamento de esgoto	Acidentes de trabalho, tais como quedas, cortes, choques elétricos, contaminação por produtos químicos ou esgotos sanitários, etc.	Iniciar primeiros socorros;
		Comunicar aos socorristas (SAMU 192)
		Substituir função do operário lesionado, atribuindo-a a outro funcionário por período temporário.
Interrupção no fornecimento de energia elétrica nas instalações de tratamento de esgoto	Problemas na rede, curto-circuito, etc.	Comunicar à companhia fornecedora de energia elétrica (CEMIG 112 ou 0800 310 196)
		Conter o fluxo dos possíveis vazamentos
		Instalar tanques de acumulação do esgoto extravasado, com o objetivo de evitar contaminação do solo e água.

6.3 Serviço de Manejo de Resíduos Sólidos

A fase de prognóstico do atual Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Caetanópolis foi estabelecido conforme o diagnóstico atual do município e a Lei nº 12.305/2010 que aborda sobre o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tem como objetivos prioritários não gerar resíduos; reduzir a geração de resíduos na fonte; reaproveitar os resíduos, com programas de reciclagem, compostagem e geração de energia; e disposição final dos rejeitos em condições apropriadas, respectivamente.

Para atingir tais objetivos é necessário ter como fundamentos para a gerenciamento dos resíduos sólidos a colaboração entre o poder público, o setor produtivo e a sociedade civil; a incorporação das ações nas áreas de saneamento, meio ambiente, saúde pública, ação social e administração; cooperação sob forma de consórcios e/ou parcerias, para soluções regionais integradas; atuação eficaz da sociedade, em seus diferentes níveis; responsabilização dos geradores no gerenciamento dos seus resíduos sólidos; assiduidade e ininterruptão dos serviços de limpeza pública; responsabilização dos fabricantes/distribuidores pelos produtos usados e/ou embalagens passíveis de logística reversa; e optar por produtos resultantes da reciclagem e/ou compostagem de resíduos.

De acordo com o Diagnóstico Técnico Participativo, os resíduos sólidos apresentam um dos componentes mais críticos do município, em consequência da ausência de disposição final dos resíduos adequada, que atualmente é feito em um aterro controlado, com vida útil ultrapassada, coberto apenas por solo, e sem a impermeabilização correta, ocasionando danos ao solo, podendo atingir o lençol freático, além de impactos sociais.

6.3.1 Cenário atual

A administração pública que realiza o serviço de limpeza urbana, que engloba a coleta, transporte, e destinação final dos resíduos gerados pelos munícipes em seus domicílios e atividades econômicas desenvolvidas, assim como é responsável pela limpeza das vias públicas, porém, esses serviços são

realizados com frequência somente na área urbana, entretanto, em alguns bairros o serviço ainda não apresenta total cobertura.

A administração pública ainda é responsável pelo aterro controlado municipal, que indica problemas técnicos relacionados a operação e não possui licença ambiental para seu funcionamento, o que diverge da legislação ambiental atual.

6.3.2 Estimativas anuais de resíduos sólidos domiciliares gerados ao longo de 20 anos

Para a estimativa da geração futura de resíduos domiciliares ao longo do horizonte de planejamento de 20 anos, utilizaram-se dados de projeção populacional, conforme o Termo de Referência da FUNASA, do ano de 2018, que é o Método das Componentes Demográficas, e considerou a geração per capita para o município de 0,5 Kg/hab./dia, por ser um município que apresenta população menor que 30 mil habitantes (IBAM, 2001). Foi considerado o peso específico do lixo domiciliar de 230 Kg/m³, sendo um parâmetro necessário para o dimensionamento de instalações e equipamentos (IBAM, 2001).

Nota-se um aumento na geração de resíduos, conforme aumenta a população (TAB. 19) no qual em 2019 tem-se uma geração de 2.185 toneladas e no ano de 2039, estima-se a produção de 3.107 toneladas de resíduos, considerando que a situação atual do município seja mantida, onde todo o resíduo gerado é destinado ao aterro controlado, incluindo os resíduos recicláveis.

Tabela 19 - Estimativa da geração de resíduos ao longo de 20 anos

Ano	População	Geração Per Capita (Kg/hab.dia)	Massa de Resíduos (Toneladas/ano)	Densidade Média do lixo (Kg/m ³)	Volume (m ³)
2019	11973	0,5	2185	230	9500,32
2020	12186	0,5	2224	230	9669,33
2021	12403	0,5	2264	230	9841,51
2022	12624	0,5	2304	230	10016,87
2023	12848	0,5	2345	230	10194,61
2024	13076	0,5	2386	230	10375,52
2025	13308	0,5	2429	230	10559,61
2026	13545	0,5	2472	230	10747,66
2027	13785	0,5	2516	230	10938,10
2028	14029	0,5	2560	230	11131,71
2029	14279	0,5	2606	230	11330,08
2030	14533	0,5	2652	230	11531,62
2031	14791	0,5	2699	230	11736,34
2032	15054	0,5	2747	230	11945,02
2033	15322	0,5	2796	230	12157,67
2034	15594	0,5	2846	230	12373,50
2035	15871	0,5	2896	230	12593,29
2036	16152	0,5	2948	230	12816,26
2037	16438	0,5	3000	230	13043,20
2038	16730	0,5	3053	230	13274,89
2039	17027	0,5	3107	230	13510,55
Total		-	73062	-	317661,88

Considerando o atual cenário no município, e sendo esse o pior cenário, em 2039, horizonte do PMSB, o município estará dispendo e/ou tratando de 73.062 toneladas de resíduos.

Em relação ao aterro controlado, levando em consideração a estimativa populacional e a geração de resíduos não é possível estimar sua vida útil, já que não existe nenhuma forma de controle e compactação dos resíduos gerados atualmente, assim como, da topografia, capacidade do solo e suas propriedades e características.

À vista disso, é necessário um estudo da área do aterro controlado existente, para propor medidas de mitigação para sua desativação, e possível instalação de um aterro sanitário que atenda a demanda do município, em consequência de ser a única área disponível. Assim, como avaliar a inserção da coleta seletiva, conforme as metas que serão elaboradas.

A coleta seletiva é a separação prévia dos resíduos, que podem ser reaproveitados, que tem como importantes benefícios: a economia de matérias-primas não-renováveis; a economia de energia nos processos produtivos; o aumento da vida útil dos aterros sanitários e a estimulação do desenvolvimento de uma maior consciência ambiental e dos princípios de cidadania por parte da população (IBAM, 2001). Atualmente, o município de Caetanópolis não possui coleta seletiva.

Existe na cidade, catadores que fazem a coleta de materiais recicláveis porta a porta, assim como existem também catadores clandestinos que atuam na área do aterro controlado. Porém, não há no município nenhuma cooperativa ou associação de catadores, onde os mesmos possam realizar esse trabalho de forma independente e correta.

Sendo de extrema importância, para o município a criação das associações para o atendimento das pessoas que realizam a atividade de catação, assim como as que atuam no aterro controlado, com o objetivo de propor um bem-estar social a essas famílias e obter recursos financeiros, através de ações de políticas públicas para a inclusão social.

Para a implantação da coleta seletiva é essencial que haja a envolvimento de toda a população, visto que a primeira etapa, de separação dos resíduos, ocorre ainda nas residências, sendo fundamental realizar programas

de educação ambiental, com a finalidade de informar, conscientizar e demonstrar tamanha importância do melhor uso dos resíduos gerados.

A primeira etapa, geralmente, consiste em separar os resíduos úmidos dos secos, realizada nos domicílios, e posteriormente, esses resíduos são coletados por transporte adequado e encaminhados para locais designados para essa finalidade, onde é feita a segregação dos resíduos secos, que é composto em sua maioria, por papéis, papelões, metais, plásticos e *tetra pak*. Logo após, esses materiais recicláveis são vendidos para empresas que irão reutilizar, reciclar ou reaproveitar os mesmos.

A composição gravimétrica realizada e apresentada no Diagnóstico Técnico Participativo, indicou que atualmente 48% do resíduo encaminhado para o aterro controlado, é passível de reciclagem. Sendo assim, existe um outro cenário a ser considerado com a implantação da coleta seletiva, conforme a TAB 20.

Tabela 20 - Estimativa da geração de resíduos ao longo de 20 anos (com programa de coleta seletiva)

Ano	População	Geração Per Capita (Kg/hab.dia)	Massa de Resíduo (T/ano)	Densidade Média do lixo (Kg/m³)	Volume (m³)	Redução Reciclável	Massa de Resíduo (T/ano)	Volume (m³)
2019	11973	0,5	2185	230	9500,32	48%	1136,24	4940,16
2020	12186	0,5	2224	230	9669,33	48%	1156,45	5028,05
2021	12403	0,5	2264	230	9841,51	48%	1177,04	5117,59
2022	12624	0,5	2304	230	10016,87	48%	1198,02	5208,77
2023	12848	0,5	2345	230	10194,61	48%	1219,28	5301,20
2024	13076	0,5	2386	230	10375,52	48%	1240,91	5395,27
2025	13308	0,5	2429	230	10559,61	48%	1262,93	5491,00
2026	13545	0,5	2472	230	10747,66	48%	1285,42	5588,78
2027	13785	0,5	2516	230	10938,10	48%	1308,20	5687,81
2028	14029	0,5	2560	230	11131,71	48%	1331,35	5788,49
2029	14279	0,5	2606	230	11330,08	48%	1355,08	5891,64
2030	14533	0,5	2652	230	11531,62	48%	1379,18	5996,44
2031	14791	0,5	2699	230	11736,34	48%	1403,67	6102,90
2032	15054	0,5	2747	230	11945,02	48%	1428,62	6211,41
2033	15322	0,5	2796	230	12157,67	48%	1454,06	6321,99
2034	15594	0,5	2846	230	12373,50	48%	1479,87	6434,22
2035	15871	0,5	2896	230	12593,29	48%	1506,16	6548,51
2036	16152	0,5	2948	230	12816,26	48%	1532,82	6664,46
2037	16438	0,5	3000	230	13043,20	48%	1559,97	6782,46
2038	16730	0,5	3053	230	13274,89	48%	1587,68	6902,94
2039	17027	0,5	3107	230	13510,55	48%	1615,86	7025,49
Total	-	-	-	-	317661,88	-	37992,36	165184,18

Como observado na tabela 21, com a implantação de um programa de coleta seletiva no município de Caetanópolis, funcionando de forma efetiva, tem-se que a massa de resíduo gerado em 2039 será menor do que é gerado atualmente, de acordo com estimativa.

Estes dados mostrados sumariamente, expõe a importância da população e dos representantes legais reverem a política atualmente aplicada no Município em relação aos resíduos sólidos, no qual tem-se como alternativa para a redução da quantidade dos resíduos que serão dispostos no aterro, a coleta seletiva.

Portanto, para projeção do aterro sanitário é necessário considerar, além do crescimento populacional, a implantação do programa de coleta seletiva e sua eficiência, de acordo com o cronograma estabelecido.

6.3.3 Critérios para pontos de apoio ao sistema na área de planejamento

A Prefeitura de Caetanópolis deve produzir pontos de apoio para coleta dos resíduos que considerem a área urbana, urbana distante e rural, nos locais que sejam demandadas essa estrutura. Para isso, é preciso instalar Pontos de Entrega Voluntária (PEV's) de resíduos sólidos, que são adequados apenas para os resíduos secos.

