

**Companhia Espírito Santense de Saneamento -
CESAN**

Estudo Técnico e Operacional

013 – Castelo/ES

20 de março de 2023



Sumário

1. DADOS GERAIS	4
2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL	5
2.1 Sistemas Existentes	5
2.2 Obras em Execução	6
2.2.1 Redes	7
2.2.2 Elevatórias	7
2.2.3 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	8
3. AÇÕES DO PMSB E METAS DO CP	8
3.1 Ações Previstas no PMSB.....	8
3.2 Metas do Contrato de Programa	10
4. ESTIMATIVA POPULACIONAL E DE DOMICÍLIOS	12
4.1 Dados de Referência.....	12
4.2 Metodologia de Cálculo.....	12
4.3 Projeção Populacional e de Domicílios.....	14
5. PARÂMETROS DE PROJETO	16
5.1 Vazões de Contribuição	16
5.1.1 Consumo “Per Capita” Efetivo de Água.....	16
5.1.2 Coeficiente de Retorno Esgoto/Água (C).....	16
5.1.3 Coeficientes de Variação de Demanda.....	16
5.1.4 Vazão de Infiltração	17
5.1.5 Vazão para Redes Coletoras	17
5.1.6 Vazão para Estações Elevatórias	18
5.1.7 Vazão para o Sistema de Tratamento	18
5.2 Critérios Adotados para o Dimensionamento da Rede.....	19
5.3 Interceptores e Emissários por Gravidade	21
5.4 Considerações para Ampliação de Rede Coletora.....	21
5.5 Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB) e Linhas de Recalque	21
5.6 Características do Esgoto Bruto.....	23
6. PROJEÇÕES DO SES.....	24
6.1 Índice de Cobertura.....	24
6.2 Volume Coletado Estimado	24
6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE.....	25
6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto.....	26
6.5 Rede Coletora	27

6.6	Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	27
6.7	Sistemas Interligados.....	27
6.8	Pro-Rural.....	27
6.9	Mapa do SES.....	27
7.	INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS	28
7.1	Investimentos (Capex).....	29
7.1.1	Obras	29
7.1.2	Curva paramétrica	29
7.1.2.1	Curva Paramétrica de Custos para Elevatórias de Esgoto	30
7.1.2.2	Curva Paramétrica de Custos para Estação de Tratamento de Esgoto	31
7.1.3	Projeto Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local	33
7.1.4	Reinvestimento em Melhorias Operacionais do SES.....	34
7.1.5	Serviços Comerciais	34
7.2	Custos e Despesas de Operação e Manutenção (Opex).....	35
7.2.1	Pessoal.....	36
7.2.2	Energia Elétrica	36
7.2.3	Produtos Químicos	36
7.2.4	Remoção de Lodo	36
7.2.5	Outras Despesas	37
7.2.6	Despesas Fiscais e Tributárias	37
8.	CONCLUSÃO.....	38

INTRODUÇÃO

O documento apresentado denominado **Estudo Técnico e Operacional** para o município de **Castelo/ES**, externa conceitualmente a infraestrutura existente e a ampliação necessária para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário até o ano de 2031.

Entende-se como universalização a ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico, com índice maior ou igual a 90%, na área de abrangência do CONTRATO. Cabe frisar que as metas dos Contratos de Programa entre CESAN e a Municipalidade, não são idênticas as que serão entre CESAN e futura Concessionária, devendo a contratada atentar-se ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

O estudo em questão, trata-se de um Projeto Conceitual referencial, não vinculativo, elaborado de modo a possibilitar estimativas de despesas de capital (CAPEX) e despesas operacionais (OPEX) no horizonte de planejamento, tomando por base metas específicas para o município de **Castelo/ES**. O **Estudo Técnico e Operacional** considerou como base os itens elencados a seguir:

- Dados gerais, com descrição da área de abrangência da concessão;
- Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do município, descrição da infraestrutura existente, quando aplicável, considerando ligações, economias, redes coletoras, interceptores, estações elevatórias, estações de tratamento de esgotos e obras em execução;
- Ações previstas no Plano Municipal de Saneamento (PMSB) e metas do Contrato de Programa (CP);
- Estimativa populacional e de domicílios;
- Parâmetros de projeto;
- Projeções do SES de **Castelo/ES**, como índice de atendimento de cobertura, volume coletado estimado, vazão de entrada e saída da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), eficiência do tratamento de esgoto, sistemas interligados (se houver), pro-rurais (se houver) e mapa do SES;
- Investimentos, custos e despesas operacionais referenciais.

1. DADOS GERAIS

O município de **Castelo** está localizado na região sudoeste do estado do Espírito Santo. O município ocupa uma área de 670 km², limitando-se com os municípios de Cachoeiro do Itapemirim/ES, Alegre/ES, Muniz Freire/ES, Conceição de Castelo/ES, Venda Nova do Imigrante/ES, Domingos Martins e Vargem Alta/ES. Está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim.

O Município está a 144 km da capital do estado e não possui distritos, sendo que a área de abrangência da concessão da CESAN, atualmente, se limita a área urbana do município.

A população de **Castelo**, conforme dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ano de 2022 é de 39.372 habitantes.

Figura 1
Mapa de Localização – Município de Castelo/ES



No que tange, a topografia, segundo dados do INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, a Sede de **Castelo** tem uma altitude que varia entre 92 a 2.082m.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL

2.1 Sistemas Existentes

De acordo com as informações extraídas do Sistema de Informações do Controle Operacional da CESAN (Sincop), referência 2022, o SES de **Castelo**, conta com aproximadamente 68 km de rede.

O Sistema de Esgotamento Sanitário de Castelo - Sede é formado por unidades integradas de coleta, transporte e tratamento de esgoto (sistema principal), e vários sistemas independentes dotados de rede coletora e tratamento. Dois sistemas possuem unidades simplificada de tratamento, tipo fossa séptica e filtro anaeróbio e um possui sistema completo. O sistema atualmente possui 68.352 m de rede coletora de esgotos, 6 estações elevatórias e 1.875 m de linhas de recalque.

A estação de tratamento de esgoto existente está localizada no bairro Aracuí, sub-bacia H, e possui Tratamento Preliminar (gradeamento, caixa de areia, Calha Parshall, caixa de gordura); Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - UASB; Biofiltro Aerado Submerso - FBAS; e Leitos de Secagem. A capacidade da estação existente é de 21,7 l/s.

Na sequência é apresentado o Quadro 1, contemplando informações dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e de Esgotamento Sanitário (SES) do município de **Castelo**, referente a área de abrangência dos estudos.

Quadro 1
Informações de Castelo

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Rede de Esgoto	m	2022	68.352
Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)	und	2022	3
Estações Elevatórias de Esgoto (EEE)	und	2022	6
Ligações Ativas de Água	lig	2022	7.704
Ligações Inativas de Água	lig	2022	677
Ligações Ativas + Inativas de Água	lig	2022	8.381
Ligações Residenciais Ativas de Água	lig	2022	7.091
Ligações Residenciais Inativas de Água	lig	2022	567
Ligações Residenciais Ativas + Inativas de Água	lig	2022	7.658
Economias Ativas de Água	eco	2022	12.157
Economias Inativas de Água	eco	2022	746
Economias Ativas + Inativas de Água	eco	2022	12.903
Economias Residenciais Ativas de Água	eco	2022	11.455

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Economias Residenciais Inativas de Água	eco	2022	633
Economias Residenciais Ativas + Inativas de Água	eco	2022	12.088
Ligações Ativas de Esgoto	lig	2022	6.527
Ligações Factíveis de Esgoto	lig	2022	709
Ligações Ativas + Factíveis de Esgoto	lig	2022	7.236
Ligações Residenciais Ativas de Esgoto	lig	2022	6.039
Ligações Residenciais Factíveis de Esgoto	lig	2022	633
Ligações Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto	lig	2022	6.672
Economias Ativas de Esgoto	eco	2022	10.371
Economias Factíveis de Esgoto	eco	2022	1.140
Economias Ativas + Factíveis de Esgoto	eco	2022	11.511
Economias Residenciais de Esgoto	eco	2022	9.812
Economias Residenciais Factíveis de Esgoto	eco	2022	1.051
Economias Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto	eco	2022	10.863
Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado)	m ³	2022	1.707.606
Índice de Hidrometração	%	2022	100
Índice de Cobertura	%	2022	90
Índice de Atendimento (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água)	%	2022	85

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

2.2 Obras em Execução

Encontra-se em execução as obras de ampliação do sistema de esgotos com conclusão prevista em abril de 2024 e mais 12 (doze) meses de operação assistida.