Para que o serviço de destinação dos resíduos sólidos nesses pontos alcance resultados positivos é necessário que sejam feitas campanhas para informar a população, principalmente, a respeito de que devem ser destinados a esses locais somente os resíduos secos, a fim de que sejam evitados resíduos que gerem odor e/ou prejudiquem a capacidade de reciclagem.

A definição dos locais para implantar os PEV's deve ter em vista as necessidades e frequência dos serviços prestados. Sendo fundamental impedir o acúmulo dos resíduos sólidos, no qual a retirada é uma das etapas da destinação correta dos resíduos gerados. O recolhimento em locais específicos altera o serviço porta a porta, gerando impactos positivos na organização urbana. Nesse sistema, o morador é incentivado a levar os resíduos produzidos em locais específicos, esse incentivo pode ser feito com ações educativas ou através de leis.

A inserção dos PEV's para a coleta seletiva inclui a instalação de recipientes de acondicionamento, que devem ser dispostos em pontos fixos no município, possibilitando que o morador realize o descarte dos resíduos de forma espontânea.

A implantação de Ecoponto é uma outra estrutura de apoio, que é a instalação de locais públicos e de utilização livre pela população, com o objetivo de receber os resíduos de construção civil (RCC), volumosos e outros resíduos que não foram recolhidos pela coleta convencional ou seletiva, podendo ser resultado de parcerias com empresas privadas, que queiram reutilizar os RCC de classe A e outros.

O critério para a instalação de pontos de apoio está associado a demanda, deve ser estabelecido de preferência em locais onde tem problemas de descarte irregular de resíduos com maior frequência, prejudicando assim a limpeza pública do município. O entorno dos PEV's e Ecopontos não podem ser susceptíveis a alagamentos, deve apresentar iluminação adequada, além de informações expostas aos usuários de maneira objetiva e simplificada sobre os resíduos a serem dispostos (resíduos secos).

No sistema de coleta seletiva é necessário considerar e optar pela inclusão de associações e cooperativas de catadores que realizem as etapas desde a triagem até o beneficiamento dos materiais. Devendo ser estimulado pela Prefeitura Municipal com a participação de pessoas que já realizam o serviço de catação e pessoas de baixa renda do município, auxiliando assim no desenvolvimento dessa classe. Além disso, é fundamental a realização de cursos profissionalizantes e de aperfeiçoamento, assim como orientar sobre a utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI's).

É importante destacar que o sistema de coleta seletiva precisa apresentar viabilidade econômica, garantindo que o município consiga arcar com o mesmo. A separação dos resíduos pode ser dada por resíduos secos (que são os recicláveis), e os úmidos (composto por matéria orgânica e rejeito), sendo os resíduos úmidos recolhidos pela coleta convencional.

Para assegurar maior organização nas realizações das atividades é importante que haja uma sala de coordenação de todas as atividades relacionadas ao serviço de limpeza urbana, incluindo o recebimento de sugestões e demandas da população. Assim, como criar uma rede de

relacionamento direta com os munícipes, através de uma central telefônica. Além de um espaço físico para armazenar os materiais e insumos utilizados na limpeza urbana, ferramentas para manutenções simples e preventivas, possuir instalações sanitárias adequadas para uso dos funcionários e transportes que atendam aos requisitos do serviço e as leis em relação as condições de tráfego, garantindo a segurança dos operários e da população.

6.3.4 Descrição das formas de participação da prefeitura na coleta seletiva e na logística reversa

De acordo com a Lei Federal 12.305 de 2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos, logística reversa é definida como:

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.

A participação do Poder Público com relação a logística reversa pode ser estabelecida através de acordos com os produtores dos resíduos propensos na lei. Em casos em que o serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos se responsabilizarem pelo sistema de logística reversa, conforme acordo com o setor empresarial, as atividades realizadas deverão ser devidamente remuneradas, conforme ajustado entre as partes.

Estão sujeitos a logística reversa os produtores de agrotóxicos; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; além dos eletroeletrônicos e seus componentes. No qual, os consumidores deverão devolver as embalagens ou os produtos anteriormente citados, aos comerciantes.

É responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes garantir a realização e funcionamento da logística reversa através de medidas, como: estabelecer a compra de produtos ou embalagens usados, criar pontos para entrega dos resíduos reaproveitáveis, e/ou criar parcerias com

cooperativas e associações de catadores, dando prioridade ao grau e extensão do impacto ambiental e a saúde da população.

Para a efetividade da logística reversa é preciso seguir o seu ciclo, que tem início no consumidor, que deve retornar com a embalagem ou produto danificado ao comerciante ou distribuidor, que deverão ser encaminhados para os fabricantes ou importadores, garantindo uma disposição final adequada dos rejeitos e o máximo aproveitamento dos materiais passíveis de reciclagem. Devendo manter os órgãos competentes atualizados sob as ações que estão sendo empregadas.

Apesar da logística reversa não ser de responsabilidade direta do município, é importante que a administração pública encontre formas para incentivar a população a devolver todos as embalagens e produtos passíveis de logística reversa, para que não venha a se tornar um problema da administração pública, que é o que ocorre atualmente, onde muitos desses materiais são descartados junto ao lixo comum, ou até mesmo queimado como ocorre nas áreas urbanas distantes, gerando uma série de impactos ambientais e sociais. Para isso, é preciso que haja uma fiscalização eficiente a todos os comerciantes e distribuidores do município por parte da Prefeitura, para verificar se os mesmos realizam o recebimento desses materiais e destinam corretamente, conforme o ciclo.

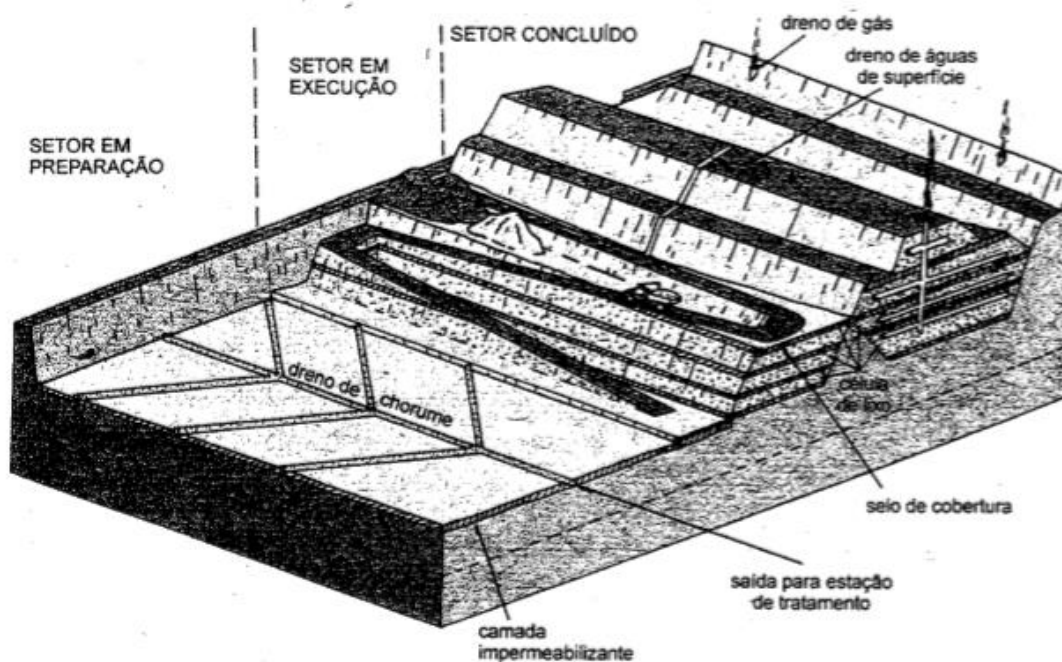
Como visto, a administração pública poderá se responsabilizar pela logística reversa, conforme remuneração pelos fabricantes, mas para isso é preciso analisar criteriosamente os custos e benefícios. Já que o município não possui um aterro industrial, que é o ideal para o recebimento de pilhas, baterias, lâmpadas, entre outros materiais que contenham metais pesados, não podendo esses materiais serem descartados em aterro controlado ou sanitário.

Quanto a coleta seletiva, é preciso que os consumidores condicionem e realizem a separação dos resíduos gerados de forma adequada, sendo necessário programas que informem e incentivem essas atividades. A administração pública também pode realizar incentivos econômicos àqueles que participarem da coleta seletiva. O município precisará realizar o cadastro de todos que atuam no serviço de catação de recicláveis, para facilitar a criação de uma associação ou cooperativa.

6.3.5 Área de disposição dos resíduos sólidos domiciliares

No Brasil, o aterro é o tipo de estratégia mais utilizada para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU), levando em conta sua simplicidade na execução, facilidade de operação, viabilidade econômica e vida útil. Segundo D'Almeida & Vilhena (2000) o aterro sanitário é uma técnica de disposição de RSU com base em critérios de engenharia e normas específicas com a finalidade de minimizar os impactos ambientais negativos e evitar riscos à saúde pública. A FIG. 8 ilustra um esquema de construção e operação de um aterro sanitário.

Figura 8 - Esquema de construção e operação de um aterro sanitário

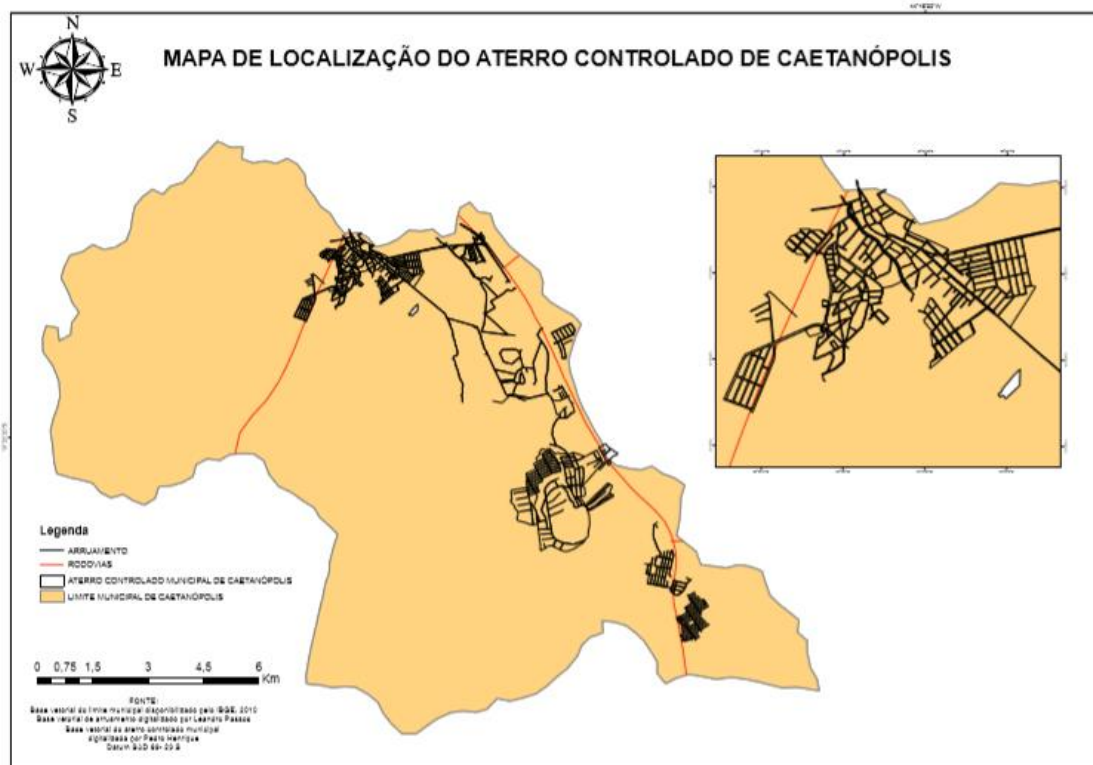


Fonte: D'Almeida & Vilhena, 2000

Para a implantação de um aterro sanitário a área a ser selecionada para esse fim, precisa estar dentro de critérios impostos por legislações federais, estaduais e municipais (quando houver), o que torna esse o maior desafio na implantação de um aterro, uma vez que o crescimento populacional desordenado e a ocupação do solo de forma irregular vão influenciar diretamente na escolha da área. O município de Caetanópolis já tem uma área pré destinada

para a implantação do aterro sanitário, na qual já se localiza o atual aterro controlado do município (FIG. 9).