As obras de ampliação do sistema de esgotamento sanitário são de 26.801 m de rede coletora de esgoto em PVC DN 150 a 400, 2.598 ligações prediais, 1.520 ligações intradomiciliares, 5.120 m interceptores em F°F DN 150, 9 estações elevatórias de esgoto bruto, 4.532 m de linhas de recalque DN 100 a 300, estação de tratamento de esgoto com capacidade de 86 l/s e 77 m de emissário DN 450 PRFV.

2.2.1 Ligações e Economias

A Sede do município de **Castelo**, conforme apresentado no Quadro 1, possui cerca de 12.088 economias residências ativas e inativas de água, no ano 2022

2.2.2 Redes

As redes, coletores e interceptores, previstos ao término das obras do SES **Castelo**, são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2
Detalhamento da Rede Coletora, Coletores e Interceptores

Bacias	Rede Coletora (m)	Interceptores (m)
	Em Execução	
A	5.092,30	697
B	3.981,60	1.187
C	4.719,50	972
C1	773	-
D	1250,3	265
E	1.116,40	-
F	1.405,22	776
G	1.143,52	475
H	1.849,05	-
I	740,12	436
H	2.342,25	312
J	1.150,38	-
K	1.131	-
L	-	-
M	106,36	-
TOTAL	26.801	5.120

Elaboração: FGV

2.2.3 Elevatórias

As estações elevatórias projetadas são do tipo poço úmido com bombas submersíveis. O Quadro 3 traz o demonstrativo das elevatórias e linhas de recalque projetadas.

Quadro 3
Estações Elevatórias e Linhas de Recalque

Bacia	Vazão (l/s)	Hm (mca)	Potência (CV)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)
A	25,69	28,40	20	200	485
B	13,23	20,88	10	100	337
C	69,84	26,44	45	250	1.444 (P) 630 (E)
D	13,68	17,45	10	150	1.040 (E)

F	40,87	17,00	20	300	1.225
H	143,65	16,44	25	400	695 (E)
I	12,42	15,20	7,5	150	400
I1	7,81	8,08	5	100	228
K	3,20	14,95	4	80	413
TOTAL					6.897

Elaboração: FGV

2.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Na estação de tratamento existente, serão efetuadas melhorias e terá sua capacidade ampliada para uma vazão média de 86 l/s com a execução de novos módulos, com as seguintes características:

- Tratamento Preliminar (gradeamento, caixa de areia, Calha Parshall, caixa de gordura);
- Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - UASB;
- Biofiltro Aerado Submerso - FBAS;
- Decantador Secundário - DS;
- Desinfecção por Reator Ultravioleta; e
- Leitões de Secagem.

O corpo receptor do efluente tratado será o Rio Castelo e as devidas concessões de licenciamento e outorgas estarão detalhadas no Anexo V – Diretrizes de Licenciamento Ambiental.

3. AÇÕES DO PMSB E METAS DO CP

O Contrato de Programa firmado entre a Prefeitura Municipal de Castelo e a Cesan tem validade até 05/07/2048.

3.1 Ações Previstas no PMSB

O PMSB de **Castelo** lista 21 (vinte e uma) ações caracterizadas como projetos gerenciáveis de esgoto, que deverão ser consideradas pela futura Concessionária, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4
Projetos, Ações e Status dos Projetos Gerenciáveis do PMSB

Projeto PMSB	Ações	Empreendimento PMSB	Prazo Inicial definido PMSB	Prazo Final definido PMSB
16	01	Criar um banco de dados com informações a respeito do número de atendimentos, rede coletora e vazão de esgoto tratado	2018	2020
16	03	Transferir ao município as informações de domínio do operador do sistema necessárias para o planejamento da cidade.	2018	2020
17	01	Elaborar Projetos Básico e Executivo para a implantação / ampliação das redes coletoras nos SES urbanos	2019	2021
17	03	Ampliar redes coletoras e recuperação de trechos inoperantes nas comunidades do distrito de Sede	2020	2022
17	09	Realizar ligações prediais na rede de esgotamento sanitário no distrito Sede	2020	2022
18	02	Ampliar capacidade de tratamento da ETE em Sede	2020	2022
20	01	Estabelecer rotina de manutenção preditiva e preventiva das unidades dos SES	2018	2018
20	02	Estabelecer rotina de conservação das unidades dos SES e do seu entorno	2018	2018
21	01	Regularizar licenças ambientais vencidas ou não existentes dos dispositivos e dos sistemas coletivos de esgotamento sanitário	2018	2021
21	02	Regularizar outorgas de lançamento de esgotos sanitários	2018	2021
21	03	Realizar Regularização fundiária dos equipamentos dos SES	2018	2029

Fonte: PMSB de Castelo. Elaboração: FGV

Cabe salientar que no PMSB de **Castelo** foram previstas ações caracterizadas como natureza contínua, que também deverão ser consideradas pela futura Concessionária, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5
Ações Previstas no PMSB

Projeto PMSB	Ações	Empreendimento PMSB	Prazo Inicial definido PMSB	Prazo Final definido PMSB
15	02	Realizar pesquisas de satisfação dos usuários	2023	2037

16	02	Manter atualização do banco de dados com informações a respeito do número de atendimentos, rede coletora e vazão de esgoto tratado	2021	2037
16	04	Manter o município atualizado com as informações de domínio do operador do sistema necessárias para o planejamento da cidade.	2021	2037
16	07	Ceder dados levantados nas ações de cadastramento de redes para o portal GEOBASES	2022	2037
17	02	Ampliar redes e ligações através do crescimento vegetativo	2018	2037
17	08	Realizar campanhas de incentivo à ligação na rede	2018	2037
18	06	Elaborar estudo 3 anos antes da saturação da ETE para execução de novo projeto	2018	2037
20	03	Realizar designação e capacitação de pessoal para atuar na manutenção dos sistemas	2019	2037
20	04	Realizar manutenção dos sistemas de esgotamento sanitário	2019	2037
22	01	Implantar rotina de monitoramento da qualidade do efluente bruto e tratado das ETEs dos SES (Eficiência de tratamento)	2022	2037

Fonte: PMSB de Castelo. Elaboração: FGV

3.2 Metas do Contrato de Programa

As metas relativas ao índice de economias residenciais atendidas com rede coletora e tratamento de esgoto na área de abrangência do prestador de serviços, constantes no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGRAMA DE CASTELO, no período de concessão é apresentado no Quadro 6.