Figura 9 - Área de implantação do aterro sanitário



De acordo com o Manual do IBAM de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001) os critérios de seleção de área podem ser divididos em técnicos, econômico-financeiros e político-sociais. Abaixo estão descritas as TAB. 21, 22 e 23 com os critérios estipulados pelas legislações, comparando com a área de implantação do aterro do município de Caetanópolis, de acordo com os pesos atribuídos a cada critério.

Tabela 21 – Critérios técnicos segundo NBR 10.157

Critérios Técnicos	
Critérios	Observações
Uso do solo	As áreas têm que se localizar numa região onde o uso do solo seja rural ou industrial e fora de qualquer Unidade de Conservação Ambiental.
Proximidade a cursos d'água relevantes	As áreas não podem se situar a menos de 200 metros de corpos d'água relevantes, tais como, rios, lagos, lagoas e oceano. Também não poderão estar a menos de 50 metros de qualquer corpo d'água, inclusive valas de drenagem que pertençam ao sistema de drenagem municipal ou estadual.
Proximidade a núcleos residenciais urbanos	As áreas não devem se situar a menos de mil metros de núcleos residenciais urbanos que abriguem 200 ou mais habitantes.
Proximidade a aeroportos	As áreas não podem se situar próximas a aeroportos ou aeródromos e devem respeitar a legislação em vigor.
Vida útil mínima	É desejável que as novas áreas de aterro sanitário tenham, no mínimo, cinco anos de vida útil.
Permeabilidade do solo natural	É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma certa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas e jamais deverão ser arenosas.
Distância do lençol freático	As distâncias mínimas recomendadas pelas normas federais e estaduais são as seguintes: <ul style="list-style-type: none"> • Para aterros com impermeabilização inferior através de manta plástica sintética, a distância do lençol freático à manta não poderá ser inferior a 1,5 metro. • Para aterros com impermeabilização inferior através de camada de argila, a distância do lençol freático à camada impermeabilizante não poderá ser inferior a 2,5 metros e a camada impermeabilizante deverá ter um coeficiente de permeabilidade menor que 10⁻⁶cm/s.
Extensão da bacia de drenagem	A bacia de drenagem das águas pluviais deve ser pequena, de modo a evitar o ingresso de grandes volumes de água de chuva na área do aterro.
Facilidade de acesso a veículos pesados	O acesso ao terreno deve ter pavimentação de boa qualidade, sem rampas íngremes e sem curvas acentuadas, de forma a minimizar o desgaste dos veículos coletores e permitir seu livre acesso ao local de vazamento mesmo na época de chuvas muito intensas.
Disponibilidade de material de cobertura	Preferencialmente, o terreno deve possuir ou se situar próximo a jazidas de material de cobertura, de modo a assegurar a permanente cobertura do lixo a baixo custo.

Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001)

Tabela 22 – Critérios econômico-financeiros

Critérios Econômico-financeiros	
Critérios	Observações
Distância ao centro geométrico de coleta	É desejável que o percurso de ida ou volta que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo.
Custo de aquisição do terreno	Se o terreno não for de propriedade da prefeitura, deverá estar, preferencialmente, em área rural, uma vez que o seu custo de aquisição será menor do que o de terrenos situados em áreas industriais
Custo de investimento de construção e infraestrutura	É importante que a área escolhida disponha de infraestrutura completa, reduzindo os gastos de investimento em abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos, drenagem de águas pluviais, distribuição de energia elétrica e telefonia.
Custos com a manutenção do sistema de drenagem	A área escolhida deve ter um relevo suave, de modo a minimizar a erosão do solo e reduzir os gastos com a limpeza e manutenção dos componentes do sistema de drenagem.

Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001)

Tabela 23 – Critérios político-sociais

Critérios Político-sociais	
Critérios	Observações
Distância de núcleos urbanos de baixa renda	Aterros são locais que atraem pessoas desempregadas, de baixa renda ou sem outra qualificação profissional, que buscam a catação do lixo como forma de sobrevivência e que passam a viver desse tipo de trabalho em condições insalubres, gerando, para a prefeitura, uma série de responsabilidades sociais e políticas. Por isso, caso a nova área se localize próxima a núcleos urbanos de baixa renda, deverão ser criados mecanismos alternativos de geração de emprego e/ou renda que minimizem as pressões sobre a administração do aterro em busca da oportunidade de catação.
Acesso à área através de vias com baixa densidade de ocupação	O tráfego de veículos transportando lixo é um transtorno para os moradores das ruas por onde estes veículos passam, sendo desejável que o acesso à área do aterro passe por locais de baixa densidade demográfica.

Fonte: Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001)

Apenas para especificação técnica (uma vez que a área para implantação do aterro sanitário já está definida pelo município), as TAB. 24, 25 e 26 informam o peso dos critérios, o tipo de atendimento de acordo com as prioridades adotadas e a pontuação da área disponibilizada diante dos critérios estabelecidos.

Tabela 24 - Peso e prioridade dos critérios

Critérios	Prioridade	Peso
Sistema de licenciamento de atividades poluidoras e à legislação ambiental em vigor	1	10
Condicionantes político-sociais	2	6
Principais condicionantes econômicos	3	4
Principais condicionantes técnicos	4	3
Demais condicionantes econômicos	5	2
Demais condicionantes técnicos	6	1

Fonte: Adaptado do Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001)

Tabela 25 – Tipo de atendimento

Tipo de Atendimento	Peso
Total	100%
Parcial	50%
Não atendido	0%

Fonte: Adaptado do Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001)

Tabela 26 – Pontuação da área disponibilizada pelo município

Crítérios	Prioridade	Atendimento	Pontuação da área
Proximidade a cursos d'água	10	0%	0,0
Proximidade a núcleos residenciais	10	0%	0,0
Proximidade a aeroportos	10	100%	10,0
Distância do lençol freático	10	-	-
Distância de núcleos de baixa renda	6	50%	3,0
Vias de acesso com baixa ocupação	6	100%	6,0
Problemas com a comunidade local	6	100%	6,0
Aquisição do terreno	4	100%	6,0
Investimento em infraestrutura	4	50%	2,0
Vida útil mínima	3	100%	3,0
Uso do solo	3	0%	0,0
Permeabilidade do solo natural	3	50%	1,5
Extensão da bacia de drenagem	3	-	-
Acesso a veículos pesados	3	100%	3,0
Material de cobertura	3	100%	3,0
Manutenção do sistema de drenagem	2	100%	2,0
Distância ao centro de coleta	1	100%	1,0
Pontuação total	-	-	46,5

A área disponibilizada pelo município foi escolhida como melhor opção por atender alguns dos critérios citados acima e principalmente por ser uma área que já possui o aterro controlado implantado, portanto já tem parte da infraestrutura executada, acessibilidade aos caminhões coletores, material para cobertura de solo, vasta extensão territorial, o terreno já foi adquirido pela prefeitura e entre outros fatores.

6.3.5.1 Riscos de poluição e/ou contaminação

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), uma área contaminada pode conter quantidades ou concentrações de quaisquer substâncias ou resíduos em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana e ao meio ambiente, que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Enquanto que a poluição se refere à degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Se tratando de um aterro sanitário, o maior risco de poluição e/ou contaminação poderia ser provocado pela infiltração do chorume no solo que poderia atingir o lençol freático ou pelo escoamento desse líquido até um corpo hídrico próximo, contaminando-os com patógenos e afetando o equilíbrio aquático dos corpos hídricos em questão, por isso é fundamental que o sistema de impermeabilização do solo e drenagem do chorume estejam instalados de forma adequada. Além disso, é importante que a drenagem dos gases dos resíduos seja feita de forma correta para evitar possíveis explosões causadas principalmente pelo gás metano, na qual haveria liberação de gases de efeito estufa na atmosfera. Um outro tipo de poluição que deve ser considerada é a poluição visual e o forte odor que o aterro pode proporcionar, podendo ser utilizadas tecnologias de controle ambiental como barreiras de cobertura vegetal para minimizar esses impactos perante a população e ao meio ambiente.

6.3.5.2 Procedimentos operacionais do aterro sanitário

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (2001), os procedimentos operacionais de um aterro sanitário são:

- Preparo da frente de trabalho que se compõe de uma praça de manobras em pavimento primário, com dimensões suficientes para o veículo descarregar o resíduo e fazer a manobra de volta;
- Enchimento da Célula 1, que consiste no espalhamento do resíduo por um trator de esteiras, em camadas de 50 cm, seguido da sua compactação por, pelo menos, três passadas consecutivas do trator;
- Cobrimento do topo da célula, com caimento de 2% na direção das bordas, e dos taludes internos com a capa provisória de solo, na espessura de 20cm;
- Cobrimento dos taludes externos com a capa definitiva de argila, na espessura de 50cm;
- Alguns dias antes do encerramento da Célula 1, prolongar a frente de trabalho, com as mesmas dimensões da anterior para atender à Célula 2;
- Após o encerramento da Célula 1, executar o dreno de gás;
- Repetir as mesmas operações de enchimento da célula anterior e preparo da célula seguinte até que todo o lote 1 seja preenchido;
- Repetir as mesmas operações para o enchimento dos lotes 2, 3 e assim sucessivamente até completar todo o nível inferior;
- Proceder ao enchimento da Célula 1 do nível superior seguindo a mesma sequência de operações utilizada para o nível inferior;
- Quando se estiver aterrando as células do último nível, proceder à cobertura final da célula encerrada com uma capa de argila compactada de 50cm de espessura, dando um caimento de 2% no sentido das bordas;

- Repetir a sequência de operações até o enchimento completo de todos os lotes em todos os níveis.

O manual cita ainda, alguns equipamentos que podem ser utilizados na operação de um aterro sanitário, como: trator de esteiras, caminhão basculante/caçamba; pá mecanizada; retroescavadeira e caminhão pipa.

6.3.5.3 *Tratamento do lixiviado*

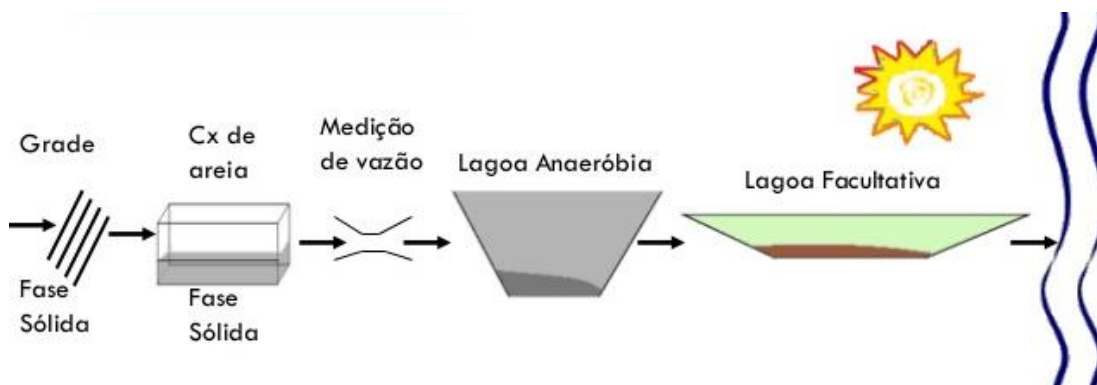
Segundo a NBR 8.849/1985, o lixiviado, também denominado chorume, pode ser definido como um líquido percolado resultante da decomposição de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, tendo como características cor escura, forte odor, elevada concentração de amônia e DBO. Dentro dos aterros sanitários o lixiviado sofre interferências de fontes externas como sistemas de drenagem superficial, precipitação atmosférica, evapotranspiração, existência de lençol freático e de nascentes, recirculação dos líquidos gerados, umidade, vegetação, intempéries, entre outras.

O lixiviado pode ser tratado através de diversas tecnologias de controle ambiental, como o tratamento bioquímico através de fitorremediação; através da eletrólise assistida por fitocatálise; e através do tratamento biológico por lagoas anaeróbias e facultativas. Esse último é o tratamento mais utilizado, levando em consideração sua eficiência perante a legislação e baixo custo de implantação e operação.

Segundo Sperling (2002) as lagoas anaeróbias são tanques de grande profundidade (3,0 a 5,0m), na qual a carga orgânica aplicada deverá ser alta de maneira que a taxa de consumo de oxigênio seja superior à taxa de produção, criando condições anaeróbias (microrganismos que se desenvolvem na ausência de oxigênio), tendo uma eficiência de aproximadamente 50% a 70% da DBO, sendo necessário outras unidades posteriores de tratamento do lixiviado. As lagoas facultativas são tanques de menor profundidade (0,9 a 2,5m), onde ocorre decomposição aeróbia (microrganismos que se desenvolvem na presença de oxigênio) de matéria orgânica dissolvida e fotossíntese, através do surgimento de algas que produzem oxigênio dissolvido e consomem gás carbônico proveniente da decomposição anaeróbia de matéria orgânica suspensa. Além das lagoas anaeróbias e facultativas, é necessário que o

sistema de tratamento seja composto pelo gradeamento que remove os sólidos grosseiros e pela caixa de areia que remove os sólidos sedimentáveis. A FIG. 10 ilustra um esquema do sistema de tratamento de lixiviado descrito acima.

Figura 10 – Esquema do tratamento de lixiviado



Fonte: Sperling, 2002

Entre as principais vantagens do sistema de tratamento de lixiviado é possível citar a satisfatória eficiência na remoção de DBO; eficiência na remoção de patógenos; e simplicidade na execução, operação e manutenção do sistema.

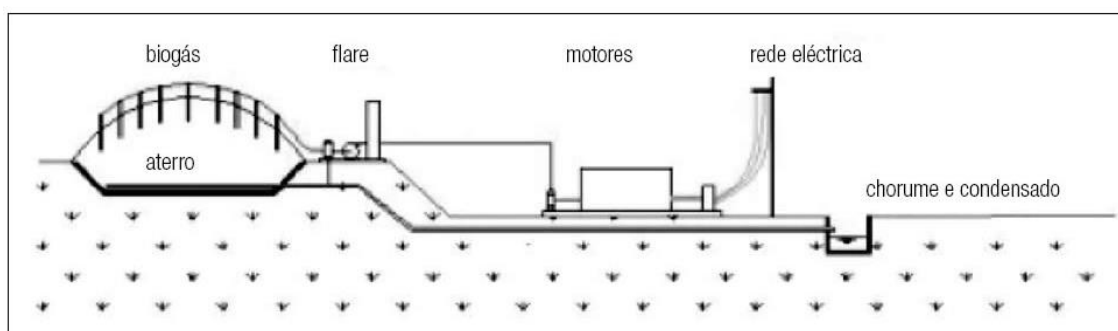
6.3.5.4 Drenagem e destino dos gases de lixiviado

O sistema de drenagem do lixiviado precisa ser dimensionado conforme as NBR 13.896/1997 e NBR 15.849/2010, de forma a evitar que o líquido possa escoar e/ou infiltrar, contaminando o lençol freático e o solo no entorno do aterro. É recomendado pelas normas a drenagem de água contaminada, ou seja, a água que não infiltra no aterro. É necessário também desviar a água da chuva, impedindo que a mesma se junte ao chorume, deixando o líquido com maior vazão e mais diluído, influenciando diretamente no tratamento do lixiviado.

De acordo com Barros (2013), o biogás é composto, em sua maioria, por matéria orgânica e metano e o processo de geração de gás no aterro sanitário é constituído por quatro fases: fase aeróbia, fase anaeróbia não metanogênica, fase anaeróbia metanogênica instável e fase anaeróbia metanogênica estável. Um sistema típico de coleta de biogás possui um campo

de coleta de biogás (drenos e valas); tubulação de coleta; sistema de encerramento e despejo condensado; sistema de ventilação; e queima de biogás. A partir daí, pode-se apenas queimar o biogás ou realizar o aproveitamento energético do mesmo, através de tecnologias que convertam o biogás em energia. A desvantagem da primeira opção é que ao queimar o biogás, gases de efeito estufa (GEE) vão para a atmosfera, enquanto na segunda opção, além de evitar o escape dos GEE, a viabilidade econômica é maior, uma vez que o aproveitamento energético do biogás será contínuo, considerando os resíduos uma fonte renovável de energia. A FIG.11 mostra um esquema simples de aproveitamento energético do biogás no aterro sanitário.

Figura 11 – Esquema de aproveitamento energético de biogás no aterro sanitário



Fonte: CEPEA, 2004

6.3.5.5 Monitoramento ambiental

O monitoramento ambiental deve ter início antes do funcionamento do aterro sanitário, através de coleta de amostras de água do lençol freático e de corpos hídricos localizados no entorno do aterro, para futuras comparações entre a qualidade da água desses ambientes antes do funcionamento do aterro e depois. A partir do momento que o lixiviado é produzido no aterro, deve-se realizar análises das amostras de água do lençol freático, dos corpos hídricos próximos e da composição do lixiviado, de forma periódica, para o acompanhamento da qualidade do tratamento do lixiviado. (IBAM, 2001).

É importante que ocorra também o monitoramento geotécnico e topográfico do local, relacionado principalmente à cobertura das células e aos

drenos de lixiviado, assegurando o escoamento correto do percolado para o tratamento.

6.3.5.6 Estrutura para a destinação dos resíduos recicláveis

Após a coleta, os resíduos recicláveis são levados ao galpão de reciclagem para que possam passar pela triagem, com o objetivo de separar os resíduos por tipologia e em seguida, são prensados, armazenados e comercializados para indústrias de recicláveis.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), para a execução da estrutura do galpão de reciclagem, é recomendado a utilização de material pré-moldado, com um pé direito mais alto, que atende o funcionamento dos equipamentos e promove boa ventilação para os funcionários. A área de um galpão pequeno (demanda prevista para até 2039, sendo até 1 tonelada/dia de resíduos) é de cerca de 300m² e os equipamentos mínimos necessários são pelo menos 1 prensa, 1 balança e 1 carrinho, além de equipamentos comuns como pás, vassouras, entre outros.

O galpão deve conter pelo menos uma área de estoque de silo, triagem, prensagem, depósito e estoque dos fardos. A área de estoque dos silos tem finalidade de receber e separar em pilhas os resíduos recicláveis que estão chegando; em seguida os resíduos são separados por tipo na triagem; logo após vão para a prensagem, onde passam pela máquina de prensa com o objetivo de reduzir o volume dos resíduos; e por fim, vão para o estoque dos fardos onde aguardam o recolhimento de indústrias de materiais recicláveis. Para manter o controle e dados sobre o peso dos resíduos recicláveis, é de extrema relevância que o galpão disponha de uma balança. É recomendado também a instalação de pontos de apoio para os funcionários como vestiários, sanitários, refeitório e outros espaços que possam julgar-se relevantes, bem como um pátio para manobras dos caminhões coletores e estacionamento para os demais veículos. Segundo o MMA (2008), é viável que os galpões de reciclagem estejam implantados nas proximidades do núcleo urbano, facilitando o transporte na chegada dos resíduos, assim como na saída. A FIG. 12 ilustra uma planta modelo de vista interna do galpão de reciclagem.

Os resíduos de construção civil (RCC) não deverão ser dispostos no aterro sanitário. Para o descarte desse tipo de resíduo, o município pode criar pontos de descarte ambientalmente corretos ou parcerias com empreendedores ou municípios próximos para o recolhimento e reaproveitamento dos RCC.

Os resíduos volumosos como móveis, por exemplo, são de responsabilidade de descarte adequado por parte do munícipe, que pode promover a devolução do resíduo para o fabricante através da logística reversa, assim como também, podem ser criados pontos para descarte desse tipo de resíduo e parcerias de reaproveitamento.

Os pneus que são descartados no município devem voltar para o fabricante através da logística reversa, pode ser criado um ponto de recolhimento para descarte desses resíduos.

6.3.6 Desativação do aterro controlado

A implantação de um aterro demanda uma área que precisa atender diversos critérios estipulados em lei, porém, essa é a maior dificuldade para a maioria dos municípios, principalmente quando existe um lixão ou aterro controlado que precisa ser desativado. Diante disso, muitos municípios aproveitam aquela mesma área para iniciar a implantação de um aterro sanitário, uma vez que além dessa área se enquadrar em alguns critérios, ela já era utilizada antes para a disposição dos RSU. Esse quadro é exatamente a situação atual do município de Caetanópolis, na qual precisa desativar o seu aterro controlado que ultrapassou sua vida útil e implantar nessa mesma área um aterro sanitário.

De acordo com o IBAM (2001), para a desativação do aterro controlado e implantação do aterro sanitário deve-se adotar os seguintes procedimentos:

- Entrar em contato com funcionários antigos da empresa de limpeza urbana para se definir, com a precisão possível, a extensão da área que recebeu lixo;
- Delimitar a área, no campo, cercando-a completamente;
- Efetuar sondagens a trado para definir a espessura da camada de res ao longo da área degradada;
- Remover o lixo com espessura menor que um metro, empilhando-o sobre a zona mais espessa;
- Conformar os taludes laterais com a declividade de 1:3 (V:H);

- Conformar o platô superior com declividade mínima de 2%, na direção das bordas;
- Proceder à cobertura da pilha de lixo exposto com uma camada mínima de 50cm de argila de boa qualidade, inclusive nos taludes laterais, com exceção do talude lateral que será usado como futura frente de trabalho;
- Preparar a área escavada para receber mais lixo, procedendo à sua impermeabilização com argila de boa qualidade (e > 50cm) e executando drenos subterrâneos para a coleta de chorume;
- Executar valetas retangulares de pé de talude, escavadas no solo, ao longo da pilha de lixo, com exceção do lado que será usado como futura frente de trabalho;
- Executar um ou mais poços de reunião para acumulação do chorume coletado pelas valetas;
- Construir poços verticais para drenagem de gás;
- Passar a operar o aterro controlado recuperado como aterro sanitário;
- Implantar poços de monitoramento, sendo um a montante do aterro controlado recuperado e dois a jusante da futura área operacional.