Quadro 6
Metas de Cobertura do SES

Ano	Meta	Ano	Meta
2022	1,0%	2036	>=90%
2023	2,0%	2037	>=90%
2024	2,9%	2038	>=90%
2025	50%	2039	>=90%
2026	50%	2040	>=90%
2027	50%	2041	>=90%
2028	50%	2042	>=90%
2029	50%	2043	>=90%
2030	50%	2044	>=90%

2031	>=90%	2045	>=90%
2032	>=90%	2046	>=90%
2033	>=90%	2047	>=90%
2034	>=90%	2048	>=90%
2035	>=90%		

Fonte: Contrato de Programa de Castelo. Elaboração: FGV

Outro indicador contemplado no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGAMA CASTELO, se refere a Incidência das análises de demanda biológica de oxigênio (DBO) na saída do tratamento dentro do padrão estabelecido, conforme demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7

Metas de Incidência das análises de DBO dentro do padrão estabelecido

Ano	Meta	Ano	Meta
2022	0%	2036	87%
2023	0%	2037	87%
2024	0%	2038	87%
2025	60%	2039	87%
2026	60%	2040	87%
2027	60%	2041	87%
2028	75%	2042	87%
2029	75%	2043	87%
2030	80%	2044	87%
2031	80%	2045	87%
2032	80%	2046	87%
2033	85%	2047	87%
2034	87%	2048	87%
2035	87%		

Fonte: Contrato de Programa de Castelo. Elaboração: FGV

Cabe frisar que as metas dos Contratos de Programa entre CESAN e a Municipalidade, não são idênticas as que serão entre CESAN e futura Concessionária, devendo a contratada atentar-se-á ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

4. ESTIMATIVA POPULACIONAL E DE DOMICÍLIOS

4.1 Dados de Referência

Os dados de referência empregados nos cálculos de projeção estão condensados nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8
População - IBGE 2010

Situação dos Domicílios	2010	Representatividade
Urbano	21.817	62,78%
Rural	12.930	37,22%
Total	34.747	100,00%

Fonte: Recenseamento Geral do Brasil (IBGE)

Quadro 9
Parâmetros de População e Domicílios

Parâmetros de População e Domicílios	Dados
Total de Economias Residenciais Ativas e Inativas de Água (Sincop 2022)	12.088
Taxa de Ocupação dos Domicílios Urbanos (IBGE 2010)	0,8773
Número de Pessoas Por Domicílios Urbanos (IBGE 2010)	2,99
População Total (Estimativa FGV 2022)	24.286
Participação da População dos Distritos Atendidos pela CESAN	0,7951
Proporção da População Urbana dos Distritos Atendidos pela CESAN	0,7758

Fonte: Sincop e Recenseamento Geral do Brasil (IBGE). Elaboração: FGV

4.2 Metodologia de Cálculo

Para a elaboração da projeção populacional dos municípios abrangidos pela Parceria Público Privada (PPP), a Fundação Getúlio Vargas (FGV) adotou uma metodologia organizada em 6 (seis) etapas:

- **Primeira etapa:** é obtida a população total do município a partir dos censos 1970 a 2010.
- **Segunda etapa:** são estimados 7 (sete) modelos para ver qual se adequa melhor a evolução da população total do município de 1970 a 2010. Os modelos estimados são os seguintes (em todos a variável y = população total e a variável tempo = [ano – 1960]), e as

letras a, b e c representam parâmetros a serem estimados nos modelos, através de um critério de minimização de erro¹):

1. Modelo linear: $y = a + b * (tempo)$
2. Curva de potência: $y = a * (tempo)^b$
3. Tendência exponencial: $y = a * e^{b*(tempo)}$
4. Equação logarítmica: $y = a + b * \ln(tempo)$
5. Equação polinomial: $y = a + b * (tempo) + c * (tempo)^2$
6. Tempo invertido: $y = a + \frac{b}{Tempo}$
7. Exponencial invertida: $y = a * e^{\frac{b}{Tempo}}$

- **Terceira etapa:** é realizada a projeção da população total do município usando o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Em caso de empate, opta-se pelo modelo com projeções populacionais mais conservadoras (para evitar otimismo excessivo). Ademais, vale ressaltar que essa projeção é realizada de 2022 até o fim da concessão.
 - **Quarta etapa:** a partir da evolução da população de 2022 até fim da concessão são calculadas as taxas de crescimento anuais (de um ano para o outro no período que vai de 2023 até o fim da concessão).
 - **Quinta etapa:** são realizados 2 (dois) cálculos de população estimada para o ano de 2023, para o município, conforme apresentado nas alíneas “a” e “b” abaixo, devendo ser selecionado o resultado mais moderado.
- a. População total ano de 2022 (extraído no sítio eletrônico do IBGE - prévia), multiplicado pela participação da população dos distritos atendidos pela CESAN na população do município (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010), multiplicado pela

¹ Se no modelo aparecem apenas as letras a e b, então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a, b e c, então esses três parâmetros são estimados.

proporção da população urbana dos distritos atendidos pela CESAN (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010).

- b. Número de economias ativas e inativas no ano de 2022 (extraído do Sincop), multiplicado pelo número de pessoas por economia urbana (domicílio urbano) no ano de 2010 (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010), multiplicado pela taxa de ocupação dos domicílios urbanos (resultados obtidos a partir de informações do Censo 2010).
- **Sexta etapa:** as taxas de crescimento, obtidas na etapa 4, são aplicadas a um valor inicial da população total do município em 2022, obtidos na etapa 5.

Nesse caso, visando gerar números mais conservadores (para evitar otimismo excessivo nas projeções), o valor inicial escolhido é o menor entre aquele obtido na alínea “a” da etapa 5 e aquele encontrado na alínea “b” da etapa 5.

Nota 1: A população total é utilizada nas projeções, ao invés da população urbana, para gerar números mais conservadores (evitando otimismo excessivo). Note, que a utilização, nas projeções, da população total gera números mais conservadores, porque esta tende a crescer a taxas menores do que a população urbana (lembrando que o Brasil ainda passava por um processo acelerado de urbanização no período compreendido pelos dados do Censo utilizados aqui, que vão de 1970 a 2010).

Nota 2: Quando o município é composto por uma sede e outros distritos, as proporções de 2022 (extraídas do Sincop) são aplicadas aos demais anos. Logo, após projetada a população do município de 2023 até o fim da concessão, separa-se os números de cada ano de acordo com as proporções observadas em 2022. Isso quer dizer que – se um município hipotético possui no ano de 2022 uma sede, com 95% da população, e um distrito adicional, com 5% da população – então essas mesmas proporções são aplicadas aos demais anos da projeção.

Nota 3: O método descrito até aqui também é utilizado na projeção do número total de domicílios (ou número total de economias), ou seja, a grandeza população é substituída por domicílios, nas etapas 1 a 4 e 6. Na quinta etapa é utilizado apenas o cálculo da alínea “b”, que tem como base os dados do Sincop, assim, o valor inicial utilizado no ano de 2022, é o total das economias residenciais ativas e inativas.

4.3 Projeção Populacional e de Domicílios

O resultado da projeção populacional e de domicílios para **Castelo**, oriundos da metodologia descrita no item 4.2, estão apresentados no Quadro 10.

Quadro 10
Resultado do Estudo Populacional e de Domicílios - Área Urbana

Ano	Projeção Populacional	Taxa de Crescimento Anual (%)	Domicílios	Taxa de Crescimento Anual (%)
2022	24.286	0,85%	12.088	2,55%
2023	24.491	0,85%	12.396	2,55%
2024	24.699	0,85%	12.712	2,55%
2025	24.909	0,85%	13.036	2,55%
2026	25.120	0,85%	13.369	2,55%
2027	25.333	0,85%	13.710	2,55%
2028	25.547	0,85%	14.059	2,55%
2029	25.764	0,85%	14.417	2,55%
2030	25.983	0,85%	14.785	2,55%
2031	26.203	0,85%	15.162	2,55%
2032	26.426	0,85%	15.548	2,55%
2033	26.649	0,85%	15.945	2,55%
2034	26.876	0,85%	16.351	2,55%
2035	27.103	0,85%	16.768	2,55%
2036	27.333	0,85%	17.196	2,55%
2037	27.565	0,85%	17.634	2,55%
2038	27.799	0,85%	18.084	2,55%
2039	28.034	0,85%	18.544	2,55%
2040	28.272	0,85%	19.017	2,55%
2041	28.512	0,85%	19.503	2,55%
2042	28.753	0,85%	19.999	2,55%
2043	28.997	0,85%	20.510	2,55%
2044	29.244	0,85%	21.032	2,55%
2045	29.491	0,85%	21.568	2,55%
2046	29.742	0,85%	22.119	2,55%
2047	29.994	0,85%	22.682	2,55%
2048	30.248	0,85%	23.260	2,55%

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV)

5. PARÂMETROS DE PROJETO

Para o dimensionamento dos sistemas foram utilizados parâmetros de projetos previstos em Normas Técnicas Brasileiras, padrões da CESAN e outros consolidados pelo uso, pertinentes ao tema sistema de esgotamento sanitário.