6.3.7 Previsão de eventos de emergência e contingência do serviço de manejo de resíduos sólidos

As ações de emergência e contingência surgem devido a necessidade de garantir a continuidade dos serviços, além de agilizar a regularidade em casos excepcionais, em relação a limpeza pública, coleta e destinação final dos resíduos. Dessa forma são apresentadas na TAB. 27 as principais ações de emergência e contingências observadas com a elaboração do Plano e que devem ser realizadas.

Tabela 27 – Ações de emergência e contingência do serviço de manejo de resíduos sólidos

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Interrupção do sistema de roçada e capina	Greve da seção responsável da Prefeitura; indisponibilidade de equipamentos	Realizar campanhas para conscientizar a população a manter a cidade limpa
		Contratação de empresa terceirizada em caráter emergencial
Interrupção da coleta (parcial ou total)	Greve da seção responsável da Prefeitura; indisponibilidade de veículos e equipamentos (devido manutenção, disponibilização para outras ações, etc.)	Contratação de empresa terceirizada em caráter emergencial
		Fazer campanhas de conscientização para a população diminuir a geração e impedir o acúmulo de resíduos nas ruas
		Realizar a manutenção imediata dos equipamentos e veículos
Interrupção do serviço de triagem dos recicláveis	Greve ou problemas operacionais da associação responsável pela triagem dos resíduos recicláveis	Realizar campanha de comunicação, visando mobilizar a sociedade para manter a cidade limpa, no caso de paralisação da coleta seletiva
		Realizar a contratação emergencial de empresa especializada para a coleta e comercialização dos resíduos recicláveis
Não realização da coleta em algumas vias da área urbana distante	Difícil acesso das vias ocasionadas por processos erosivos	Promover melhorias nas vias, com métodos de estabilização dos processos erosivos
		Criar estratégias para a coleta, de forma que todos sejam atendidos, enquanto são realizadas as obras nas vias
Interrupção parcial do aterro	Ruptura de taludes e valas	Reparo dos taludes
		Caso haja acidentes com trabalhadores acionar unidades de atendimento de emergência de saúde

Continua...

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Interrupção total do aterro	Paralisação geral dos funcionários; esgotamento da área de disposição; explosão / incêndio / acidente; vazamento tóxico; obstrução do sistema viário; impedimento de uso de máquinas e veículos; embargo às atividades pelo órgão fiscalizador do meio ambiente	Contratação de empresa terceirizada em caráter emergencial aos serviços
		Evacuação da área cumprindo os procedimentos internos de segurança
		Acionamento do órgão ambiental e do corpo de bombeiros;
		Resolução de problemas de cunho burocrático e técnico junto ao órgão ambiental fiscalizador
		Realizar reparo imediato dos equipamentos e veículos
		Enviar os resíduos provisoriamente para um aterro alternativo
Vazamento de chorume	Excesso de chuvas; problema operacional no sistema de drenagem; problemas estruturais no aterro	Contenção e remoção através de caminhão limpa fossa, e envio para estação de tratamento de esgoto
		Acionamento do órgão ambiental
		Inicialização de procedimentos de remediação emergenciais da área
Disposição irregular de resíduos	Destinação inadequada em locais clandestinos por inoperância da gestão e falta de fiscalização	Implementar medidas para desbloquear o local e aumentar a fiscalização dos pontos onde ocorre a deposição irregular com maior frequência
		Destinar os resíduos retirados da área para local correto
		Aumentar o número de pontos de depósito ou entrega voluntária (PEV, ecopontos) dentro do município
Destinação de resíduos perigosos no lixo comum	Risco ambiental à saúde pública com deposição de material contaminante ou contaminado	Promover a remoção e envio do material contaminante ou contaminado para local apropriado
		Promover campanhas informativas para a população.

6.4 Serviço de Manejo de Águas Pluviais

A partir da análise dos dados obtidos através de extensa pesquisa de campo realizada no município de Caetanópolis e do material disponibilizado pela Prefeitura e demais órgãos técnicos responsáveis, constata-se, no diagnóstico elaborado, diversas deficiências no sistema de micro e macrodrenagem do município.

Os principais problemas relacionados ao sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais são: ausência de um planejamento adequado, que considere toda a demanda e o volume de água corrente na cidade, aliada a insuficiência do sistema atual, que possui graves deficiências quanto a vazão nos períodos chuvosos, a ausência de controle do uso e ocupação do solo, a escassez de áreas verdes e de proteção permanente, o depósito irregular dos resíduos sólidos e posterior carreamento, além da falta de dados reais referentes as condições climatológicas e fluviométricas da cidade.

Sendo assim, é preciso que haja ações de educação ambiental, buscando conscientizar os munícipes em relação aos problemas de drenagem e investimentos que busquem estabelecer de forma mais efetiva um sistema de monitoramento e controle de cheias, assim como, um melhor planejamento do uso e ocupação do solo do município. É explícito que há dificuldades de obtenção de recursos financeiros para manutenção, melhoria e ampliação da estrutura existente no município, visto que é um dos eixos do PMSB que apresenta maiores custos.

De acordo com os parâmetros estabelecidos na Lei do Saneamento Básico 11.445/07 é necessário que haja a universalização, ou seja, a ampliação progressiva até atingir 100% da população, do serviço de drenagem, captação e manejo de águas pluviais.

Dessa forma, o plano de saneamento básico objetiva conhecer a estrutura já implementada na cidade, bem como as áreas de prioridade para realização de obras de ampliação e contenção da água das chuvas, e assim garantir o direcionamento eficiente dos investimentos para a estruturação do sistema de drenagem de todo o município, propondo medidas que enfrentem as principais deficiências existentes.

6.4.1 Situação atual

O município de Caetanópolis apresenta diversas fragilidades no sistema de drenagem, a principal dessas fragilidades é a ausência de rede de microdrenagem na área urbana distante e ineficiência da rede na área urbana.

Na área urbana, verifica-se a incidência de alagamentos, ocorrendo em sua maior parte decorrentes das águas pluviais, no qual os bairros mais afetados são os Bairros Mangueiras, Acácias, Imperial e Cedrolândia.

Na área urbana distante, não há a presença de rede de microdrenagem, de acordo com os moradores todos os alagamentos ocorridos são decorrentes das águas pluviais advindas das ruas. A maior partes das vias de acesso dessa área é sem pavimentação, sendo comum a ocorrência de processos erosivos em diversos estágios.

Além disso, em mais de 70% das vias percorridas não contam com bocas de lobo, canaletas e outras estruturas que possibilitam o escoamento da água pluvial, sendo que a ausência dessas estruturas está diretamente relacionada a maior incidência de alagamentos.

Em relação a macrodrenagem, o Córrego do Traíras exerce função muito importante, visto que ele abrange grande parte do município, assim como o Ribeirão do Cedro, o Córrego do Cedro Velho e o Córrego das Pindaíbas.

Também se verificou a falta de informações, por parte da Prefeitura Municipal, sobre áreas de alagamentos, pontos críticos e bairros mais afetados, fato que dificulta a correta tomada de decisões e planejamento estratégico na gestão de recursos, bem como da infraestrutura de microdrenagem que compreende sarjetas, boca de lobos e poços de visita. Não havendo também dados sobre a situação e manutenção da rede existente da área urbana.

6.4.2 Estimativas do sistema de drenagem e manejo de água pluvial ao longo de 20 anos

O sistema de drenagem e manejo de água pluvial é o único componente do saneamento básico em que o crescimento populacional em si não pode ser considerado para a finalidade de estimativa dos serviços a serem ofertados.

O Plano Diretor e o de Uso e Ocupação do solo tem grande relevância para estabelecer o sistema de drenagem pluvial, pois possibilita analisar o crescimento da cidade e as ocupações a serem desenvolvidas em cada zona, sendo necessário estruturar o sistema de microdrenagem de forma que seja possível o recebimento de novas contribuições nas áreas a serem utilizadas.

6.4.3 Propostas mitigadoras

As medidas mitigadoras têm como finalidade reduzir os efeitos causados pelos impactos ambientais negativos gerados por determinada ação. Com isso, a seguir, são elencadas algumas medidas de controle para ações comuns de acontecerem em corpos d'água, influenciando assim no sistema de drenagem.

6.4.3.1 Medidas de controle para reduzir o assoreamento de cursos d'água e de bacias de retenção

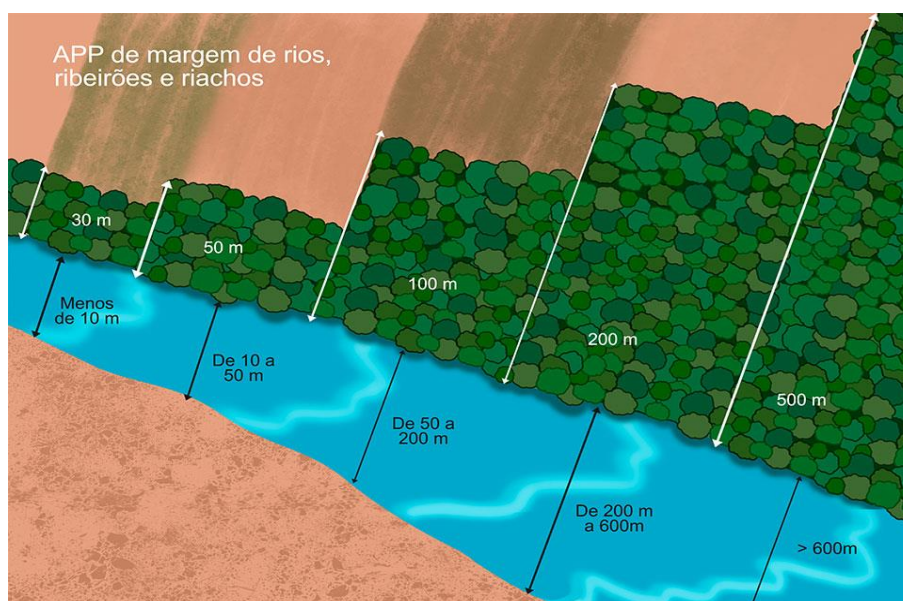
Os cursos d'água geralmente tem um equilíbrio com relação ao transporte de sedimentos, que acontecem por arrasto e saltitação, sendo depositado quando estiver em contato com água em menor velocidade, sofrendo influência também do tamanho das partículas (CARVALHO, 2000). Porém, muitas vezes esse processo sofre grandes alterações, ocasionando diversos impactos ao meio, por isso, a importância da correta determinação do uso e ocupação do solo, principalmente, próximo a bacia hidrográfica.

Para diminuir o assoreamento em cursos d'água pode ser empregadas as medidas a seguir:

- **Dissipadores de Energia:** Trata-se de um instrumento que objetiva favorecer a dissipação da energia de fluxos d'água escoados pelas canalizações, de forma que diminua ou impeçam os impactos ocasionados pela erosão. A implantação dos dissipadores de energia em locais de descarga da rede de drenagem facilita a redução dos processos erosivos, e conseqüentemente, diminuindo o assoreamento nos corpos hídricos.

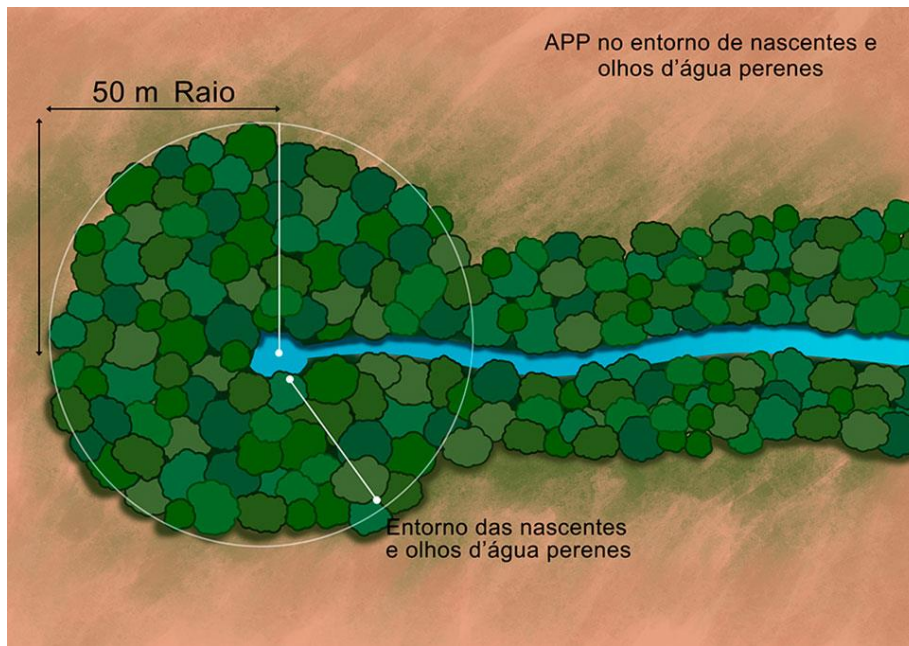
- **Bacia de Contenção:** Consiste na construção de tanques para reter a água das chuvas, buscando diminuir o volume das enxurradas, e sedimentam grande parte dos sólidos em suspensão, evitando assim que ocorram assoreamentos dos corpos hídricos. Esses pontos de contenção podem ser projetados para funcionarem, nos períodos de estiagem, como áreas públicas de lazer, uma vez que só terão necessidade de contenção de água em períodos extensos de chuva.
- **Recuperação e Preservação da Mata Ciliar:** A mata ciliar é a vegetação localizada às margens dos cursos d'água natural perene e intermitente, exercendo grande utilidade ambiental, como favorecer a correta drenagem das águas pluviais, evitando que ocorra cheias nas áreas adjacentes; possibilita a proteção da vegetação, assegurando a proteção da fauna e flora específicas; conservação da temperatura da água; e prevenção de processos erosivos; entre outras funções que reduzem a possibilidade de ocorrer assoreamento dos corpos hídricos. A Lei nº 12.727/2012 e a Lei Estadual nº 20.922/2013 determinam o valor mínimo de área de preservação permanente dos cursos d'água. Nos cursos d'água naturais as APP's variam de 30 a 500 metros, enquanto nas nascentes é preciso manter um raio de 50 metros, conforme FIG 13 e 14.

Figura 13: Áreas de APP em cursos naturais



Fonte: Cartilha do código florestal brasileiro, 2019.

Figura 14: Áreas de APP no entorno de nascentes



Fonte: Cartilha do código florestal brasileiro, 2019.

É de suma importância que o município de Caetanópolis estabeleça maneiras de fiscalização do uso e ocupação do solo para garantir a aplicação das leis citadas, assim como das Leis Municipais que deverão ser estabelecidas.

- Técnicas de Desassoreamento: Em situações excepcionais, é preciso empregar ações corretivas, como o uso de maquinário que facilitem o desassoreamento dos corpos d'água. Sendo essa medida um exemplo de medida pontual.

6.4.3.2 Medidas de controle para reduzir o lançamento de resíduos sólidos nos corpos d'água

O despejo impróprio dos resíduos sólidos acrescido com uma gestão ineficaz da limpeza das ruas, são ações que colaboram para o lançamento de resíduos nos corpos d'água.

Os resíduos que são descartados fora das lixeiras, favorecem que os animais tenham acesso as embalagens, deixando resíduos dispersos pelas ruas podendo ser carreados até os corpos hídricos, em dias de chuva. Além disso, é muito comum em Caetanópolis, bocas de lobo obstruídas pela presença de

resíduos, bem como folhas e galhos, dificultando assim o escoamento da água e gerando alagamentos em determinados locais.

É importante que a população seja conscientizada sobre o uso de lixeiras que permitam a adequada disposição dos resíduos, assim como, evidenciar os danos gerados pelo depósito inadequado desses resíduos, que são posteriormente, direcionados aos corpos hídricos. Da mesma maneira, deve-se elaborar um cronograma de coleta dos resíduos domiciliares e grosseiros, que seja efetivo e atenda a toda a população, para que o sistema de drenagem não seja prejudicado.

Outra medida que deve ser adotada para impedir que os corpos hídricos sejam poluídos, é garantir que a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos ocorram de maneira adequada, ou seja, em aterros sanitários e que seja garantido o tratamento do chorume gerado.

6.4.3.3 Medidas para o controle de escoamento na fonte

O planejamento urbano, em relação ao gerenciamento das águas pluviais, é feito a partir de obras de emergência, buscando escoar a água das áreas mais habitadas para um corpo hídrico ou coletor principal. Porém, tais ações geram danos, uma vez que transfere para jusante os problemas ocasionados pelo maior escoamento superficial, acarretando inundações na macrodrenagem ou troncos principais (TUCCI, 1995).

O controle da drenagem na fonte é caracterizado por diversos dispositivos que tem como finalidade garantir a vazão máxima de saída, possibilitando a infiltração, armazenamento e o reuso da água pluvial, como poços e bacias de infiltração, pavimentos permeáveis e mantas de infiltração.

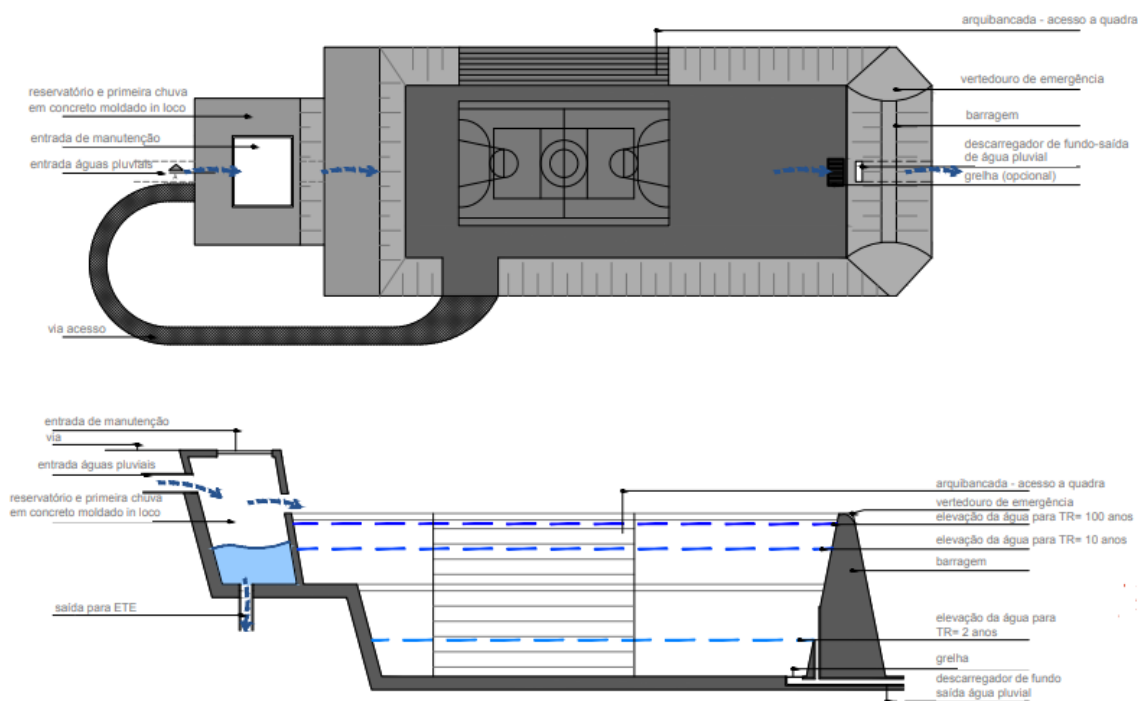
Para minimizar os problemas gerados pela intensificação do escoamento, sem atingir as áreas a jusante, foi desenvolvido alguns mecanismos que permitem o enfraquecimento das cheias. Os tanques conhecidos como “bacias de detenção e retenção” são estruturas que viabiliza o armazenamento temporário das águas da chuva, podendo ainda, ser utilizados para outras finalidades, como já citado anteriormente.

A bacia de detenção pode ser aberta, coberta ou fechada, exigindo maiores áreas para sua implantação, em que na maior parte do tempo

permanecem seca, e durante as chuvas acumulam a água escoada, liberando de forma lenta. E pelo fato de ficarem seca por grandes períodos, tem a vantagem de poder ser utilizada com outras funções, como áreas verdes e de lazer.

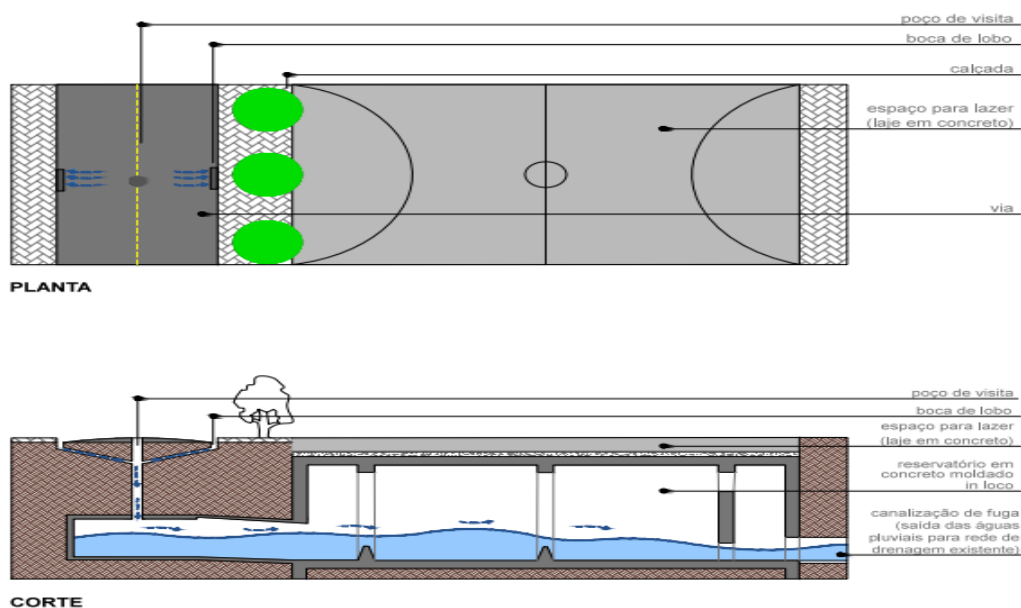
A seguir, são apresentados alguns exemplos de bacias de detenção (FIG. 15, 16 e 17).

Figura 15: Bacia de detenção aberta



Fonte: Soluções para cidades, 2013.

Figura 16: Bacia de detenção fechada



Fonte: Soluções para cidades, 2013.

Figura 17: Reservatório de detenção fechado, construído em Porto Alegre - RS



Fonte: Soluções para cidades, 2013.

As ações que reduzem os danos causados pela impermeabilização dos solos, são consideradas como estruturais ou não estruturais. As estruturais

são obras emergenciais, que ocorrem em prazos mais curtos e normalmente tem custos mais elevados, sendo as bacias de detenção um exemplo de medida estrutural. Já as não estruturais, buscam a participação popular e apresentam menor custo. São medidas preventivas, como: proteção individual, zoneamento das áreas de risco, alertas de inundação, entre outras (TUCCI, 1995).