5.1 Vazões de Contribuição

A estimativa das vazões de contribuição para dimensionamento adequado de um sistema coletor é definida em função de vários fatores, como: consumo per capita, coeficiente de retorno, coeficiente de variação das demandas (K1 e K2) e vazão de infiltração, fatores estes que serão detalhados na sequência.

5.1.1 Consumo “Per Capita” Efetivo de Água

Este valor pode variar de forma significativa de região para região, face a fatores como clima, hábitos de seus habitantes, das características da área e da natureza da ocupação dessas áreas: residencial, comercial, industrial e outras. O coeficiente “per capita” também pode variar ao longo do tempo, conforme os hábitos populacionais, ou a natureza da ocupação das áreas de projeto.

O consumo médio “per capita” adotado para o município em questão foi baseado nos dados do Sincop, tendo como referência o ano de 2022.

A vazão média anual que cada habitante lança na rede coletora de esgoto é diretamente proporcional à taxa “per capita de água” efetivamente consumida.

5.1.2 Coeficiente de Retorno Esgoto/Água (C)

O Coeficiente de Retorno, é a relação média entre o volume de esgoto produzido e de água efetivamente consumida e foi utilizado o valor de **0,80 (C)**, conforme recomendado pela NBR ABNT 9.649 - Projetos de Redes Coletoras de Esgotos Sanitários.

5.1.3 Coeficientes de Variação de Demanda

São 2 (dois) os coeficientes utilizados para a obtenção das vazões máximas, K1 e K2.

- **No dia de maior consumo – K1**

O coeficiente K1 exprime a relação entre a vazão observada no dia de maior contribuição e a vazão média anual. Coeficiente de máxima vazão diária adotado nos estudos: **K1 = 1,20**.

- **Na hora de maior consumo – K2**

O coeficiente K2 exprime a relação entre a vazão observada na hora de maior consumo e a vazão observada no dia de maior consumo. Coeficiente de máxima vazão horária adotado nos estudos: **K2 = 1,50**.

5.1.4 Vazão de Infiltração

A Norma NBR 9649/1986 da ABNT indica um valor com variação de 0,05 a 1,0 l/s.km como taxa de contribuição de infiltração nas redes coletoras. A quantificação dessas contribuições deve considerar a experiência local ou regional, uma vez que dependerão, entre outros fatores:

- da profundidade do lençol freático;
- do tipo de terreno em que a rede está enterrada;
- do tipo de canalização e de suas juntas; e,
- do tipo e vedação dos poços de visita.

A vazão de infiltração considerada nos estudos foi de **0,10 l/s.km** (rede coletora em PVC).

5.1.5 Vazão para Redes Coletoras

- **População:**

Para definir a população contribuinte de cada sub-bacia do SES proposto/existente foram levantadas informações relacionadas às condições atuais de ocupação, sendo aplicadas para cada sub-bacia as taxas de ocupação e de crescimento populacional previstas para a área de interesse dos estudos.

- **Contribuições Iniciais e Finais:**

Para todos os trechos da rede foram estimadas as contribuições iniciais e finais, expressas em litros/segundo (l/s). A vazão de jusante de cada trecho (inicial ou final), é aquela proveniente dos coletores tributários, acrescida das vazões singulares ou concentradas, da vazão de infiltração e da vazão de contribuição do trecho.

A vazão de contribuição do trecho foi obtida pelo produto de sua extensão pela taxa de contribuição por metro linear da ocupação demográfica, calculada segundo a população inicial ou final, conforme o caso.

Quanto à vazão mínima, as normas NBR 9649/1986 e 14486/00 da ABNT recomendam que, em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão a ser utilizada nos cálculos é de 1,5 l/s, correspondente ao pico instantâneo de vazão decorrente da descarga de vaso sanitário. Sempre que a vazão a jusante do trecho for inferior a esse valor, para os cálculos hidráulicos deste trecho foram utilizados valores de 1,5 l/s.

5.1.6 Vazão para Estações Elevatórias

Para efeito de estimativa do porte das estações elevatórias e dimensionamento das Linhas de Recalque, foram estimadas vazões com base na máxima contribuição de final de plano, sendo estas calculadas multiplicando-se a vazão média pelos coeficientes K1 e K2 (máxima diária e horária), acrescidos à vazão de infiltração.

5.1.7 Vazão para o Sistema de Tratamento

A vazão estimada para a definição das capacidades de tratamento das ETEs foi considerada como sendo a vazão média de esgotos de final de plano adicionada a vazão de infiltração na área de contribuição do sistema. A fórmula aplicada no cálculo da vazão média afluyente, foi a seguinte:

- **Vazão Média Afluyente**

$$Q_{méd} = \frac{C \times q_c \times P_{tot.}}{86400} + T_{inf} \times L_{tot.}$$

Sendo:

$Q_{méd}$: vazão média afluyente (l/s);

$P_{tot.}$: população total atendida pela ETE (hab);

$T_{inf.}$: taxa de infiltração (l/s.km);

q_c : per capita(l/hab.dia);

C: Coeficiente de retorno;

$L_{tot.}$: comprimento total da rede coletora (km).

A exceção se faz no tratamento preliminar, assim como nas tubulações hidráulicas e estações elevatórias internas as unidades, nas quais foram consideradas as vazões majoradas com os coeficientes de dia e hora de maior consumo (K1 e K2).

5.2 Critérios Adotados para o Dimensionamento da Rede

O dimensionamento hidráulico dos coletores de esgotos obedece aos métodos comumente aplicados aos condutos livres, admitindo-se o regime permanente e uniforme de escoamento. As fórmulas aplicadas no cálculo hidráulico são as seguintes:

- **Fórmula de Manning:**

$$V = \frac{1}{n} \times (RH^{\frac{1}{3}} \times I^{\frac{1}{2}})$$

Sendo:

V - Velocidade (m/s);

n - coeficiente de rugosidade, admitido = 0,013;

RH – raio hidráulico (m);

I - Declividade (m/m).

- **Tensão Trativa:**

Para todos os trechos da rede foram verificadas as tensões trativas médias (T), não devendo a de início do plano ser inferior a 0,10 kg/m² ou 1,0 Pa, para garantir as condições de autolimpeza quanto à deposição sólida e evitar a geração de sulfetos. As tensões trativas médias (T), expressas em Pascal foram calculadas pela relação:

$$\sigma = \gamma \times R_H$$

Sendo:

σ - Tensão trativa média (Pa);

γ - Perímetro molhado (m);

R_H – raio hidráulico (m).

- **Declividade:**

Em algumas oportunidades, nas pontas das canalizações, o trecho fica sem esgoto. Esta realidade inviabiliza o cálculo para definir o comportamento da canalização com a vazão mínima. No nível de projeto, a fixação da declividade com essas vazões conduziria a valores exagerados, inaceitáveis.

Para possibilitar a fixação mais realista da declividade, admite-se que a quantidade mínima de esgoto a circular nas extremidades do sistema seja igual à contribuição de uma válvula de descarga de um vaso sanitário. Assim, a vazão para fixação da declividade mínima é igual a 1,5 l/s (NBR's 9649/1986 e 14486/2000).

A declividade mínima de cada trecho, admissível para satisfazer a tensão trativa média igual a 1,0 Pa no início do plano (considerando menor valor de vazão para qualquer trecho da rede igual a 1,5 l/s), foi calculada pela seguinte expressão:

$$I_{\text{mín}} = 0,0035 \times Q_i^{-0,47} \text{ (conforme NBR 14486/2000)}$$

Sendo:

Q_i – vazão inicial de um trecho de rede (l/s)

$I_{\text{mín}}$ - declividade mínima (m/m).

Já a declividade máxima foi limitada pela velocidade máxima de 5,0 m/s no final do plano.

▪ **Diâmetro Mínimo:**

A Norma NBR 9649/1986 da ABNT, admite o diâmetro DN 100 como o mínimo a ser utilizado em redes coletoras de esgoto sanitário. Nos estudos desenvolvidos, o diâmetro dos coletores dimensionados hidráulicamente evolui a partir de DN 150.

▪ **Lâminas D'água:**

As lâminas d'água foram calculadas admitindo o escoamento em regime uniforme e permanente, sendo o seu valor máximo, para a vazão final igual ou inferior a 75% do diâmetro do coletor.

Quando a velocidade final (V_f) teve resultado superior à velocidade crítica, a maior lâmina admissível foi de 50% do diâmetro do coletor, de modo a assegurar a ventilação do trecho.

A velocidade crítica foi definida por:

$$V_c = 6 \times (g \times RH)$$

Sendo:

g : aceleração da gravidade

RH : raio hidráulico

▪ **Controle de Remanso:**

De modo a manter o gradiente hidráulico e evitar o remanso, para as vazões de final de plano, a cota da geratriz inferior de um tubo na saída de um Poço de Visita - PV foi rebaixada para que a cota do nível d'água neste tubo fosse no máximo igual ao nível d'água mais baixo, verificado nas tubulações de entrada.

- **Recobrimento Mínimo/Profundidade Máxima:**

Para efeito de análise e dimensionamento do sistema foram considerados as seguintes condições de contorno: i) recobrimento mínimo no passeio: 0,65 m; ii) recobrimento mínimo da via carroçável: 0,95 m; e iii) profundidade máxima do sistema coletor de 3 (três) metros. A partir de 3 (três) metros de profundidade é necessária rede auxiliar, com menor profundidade.

5.3 Interceptores e Emissários por Gravidade

Atendimento a Norma NBR 12.207/2016 da ABNT, assim como os Critérios e Parâmetros utilizados no dimensionamento da Rede Coletora (quando aplicável).

5.4 Considerações para Ampliação de Rede Coletora

Para a projeção da rede coletora, no período de crescimento vegetativo, foi considerado que 92% das ligações a executar serão em áreas já atendidas com rede coletora e para os 8% restantes será necessário a expansão da rede, conforme dados da CESAN². Nesse caso, foi previsto que para cada ligação será executado 20 metros de rede.

5.5 Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB) e Linhas de Recalque

- **Cálculo do Volume do Poço de Sucção:**

A utilização de bombas de velocidade variável requer um volume útil menor do poço de sucção, tendo em vista a acomodação do bombeamento às vazões de chegada. Já para os casos de recalque com vazão de bombeamento constante, faz-se necessário poço úmido com volume de maiores proporções, para evitar partidas muito frequentes de bombeamento, essa situação é a mais utilizada, em função da simplificação na operação, principalmente em pequenas EEEB.

Para motores inferiores a 20 CV, o tempo entre duas partidas consecutivas (ciclo) não deve ser inferior a 10 minutos. Em qualquer situação é recomendável limitar em quatro partidas por hora,

² Dados de Crescimento Vegetativo no ano de 2022.

para evitar fadiga nas partes elétricas das instalações. Por outro lado, períodos de detenção superiores a 30 minutos (NBR 12208/1992) não são recomendáveis, pois, períodos assim originariam sedimentações e condições sépticas indesejáveis. Tendo em vista, adotou-se 10 minutos como período de ciclo, quando a vazão afluyente corresponder à média de projeto.

Assim, o “Volume Útil” do poço úmido é determinado pela expressão:

$$V_u = (Q_b \cdot T)/4$$

Sendo:

Q_b - vazão do conjunto motor bomba;

T - período de ciclo de bombeamento.

O “Volume Efetivo” é determinado pela expressão:

$$V_e = t_d \times Q_{min}$$

Sendo:

t_d - tempo de detenção no poço;

Q_{min} - vazão mínima afluyente no início da operação.

A vazão mínima, quando escolhida dentro do início do horizonte de projeto, representa uma grandeza tão pequena que inviabiliza o cálculo para determinar o volume máximo do poço. A posição mais pragmática e ajustada à realidade, admite assumir que a vazão mínima corresponderá a 25% da vazão média de projeto (K_3), excluindo a vazão correspondente à infiltração de água (Patrício Gallegos Crespo – Elevatórias nos Sistemas de Esgotos, Ed. UFMG - 2001).

▪ Linhas de Recalque e Potência Consumida:

Para a determinação do diâmetro das linhas de recalque foi utilizado a fórmula de Bresse ($D=k \cdot Q^{1/2}$), com Q em m^3/s . A potência P consumida pelo conjunto motor-bomba (potência de entrada) expressa em CV foi estimada com base na seguinte expressão:

$$P = \frac{y \cdot Q_b \cdot H}{75 \cdot \eta_b \cdot \eta_m}$$

Sendo:

P = potência

y = peso

Q_b = vazão

H = altura manométrica

$\eta_b \cdot \eta_m$ = rendimento

Para determinação da perda de carga nas tubulações de sucção e recalque, utilizou-se a fórmula de Hazen-Williams, a fórmula prática mais empregada pelos calculistas para condutos sob pressão desde 1920, principalmente em pré-dimensionamentos. Com resultados bastante razoáveis para diâmetros de 50 a 3500 mm, é equacionada da seguinte forma:

$$J = 10,643 \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87} \cdot Q^{1,85}$$

Sendo:

J = perda de carga

C = coeficiente de rugosidade

D = diâmetro

Q = vazão

Como condições de contorno, de acordo com a Norma NBR 12208/1992, foram adotados os seguintes limites de velocidade:

- Na sucção: 0,6 – 1,5 m/s;
- No recalque: 0,6 – 3,0 m/s.

A perda de carga máxima considerada no dimensionamento das linhas de recalque foi de 7,5 m/km, sendo adotado como material de referência, tubos em Ferro Fundido, coeficiente “C” de 110.

5.6 Características do Esgoto Bruto

Para cálculo das cargas orgânicas (DBO) foi adotada a taxa per capita de geração, de acordo com o item 5.2 da NBR 12.209/1992 – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, sendo a característica de esgoto doméstico bruto de 54 g DBO/hab.dia.

Para as demais características físicas, químicas e bacteriológicas foram adotados os parâmetros abaixo:

- Relação DQO/DBO = 2;
- Relação N-NKT/DBO = 0,166;
- Relação P/DBO = 0,025;
- Coliformes Fecais = $1,0 \times 10^{12}$ NMP/100 ml.

6. PROJEÇÕES DO SES

6.1 Índice de Cobertura

Considerando a conclusão das obras em abril de 2025, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 95% em 2025, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

Quadro 11
Projeção do Índice de Cobertura

Ano	Índice de Cobertura	Ano	Índice de Cobertura
2022	89.9%	2036	95%
2023	89.9%	2037	95%
2024	89.9%	2038	95%
2025	95%	2039	95%
2026	95%	2040	95%
2027	95%	2041	95%
2028	95%	2042	95%
2029	95%	2043	95%
2030	95%	2044	95%
2031	95%	2045	95%
2032	95%	2046	95%
2033	95%	2047	95%
2034	95%	2048	95%
2035	95%		

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV)

Cabe frisar que as metas dos Contratos de Programa entre CESAN e a Municipalidade, não são idênticas as que serão entre CESAN e futura Concessionária, devendo a contratada atentar-se-á ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

6.2 Volume Coletado Estimado

Para o cálculo do volume coletado estimado foram consideradas as informações do Quadro 12.

Quadro 12

Dados para Projeção do Volume Coletado de Esgoto por Habitante

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado)	m ³	2022	1.707.606
População Atendida	hab	2022	24.286
Per Capita	l/hab/dia	2022	192,64
Volume Coletado Estimado por habitante	m ³ /mês	-	4,62

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

Diante da apuração Per Capita foi calculado o Volume Coletado Estimado, com coeficiente de retorno de 0,8, conforme apresentado no item 5.1.2, obtendo como resultado 4,62 (192,64 x 30 x 0,80 ÷ 1.000) m³/mês por habitante.

6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE

O Quadro 13 apresenta a vazão média estimada para o tratamento proposto neste projeto. As projeções levaram em consideração a per capital atual (Quadro 12) e a fórmula descrita no item 5.1.7.