Com isso, é importante que sejam criadas medidas legais (não estruturais) que visem o aumento de áreas permeáveis no município, essa medida se deve ao fato da cidade não possuir legislação específica para a existência de áreas verdes ou permeáveis, sendo de extrema importância para o controle do volume de água que escoar pelo sistema de microdrenagem e infiltração. A organização das áreas segue as três categorias exibidas abaixo:

- Área Permeável - AP: é a área com solo natural reservada à absorção de água, preferencialmente coberta por vegetação, podendo, no caso de lote, ser coberta, eventualmente, por areia ou pedrisco;
- Área Semipermeável - ASP: corresponde aos pisos vazados em que a área de infiltração direta de águas pluviais no solo natural represente no mínimo 20% (vinte por cento) da superfície do piso;
- Área Verde - AV: o espaço de domínio público que desempenhe função ecológica e paisagística, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização.

A população deve exercer um papel fundamental no controle de inundações, podendo atuar na manutenção de áreas públicas verdes, como canteiros, praças, e demais áreas que favorecem a infiltração da água. Além de aderir ao uso de gramados ao invés de calçadas, instalação de telhados que retenha a água das chuvas e outras ações que devem ocorrer através de incentivos por parte da Gestão Municipal.

Algumas vantagens de fazer o controle na fonte são a retenção de material sólido eliminado dos sistemas de drenagem e a distribuição do custo de manutenção entre os usuários. Destaca-se também que estas ações diminuem de modo considerável os picos de vazão nas microbacias urbanas, além de permitir o reuso das águas pluviais para várias atividades, como limpeza, irrigação de jardins, águas negras, entre outros.

6.4.3.4 Diretrizes para o Tratamento de Fundos de Vale

Fundos de vale é o ponto que apresenta cota altimétrica menor, podendo ter relevo acidentado, sendo normalmente o local por onde as águas das chuvas e de todo seu entorno passam.

Os fundos de vale são Áreas de Preservação Permanente – APP de acordo com a Lei Federal nº 12.651/2012, tendo como finalidade conservar os recursos hídricos, a paisagem, a biodiversidade, os solos e o bem-estar das populações futuras, sendo permitida sua supressão somente em casos específicos conforme autorização do órgão competente.

Durante a ocupação urbana, muitas vezes essas áreas são canalizadas, deste modo, ao longo dos períodos de chuvas excessivas, essas canalizações não suportam a vazão de escoamento, gerando alagamentos e enchentes. Além do que, a remoção da vegetação dos fundos de vale favorece a geração de processos erosivos e o assoreamento nos corpos hídricos.

Normalmente, são usadas duas possibilidades básicas para melhorias nos fundos de vale, que são o isolamento da área com ações de reflorestamento ou a inserção de parques lineares.

Em seguida, são enumeradas as diretrizes gerais que objetivam a mitigação dessas áreas:

- Reflorestamento: Sugerido na maior parte das margens dos cursos d'água, como forma de recuperar a mata ciliar e conter os processos erosivos. A vegetação favorece a infiltração das águas da chuva e protege da erosão relacionada ao escoamento concentrado e do efeito splash. A metodologia de reflorestamento deve ser analisada de acordo com a área, considerando a condição do solo, o nível de desmatamento, vegetação nativa, entre outras. Deve-se isolar a área, evitando a entrada de fontes de degradação.
- Parques Lineares: Os fundos de vale têm a maioria de suas áreas em APP, apresentando grande relevância ambiental, devido a isso, é preciso determinar o uso dessas áreas. Porém, já existem parques lineares urbanos ao longo de corpos hídricos, que propiciam atividades recreativas;
- Limpeza e Manutenção: Outro fator a ser considerado é a limpeza urbana. Quando se tem à disposição e gerenciamento inadequado dos resíduos urbanos, durante chuvas intensas, os fundos de vale recebem diversos

resíduos e sedimentos, oriundos do escoamento superficial e das tubulações da rede drenagem. Além disso, essas áreas de fundo de vale são normalmente locais onde há a despejo indevido de resíduos urbanos. A manutenção dos fundos de vale, é de grande importância para preservar esses locais, principalmente após as chuvas, buscando conservar as particularidades naturais do escoamento das águas, além de evitar que ocorra mau cheiro, proliferação de vetores e alagamentos.

6.4.3.5 Análise da necessidade de complementação do sistema com estruturas de drenagem pluvial

O cenário de deficiência na estruturação do sistema de drenagem no município implica a necessidade de observação e adoção de medidas de controle em áreas críticas. A área urbana do município é dotada de poucos componentes de drenagem, estando presentes como medidas paliativas para a ocorrência de concentração de vazões de escoamento pluvial, como o que ocorre em determinados pontos do bairro Mangueiras. O cenário torna-se mais impactante ao considerar-se as áreas urbanas distantes, onde há inexistência de urbanização básica. A consolidação destas áreas, com o aumento da impermeabilização do solo, tende a agravar o contexto do manejo das águas pluviais. As FIG. 18 e TAB. 28 apresentam as áreas de análise da estruturação e suas respectivas informações de contextualização.

Figura 18 – Áreas de análise dos componentes e estruturas da drenagem pluvial, em Caetanópolis-MG

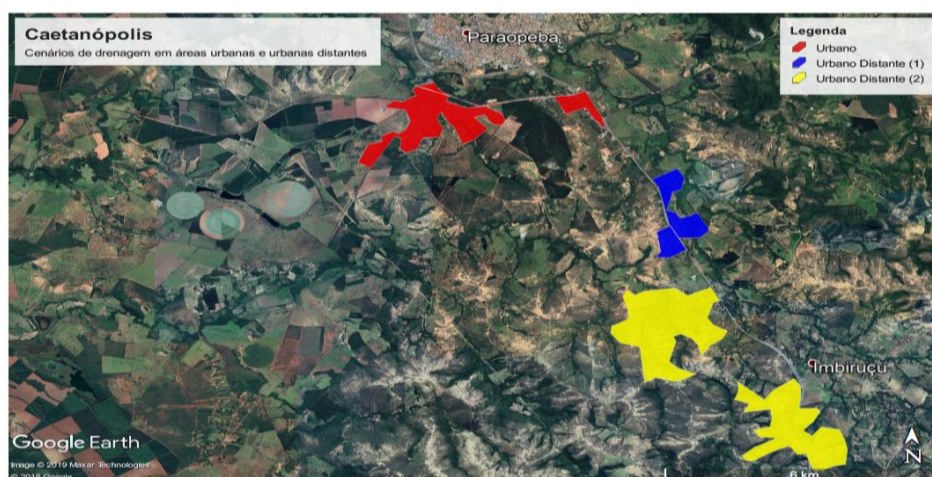


Tabela 28 – Cenários de estruturação do sistema de microdrenagem

Região	Aspecto	Contexto atual	Contexto potencial	Estrutura atual	Cenário
Urbana	Bairros urbanos do município	Elevado nível de impermeabilização dos imóveis e vias públicas.	Ligeira elevação no nível de impermeabilização dos imóveis e vias públicas.	Deficiente. Presente em poucas vias, com concentração nos bairros Mangueiras, Acácias e Nossa Senhora das Graças.	Implantação de microdrenagem superficial nas vias urbanas do município e subsuperficial em pontos de acúmulo de vazão.
Urbana Distante	Áreas com densidade de população de baixa a moderada, próximas à BR-040	Moderado nível de impermeabilização dos imóveis e vias públicas.	Aumento da área impermeabilizada, com a consolidação da área.	Inexistente	Implantação de rede de microdrenagem nas vias públicas.
	(Áreas com densidade de população baixa	Baixo nível de impermeabilização dos imóveis. Vias públicas sem pavimento.	Elevação da impermeabilização da área, para nível de moderado a alto.	Inexistente	Implantação de rede de microdrenagem nas vias públicas.

A questão da macrodrenagem é afetada com maior proporção pelas modificações no uso e ocupação do solo. A expansão da área urbana e consolidação de áreas impermeabilizadas tende a elevar a vazão de escoamento pluvial que segue seu percurso até a rede fluvial, aumentando a superfície de inundação e a demanda sobre o sistema de macrodrenagem.

A TAB 29 mostra os principais componentes da macrodrenagem no município, e estratégias de manejo, em face à elevação da demanda sobre o sistema.

Tabela 29 – Cenários de manejo do sistema de macrodrenagem

Elemento de macrodrenagem	Áreas de influência	Manejo da drenagem
Córrego das Traíras	Acácias	Interrupção do lançamento de esgoto. Direcionamento do sistema de microdrenagem. Preservação da vegetação ciliar em áreas não consolidadas.
	São Dimas	
	N.S. das Graças	
	Santo Antônio	
	Centro	
	Clara Nunes	
	Mangueiras	
Ribeirão do Cedro	Centro	
	Santo Antônio	
	Boa Vista	
	Itamaracá	
	Itapoã	
	Mangueiras	
Córrego Cedro Velho	Cedrolândia	
	Clara Nunes	
Córrego das Pindaíbas	Imperial	Direcionamento do sistema de microdrenagem. Preservação da mata ciliar.
Córrego São Bento	Boa Vista	
	Buritis/Estrela D'alva	

A impermeabilização de parte do Córrego das Traíras auxilia o escoamento da água pluvial no trecho urbano do corpo hídrico, porém eleva a pressão sobre o escoamento do Ribeirão do Cedro. Cenários como este demonstram a necessidade da preservação do leito e margens dos corpos d'água que representam canais de escoamento pluvial.

Outro fator de necessário destaque é o controle da impermeabilização dos imóveis, por meio de legislação de uso e ocupação do solo. A retenção de água pluvial nos imóveis significa menores volumes direcionados às vias públicas. No mesmo contexto, o controle de ocupação das áreas marginais ao

sistema hidrográfico previne problemas de alagamentos decorrentes ao aumento das superfícies de inundação.

6.4.3.6 Previsão de eventos de emergência e contingência

Quando o sistema de drenagem funciona de forma ineficiente, é comum que ocorram diversos problemas, como: erosão, assoreamento, alagamentos etc. Com isso, é necessário adotar medidas de emergência e contingência relacionadas a drenagem urbana e manejo das águas pluviais, com o objetivo de garantir a continuação e/ou acelerar a regularidade dos serviços, como relacionadas na TAB 30.