Quadro 13

Vazão Média Afluente

Ano	Vazão Média Afluente	Ano	Vazão Média Afluente
2023	43,87	2037	54,90
2024	44,22	2038	55,32
2025	49,32	2039	55,75
2026	50,06	2040	56,18
2027	50,44	2041	56,62
2028	50,82	2042	57,06
2029	51,21	2043	57,51
2030	52,05	2044	57,96
2031	52,44	2045	58,41
2032	52,84	2046	58,87
2033	53,24	2047	59,34
2034	53,65	2048	59,78
2035	54,06		
2036	54,48		

Fonte: Elaboração: FGV

6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto

O Quadro 14 apresenta as eficiências estimadas para o tratamento proposto neste projeto, bem como a qualidade final esperada para o efluente tratado. As eficiências apresentadas referem-se aos valores estimados em literatura, que podem variar em função da operação e da qualidade afluente ao tratamento.

Quadro 14

Eficiência Esperada para Diferentes Processos de Tratamento de Esgoto

Sistema de tratamento	Eficiência			
	DBO (%)	DQO (%)	SST (%)	Coliforme Termotolerantes (Unid log)
	Literatura	Literatura	Literatura	Literatura
Tratamento primário (tanques sépticos)	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tratamento primário convencional	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tratamento primário avançado	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tanque séptico + infiltração	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Tanque séptico + biodisco	80 a 85	70 a 80	80 a 90	0,5 a 1,5
Lagoas				
Lagoa facultativa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	0,5 a 2,0
Lagoa anaeróbia - lagoa facultativa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa aerada facultativa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa aerada + lagoa sedimentação	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa anaeróbia + facultativa + maturação	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa anaeróbia + facultativa + de alta taxa	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Lagoa anaeróbia + facultativa + remoção de algas	75 a 85	65 a 80	70 a 80	1,0 a 2,0
Wetlands	75 a 85	65 a 80	70 a 80	0,5 a 2,0
Reatores				
Reator UASB	65 a 75	55 a 70	65 a 80	0,5 a 1,5
UASB + LA	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + biofiltro aerado submerso - FBAS	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + FBAS + decantador secundário	88 a 97	68 a 95	75 a 98	1 a 5
UASB + filtro anaeróbio	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + FBP de alta carga	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + flotação por ar dissolvido	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + lagoas de polimento	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + lagoa aerada facultativa	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + lagoa aerada + lagoa de decantação	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
UASB + escoamento superficial	75 a 93	65 a 90	70 a 97	1 a 5
Lodos				
Lodos ativados convencional	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados - aeração prolongada	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados - batelada (aeração prolongada)	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados convencional + N	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados convencional + N + P	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Lodos ativados convencional + filtração terciária	85 a 97	80 a 93	87 a 93	1 a 2
Filtros				
Filtro biológico percolador - FBP de baixa carga	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5
Filtro biológico percolador - FBP de alta carga	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5
Biofiltros				
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5
Biofiltro aerado submerso + N	80 a 85	70 a 80	80 a 90	1 a 5

Elaboração: FGV Fontes: Von Sperling (2014), Campos (2001) e Oliveira (2004)

Além das unidades acima, o sistema proposto para a sede municipal prevê ainda a desinfecção por radiação ultravioleta (UV), antes do lançamento no corpo receptor.

A desinfecção tem por objetivo a redução do lançamento da *E.coli* para valores inferiores a 10³NMP/100ml.

6.5 Rede Coletora e Elevatórias

Estão em andamento as obras do SES Castelo, com previsão de conclusão em abril de 2025, conforme detalhado no item 2.2. Após a conclusão das obras, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 95% em 2025, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

Para os demais anos foram consideradas obras de crescimento vegetativo para a manutenção e atendimento dos índices previstos no contrato de programa e nas metas estabelecidas no sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

6.6 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Conforme demonstrado nos Quadros 13 e 14, verifica-se que a ETE a ser entregue em 2025, com capacidade 86 l/s, atende as projeções do volume estimado para final de CP, bem como a eficiência no tratamento do esgoto pactuados com a municipalidade, assim, não sendo necessário ampliação, apenas sua manutenção.

6.7 Sistemas Interligados

Não existe sistemas interligados a sede municipal.

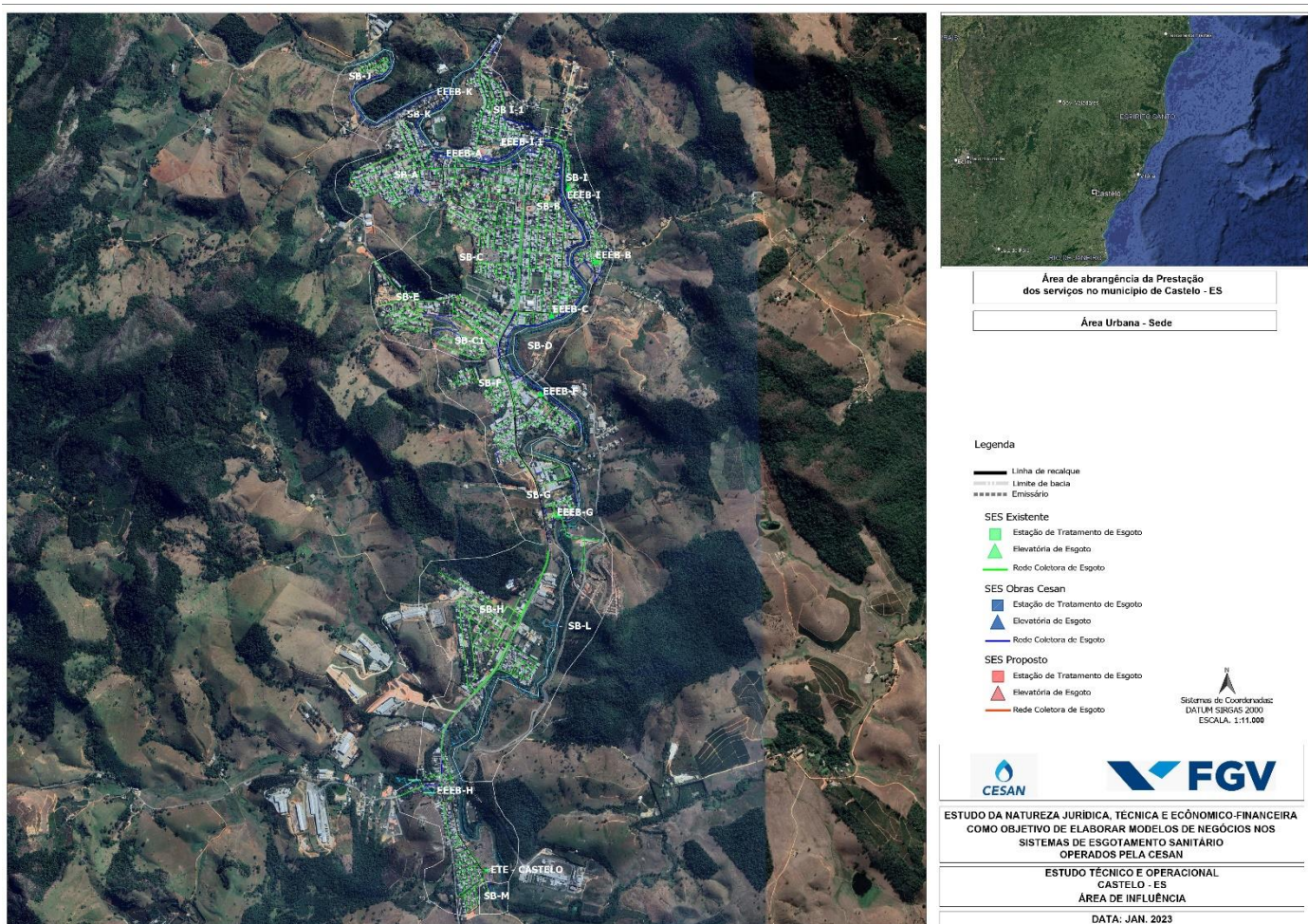
6.8 Pro-Rural

Não há previsão de curto prazo para assunção de pro-rural no município.

6.9 Mapa do SES

Após análise dos projetos existentes, das informações contidas na caracterização do sistema e das definições estabelecidas neste documento foi possível avaliar e mapear a situação atual do SES de **Castelo**, conforme demonstrado na figura 2.