Tabela 30 - Ações Emergenciais do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

Ocorrência	Origem	Ações de Emergência e Plano de Contingência
Alagamentos localizados	Boca de lobo assoreada e/ou entupida; Subdimensionamento da rede existente; Déficit nas declividades das vias públicas e sarjetas; Predomínio de manutenções corretivas sobre as preventivas; Descarte de resíduos sólidos no sistema de microdrenagem.	Informar à Defesa Civil e ao Corpo de Bombeiros sobre o alagamento das áreas atingidas.
		Informar o alagamento à secretaria responsável pela limpeza das áreas atingidas, para desobstrução das redes.
		Informar à população sobre o fechamento de ruas alagadas.
		Desenvolver estudos e análise do sistema de drenagem existente para detectar e solucionar os problemas na rede de drenagem urbana (entupimento, ligações clandestinas de esgoto, etc.)
		Sensibilizar a população por meio de ações de educação, impedindo o descarte de resíduos em vias públicas.
		Desenvolver a reestruturação/reforma/adaptação ou construção de emissários e dissipadores apropriados nos pontos finais dos sistemas de drenagem urbana.
Contaminação dos cursos d'água	Interligação de esgoto nas galerias de microdrenagem; resíduos descartados em vias públicas; Ruptura da tubulação de esgoto; Acidente ambiental com lançamento de contaminantes na rede pluvial; Descarte de agrotóxicos ou outros poluentes de produção rural.	Comunicar o Corpo de Bombeiros e outro órgão competentes para identificar os danos e riscos à população;
		Limpar as bocas de lobo;
		Adotar medidas imediatas para conter a contaminação;
		Sensibilizar a população por meio de ações de educação, impedindo o descarte de resíduos em vias públicas.
Processos erosivos	Rede de drenagem urbana ineficiente ou inexistente; Ausência de APP e áreas verdes.	Desenvolver e implementar projetos de drenagem urbana, começando pelas áreas e bairros mais atingidos por processos erosivos.
		Restabelecer APP dos cursos hídricos, priorizando os que recebem águas do sistema de drenagem urbana.
		Aumentar a fiscalização e o monitoramento das áreas de recomposição de APP.
		Executar obras emergenciais de contenção de taludes.
Entupimentos e odor	Interligação irregular de esgoto na rede pluvial; Lançamento de resíduos nas bocas de lobo; Ineficiência da limpeza das bocas de lobo.	Informar ao setor responsável da Prefeitura sobre a possibilidade da existir ligações irregulares de esgoto na rede de drenagem urbana.
		Sensibilizar a população por meio de ações de educação, impedindo o descarte de resíduos em vias públicas e sistemas de drenagem.
		Aumentar a frequência de limpeza e manutenção das bocas de lobo e redes de drenagem urbana

7 CENÁRIO DE REFERÊNCIA PARA A GESTÃO DOS SERVIÇOS

Para cada vertente abordada nesse PMSB (serviço de abastecimento de água, serviço de esgotamento sanitário, serviço de manejo de resíduos sólidos e serviço de manejo de águas pluviais) foram elaboradas tabelas nas quais estão descritas a situação político institucional do setor de saneamento representando o cenário atual do município e os objetivos representando o cenário futuro. Os objetivos têm função de nortear o que se pretende alcançar em uma situação futura e são voltados para a melhoria das condições do saneamento básico do município.

Neste item serão consideradas as informações técnicas e participativas consolidadas na etapa do Diagnóstico como referência de cenário futuro e, essa fase procura também definir os objetivos gerais e abrangentes que nortearão a elaboração do plano de ações contendo as respectivas metas da próxima fase do planejamento. As TAB. 31, 32, 33 e 34 ilustram os objetivos em relação ao cenário atual de cada vertente abordada no PMSB.

Tabela 31 – Objetivos do serviço de abastecimento de água

Cenários atuais	Código	Cenários Futuros
Situação político institucional do setor de saneamento		Objetivos
Não Existe Abastecimento de Água em Todo o Município	AG1	Universalização do Abastecimento de Água em todo o Município
No Município de Caetanópolis há perda de água	AG2	Redução da Perda de Água
Há residências que enfrentam intermitência no abastecimento de água	AG3	Regularizar as vazões distribuídas
Existem Duas Entidades de Abastecimento	AG4	Planejamento das Instituições
Inexistência de acompanhamento regular da qualidade da água distribuída	AG5	Monitoramento da qualidade da água bruta e tratada, sendo realizado pelas duas concessionárias responsáveis pelo serviço atualmente.
Inexistência de organização e setorização dos dados referente ao abastecimento de água do município	AG6	Criar sistema de informação do abastecimento de água
Não há programa de educação ambiental	AG7	Implantar programa de educação ambiental para a população, a fim de disseminar o uso consciente da água
O volume de água consumido superará o volume captado	AG8	Criar sistema de informação do abastecimento de água

Tabela 32 – Objetivos do serviço de esgotamento sanitário

Cenários atuais	Código	Cenários Futuros
Situação político institucional do setor de saneamento		Objetivos
Em Caetanópolis 99% da população da área urbana possui sistema de coleta de esgoto	ES01	Ampliar a cobertura de esgotamento sanitário para 100% como ação prioritária para o saneamento básico municipal.
Não há tratamento de esgoto no município.	ES02	Promover o tratamento de efluentes sanitários considerando a população atual. ;
Não há coleta de esgoto nas áreas urbanas distantes	ES03	Garantir a cobertura de rede coletora de esgoto em áreas urbanas distantes
Em áreas urbanas distantes e zona rural não possuem sistema coletivo para tratamento de esgoto.	ES04	Disseminar alternativas de sistemas de tratamento individuais que sejam viáveis para a população dispersa no município e nas localidades em que não haja viabilidade técnica.
Pouca ou nenhuma campanha de educação ambiental	ES05	Implantar programa de educação ambiental para a população a fim de disseminar práticas sanitárias
Ausência de sistema digital para administração no setor de saneamento	ES06	Criação e adequação do cadastro digital do sistema de coleta de esgoto, por parte do prestador de serviços e da prefeitura municipal.
Não há monitoramento dos corpos receptores	ES07	Criação de sistema para monitoramento da qualidade dos corpos receptores.

Tabela 33 – Objetivos do serviço de manejo de resíduos sólidos

Cenários atuais	Código	Cenários Futuros
Situação político-institucional do setor de saneamento		Objetivos
A coleta convencional não abrange toda a área urbana do município	RS01	Ampliar o atendimento da coleta convencional para atender 100% da área urbana
Não há coleta convencional na área urbana distante do município	RS02	Realizar a coleta convencional na área urbana distante do município
As rotas de coleta dos resíduos convencionais não possuem um cronograma	RS03	Otimizar a rota que é feita pelos caminhões de coleta de resíduos
O serviço de limpeza pública não abrange todas as ruas do município	RS04	Melhorar e ampliar os serviços de limpeza pública estabelecendo e divulgando cronograma para os demais serviços como poda, capina, roçagem e limpeza das bocas de lobo
A frota de caminhões compactadores não atende a demanda do município	RS05	Aumentar a quantidade de caminhões compactadores no município
Não há planejamento da coleta de resíduos volumosos	RS06	Planejar a coleta dos resíduos volumosos
Não há programas de coleta seletiva no município	RS07	Implantação de programas de coleta seletiva no município
Os funcionários que trabalham com a coleta de RSU não utilizam equipamentos de proteção individual (EPI's)	RS08	Melhorar condições de segurança para os funcionários que trabalham com coleta de RSU
Não há fiscalização e/ou monitoramento de programas de logística reversa	RS09	Fiscalizar e monitorar programas de logística reversa
Há acúmulo de resíduos em lotes vagos	RS10	Impedir que os munícipes joguem resíduos nos lotes vagos do município através da fiscalização
Não há tratamento e/ou disposição final adequada de resíduos de construção civil (RCC)	RS11	Tratar ou dispor adequadamente de RCC
O aterro controlado ultrapassou sua vida útil	RS12	Implantar um aterro sanitário para a disposição final dos RSU do município

Tabela 34 – Objetivos do serviço de manejo de águas pluviais

Cenários Atuais	Código	Cenários Futuros
Situação Político institucional do setor de saneamento		Objetivos
Não existe cronograma de execução de serviços preventivos contra enxurradas, alagamentos ou enchentes	DR01	Criar um cronograma para execução de serviços preventivos contra enxurradas, alagamentos ou enchentes
Problemas de alagamento nos bairros das áreas urbanas	DR02	Sanar os problemas de alagamento nos bairros das áreas urbanas
Situação do sistema de microdrenagem na área urbana	DR03	Estruturar o sistema de manutenção e operação da microdrenagem na área urbana
Inexistência do sistema de drenagem nas zonas urbanas distantes	DR04	Estruturar o sistema de microdrenagem e macrodrenagem nas áreas urbanas distantes
Falta da lei de uso e ocupação do solo	DR05	Estruturação da Lei de uso e ocupação do solo do município

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação de Normas Técnicas Brasileiras. *NBR 8849 - Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos*. Brasil, 1985.

ABES, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. *Ranking ABES da Universalização do Saneamento*. Disponível em: < http://abes-dn.org.br/pdf/Ranking_2019.pdf> Acessado em julho de 2019.

ARSAE, Agência Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. *Serviços de Abastecimento de Água da Sede Municipal de Caetanópolis*. Disponível em: < http://www.arsae.mg.gov.br/images/Relatorios/Rf_tec_op_saa_caetanopolis.pdf>. Acessado em junho de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.157. Aterros de resíduos perigosos – Critérios para projeto, construção e operação*. RJ: Rio de Janeiro. 1987.

BARROS, Regina Mambeli. *Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade*. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL, Lei nº12.727/2012. *Dispõe sobre a proteção de vegetação nativa*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>Acessado em julho de 2019.

BRASIL, Lei nº11.445/2007. *Lei de Saneamento Básico*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm> Acessado em julho de 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Lei nº 6.938/81 – Política Nacional de Meio Ambiente*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm> Acessado em jul. 2019.

BRASIL. *Lei nº12.305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acessado em jul. 2019.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 375 de 2006 – *Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acessado em junho de 2019.

BRASIL, Resolução CONAMA nº 430 de 2011 – *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*.

Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em junho de 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. *Áreas contaminadas*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas.html>> Acessado em julho 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente e Ministério das Cidades. *Elementos para organização da coleta seletiva e projeto dos galpões de triagem*. Brasília, 2008.

CARTILHA DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. *Áreas de Preservação Permanente*. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/APP-localizacao-e-limites_protecao-conservacao-dos-recursos-hidricos-dos-ecossistemas-aquaticos.html>. Acessado em outubro de 2019.

CARVALHO, N. O., 2000, "Assoreamento de Reservatórios – Consequências e Mitigação dos Efeitos". In: IV Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – IV ENES, ABRH/UFSM, Santa Maria, novembro.

CEPEA. *Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos "aterros sanitários" nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil*. São Paulo, 2004.

CIDADES, Ministério das. *Plano Nacional de Saneamento Básico*. Disponível em: <http://www.cecol.fsp.usp.br/dcms/uploads/arquivos/1446465969_Brasil-PlanoNacionalDeSaneamentoB%C3%A1sico-2013.pdf> Acessado em julho de 2019.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em julho de 2019.

COPAM, Conselho Estadual de Política Ambiental. *Deliberação Normativa COPAM nº 10 de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências*. Disponível em: <www.siam.mg.gov.br>. Acessado em julho de 2019.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero & VILHENA, André. *Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado*. 2ª edição. São Paulo, 2000.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. *Índice mineiro de responsabilidade social: perfil municipal*. Belo Horizonte, Fundação João Pinheiro. Disponível em: <www.imrs.fjp.mg.gov.br>. Acesso em junho 2019.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L.de. *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Projeções da população: Brasil e unidades da federação*. Revisão 2018. v. 40, 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2014: resumo executivo*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 4ª edição. Rio de Janeiro, 2005.

MINAS GERAIS. *Lei nº20.922/13. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado*. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=30375>>. Acessado em outubro de 2019.

SEDU, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano; IBAM, Instituto Brasileiro de Administração Municipal. *Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2001.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2017. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/>>. Acessado em julho de 2019.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. *Projeto técnico: Reservatórios de detenção*. Disponível em: < http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf>. Acessado em outubro de 2019.

SPERLING, M. V. *Lagoas de estabilização*. 2º edição. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Belo Horizonte, 2002.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 3. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2005.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 4ªed. Belo Horizonte, 2014.

TUCCI,C.M.; PORTO, R.; BARROS, M.T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre. Editora de UFRGS, 1995.