Figura 2
Mapa SES – Castelo



7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS

Como na cidade já existe um sistema de esgotamento sanitário, para o SES Castelo foi considerado para o ano de 2025, um período de 6 (seis) meses de operação assistida da Cesan e a nova Concessionária e 6 (seis) meses de operação efetiva.

Quanto ao final de plano (2048) foi considerado um período de 7 (sete) meses de operação, tendo em vista o término do Contrato de Programa em julho, daquele ano.

7.1 Investimentos (Capex)

Neste item serão apresentadas as premissas adotadas para a composição dos investimentos de obra e composição dos custos com projetos executivo, canteiro de obras e administração local do sistema de esgotamento sanitário do município de **Castelo**.

7.1.1 Obras

Para a projeção dos investimentos foram utilizados os orçamentos apresentados pela CESAN, atualizados pela variação do Índice Nacional da Construção Civil (INCC), com data base de dezembro/2022, demonstrados no Quadro 15.

Quadro 15
Valores Unitários de Investimentos

Descrição	Valor	Parâmetro
PVC DN 150 a 250	411,25	R\$/metro
PVC e FoFo DN 150 a 250	598,78	R\$/metro
FoFo DN 150 a 250	1.110,32	R\$/metro
Limpeza e Desobstrução	10,81	R\$/metro
Ligações Prediais	1.132,78	R\$/ligação
Ligações Intradomiciliares	1.234,18	R\$/ligação
Serviços Socioambientais	237,18	R\$/ligação
Linha de Recalque	805,27	R\$/metro
Canteiro de Obras	1,74%	Sobre o custo direto da obra
Administração Local	6,19%	Sobre o custo direto da obra
Projeto Executivo	0,45%	Sobre o custo direto da obra
Melhorias Operacionais	1,5%	Sobre o valor dos ativos acumulados
Estação Elevatória	Conforme curva paramétrica item 7.1.2	
Estação de Tratamento	Conforme curva paramétrica item 7.1.2	

Fonte: Elaboração: FGV

7.1.2 Curva paramétrica

Para a elaboração da projeção de custos foram adotadas duas metodologias, sendo uma para Elevatórias e outra para Estações de Tratamento, em ambos os casos, as metodologias envolvem 3 (três) etapas.

7.1.2.1 Curva Paramétrica de Custos para Elevatórias de Esgoto

A metodologia de projeção de custos das elevatórias é apresentada abaixo:

- **Primeira etapa:** são obtidos, com a CESAN, dados do custo total de construção de Elevatórias e da potência instalada das Elevatórias.
- **Segunda etapa:** são estimados 7 (sete) modelos para ver qual consegue explicar melhor a relação entre o custo total de construção de uma Elevatória e a potência instalada dela (sendo que existem 76 Elevatórias sob controle da CESAN na atualidade). Os modelos estimados são os seguintes (em todos a variável y = custo total; a variável x = potência instalada; e as letras a , b e c representam parâmetros a serem estimados nos modelos, através de um critério de minimização de erro³):

1. Modelo linear: $y = a + b * (x)$
2. Curva de potência: $y = a * (x)^b$
3. Tendência exponencial: $y = a * e^{b*(x)}$
4. Equação logarítmica: $y = a + b * \ln(x)$
5. Equação polinomial: $y = a + b * (x) + c * (x)^2$
6. Tempo invertido: $y = a + \frac{b}{x}$
7. Exponencial invertida: $y = a * e^{\frac{b}{x}}$

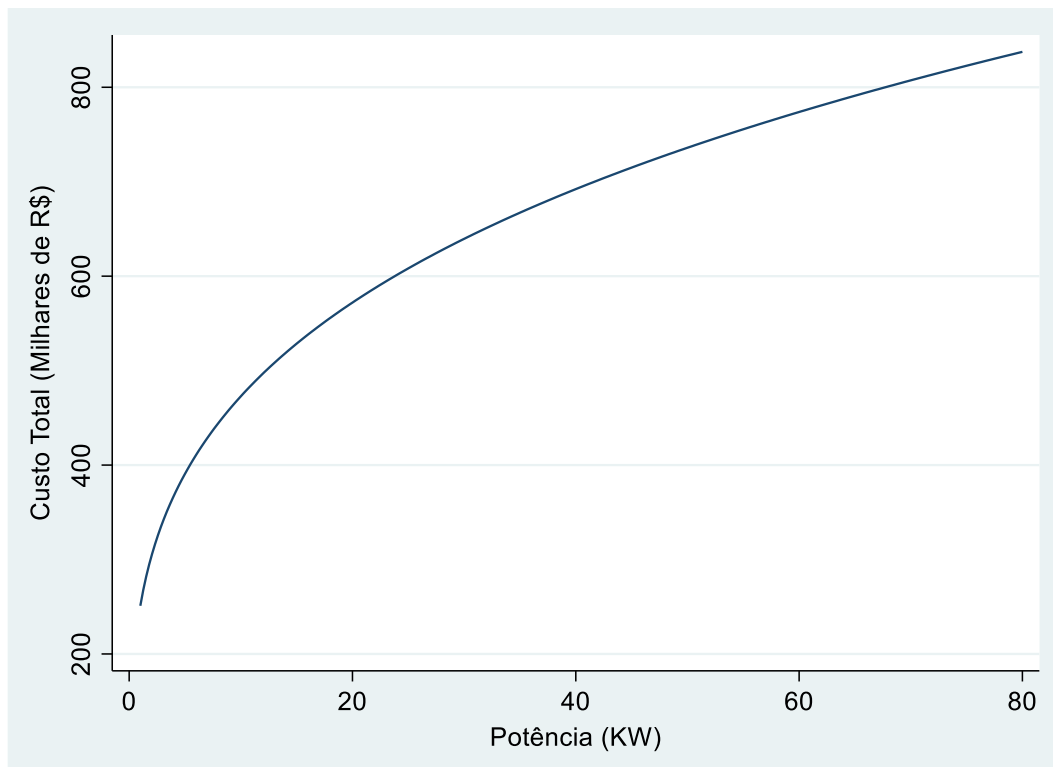
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele

³ Se no modelo aparecem apenas as letras a e b , então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a , b e c , então esses três parâmetros são estimados.

que apresenta maior R-quadrado. Mais precisamente, o modelo escolhido foi o de curva de potência apresentado abaixo⁴:

$$y = 251.006,50 * (x)^{0,2749746}$$

Figura 3
Curva de Custo x Potência



7.1.2.2 Curva Paramétrica de Custos para Estação de Tratamento de Esgoto

A metodologia de projeção de custos das estações de tratamento de esgoto é apresentada abaixo:

- **Primeira etapa:** são obtidos, com a CESAN, dados de custo total de construção das Estações de Tratamento e de vazão das referidas Estações de Tratamento.
- **Segunda etapa:** são estimados 7 (sete) modelos para ver qual consegue explicar melhor a relação entre o custo total de construção de uma Estação de Tratamento e a vazão dela

⁴ Note que se trata então de um modelo de curva de potência em que $a = 251.006,50$ e $b = 0,2749746$. Lembrando que nesse modelo $y = \text{custo total}$ e $x = \text{potência}$.

(sendo que existem 14 Estações de Tratamento sob controle da CESAN na atualidade). Os modelos estimados são os seguintes (em todos a variável y = custo total; a variável x = vazão; e as letras a , b e c representam parâmetros a serem estimados nos modelos, através de um critério de minimização de erro⁵):

1. Modelo linear: $y = a + b * (x)$
2. Curva de potência: $y = a * (x)^b$
3. Tendência exponencial: $y = a * e^{b*(x)}$
4. Equação logarítmica: $y = a + b * \ln(x)$
5. Equação polinomial: $y = a + b * (x) + c * (x)^2$
6. Tempo invertido: $y = a + \frac{b}{x}$
7. Exponencial invertida: $y = a * e^{\frac{b}{x}}$

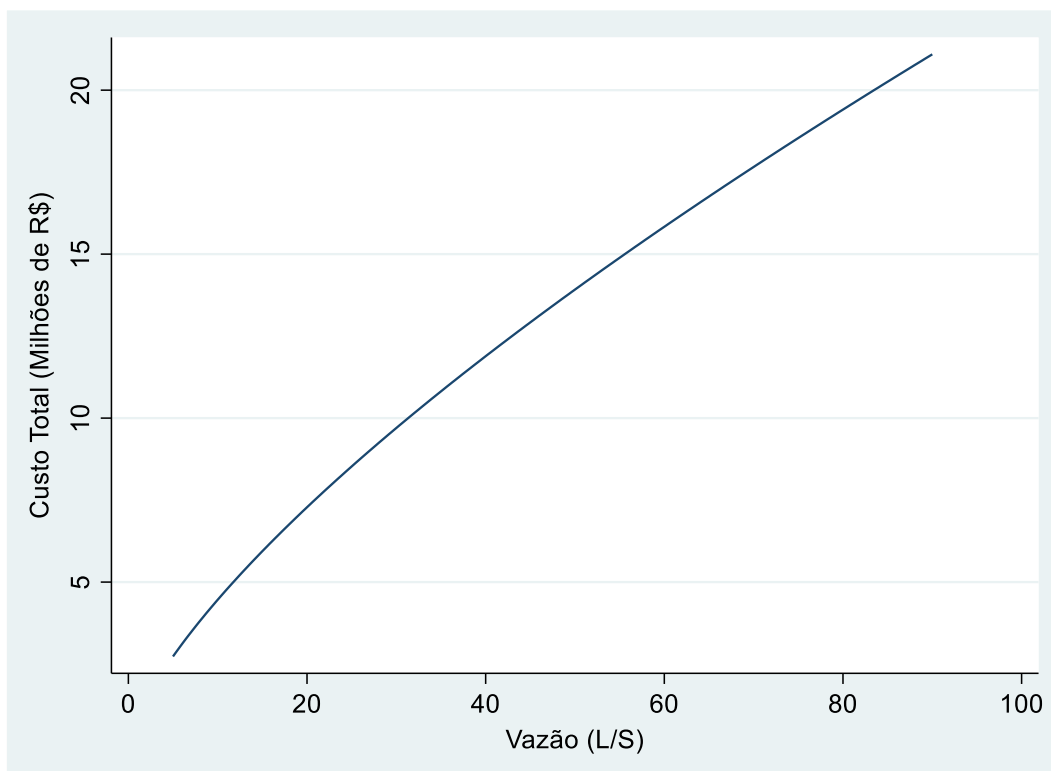
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Mais precisamente, o modelo escolhido foi o de curva de vazão apresentado abaixo⁶:

$$y = 875.375,30 * (x)^{0,7071515}$$

⁵ Se no modelo aparecem apenas as letras a e b , então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a , b e c , então esses três parâmetros são estimados.

⁶ Note que se trata então de um modelo de curva de potência em que $a = 875.375,30$ e $b = 0,7071515$. Lembrando que nesse modelo $y = \text{custo total}$ e $x = \text{vazão}$.

Figura 4
Curva de Custo x Vazão



7.1.3 Projeto Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local

Para os estudos foram utilizados orçamentos disponibilizados pela CESAN, para as obras que estão em andamento, ou em processo de contratação.

O Quadro 16 apresenta, breve, resumo dos municípios no qual foram analisados para definição dos valores utilizados e o percentual médio adotado para projetos executivos, canteiro de obras e administração local respectivamente.

Quadro 16

Percentual Médio para Projetos Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local

Município	Projeto Executivo (R\$)	% Projeto Executivo sobre a Parcela de Obra	Canteiro de Obras (R\$)	% Canteiro de Obras sobre a Parcela de Obra	Administração Local (R\$)	% Administração Local sobre a Parcela de Obra
Afonso Cláudio	64.068,40	0,67%	202.595,98	2,12%	607.685,00	6,36%
Água Doce do Norte	-	-	172.953,07	5,42%	220.974,00	6,93%

Município	Projeto Executivo (R\$)	% Projeto Executivo sobre a Parcela de Obra	Canteiro de Obras (R\$)	% Canteiro de Obras sobre a Parcela de Obra	Administração Local (R\$)	% Administração Local sobre a Parcela de Obra
Anchieta (redes)	32.037,30	0,23%	97.347,24	1,31%	871.640,00	6,35%
Anchieta (ETE)	-	-	127.046,12	0,93%	576.067,00	7,74%
Anchieta (Irirí)	-	-	71.662,21	2,65%	-	-
Castelo	64.068,40	0,36%	165.932,26	0,94%	1.122.053,00	6,34%
Atilio Vivacqua	-	-	210.539,86	0,95%	1.414.877,00	6,33%
Divino São Lourenço	-	-	76.075,06	1,30%	-	-
Dores do Rio Preto	32.419,20	1,02%	84.002,81	2,65%	217.732,00	6,88%
Ibatiba	16.718,40	0,20%	112.570,77	1,34%	531.791,00	6,34%
Irupi	16.209,60	0,38%	90.670,50	2,11%	291.212,00	6,79%
Iúna	64.068,40	0,62%	112.570,77	1,16%	616.450,00	6,25%
Muqui	102.618,56	0,31%	399.108,13	1,28%	1.721.963,00	5,50%
Pedro Canário	39.907,68	0,16%	82.350,15	0,34%	1.331.163,00	5,47%
Média Ponderada		0,45%		1,74%		6,19%

Fonte: Elaboração: FGV

7.1.4 Reinvestimento em Melhorias Operacionais do SES

Como premissa, foi definido o reinvestimento de 1,5% a.a. sobre o valor do ativo imobilizado da parcela referente as estações de tratamento e elevatórias de esgoto. Para os ativos existentes e das obras a cargo da nova concessionária, o valor das estações de tratamento e elevatórias foi estimado conforme a metodologia descrita nos itens 7.1.2.1 e 7.1.2.2 acima. Para as obras a cargo da Cesan, o valor desses ativos foi obtido diretamente a partir de seus orçamentos.

7.1.5 Serviços Comerciais

Compreenderão o conjunto de ações de apoio à gestão comercial da CESAN os seguintes serviços: (i) Ativação da tarifa de esgoto; (ii) Substituição preventiva do parque de hidrômetros; (iii) Lacração de hidrômetros; (iv) Tratamento de ocorrência grave de leitura; (v) Tratamento de ligações com

suspeita de irregularidades; (vi) Agendamento, retirada e entrega de hidrômetro para aferição; (vii) Vistoria para medição alternativa para faturamento de esgoto; (viii) Instalação de medidor em fonte alternativa para faturamento de esgoto e; (ix) Instalação de hidrômetros em clientes ativos e não medidos.

Para a troca de hidrômetros, foi considerada a substituição de todos os hidrômetros existentes e a implantação de hidrômetros nas unidades consumidoras sem medição, durante os 03 primeiros anos. No quarto e quinto ano foi considerada a troca de 5% dos hidrômetros a cada ano. A partir do sexto ano foi considerada a troca de 20% dos hidrômetros anualmente.

7.2 Custos e Despesas de Operação e Manutenção (Opex)

Neste item serão apresentadas as premissas adotadas para a composição dos custos e despesas de operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário do município de **Castelo**.

Quadro 17
Custos e despesas de operação e manutenção

Item ⁷	Custo Unitário	Unidade
Encanador de Esgoto / Agente Operacional	R\$ 4.647,85	R\$/mês
Auxiliar de Encanador de Esgoto	R\$ 3.983,45	R\$/mês
Operador de ETE	R\$ 5.215,81	R\$/mês
Auxiliar de Operador de ETE	R\$ 3.185,94	R\$/mês
Polímero	R\$ 26,98	R\$/Kg
Destinação do Lodo	R\$ 256,13	R\$/ton
Energia Elétrica ⁸	R\$ 0,67	R\$/KWh
Manutenção de redes, eletromecânica, outras	R\$ 149,31	R\$/econ dom. ativa
Materiais	R\$ 10,19	R\$/econ dom. ativa
Gerais	R\$ 0,89	R\$/econ dom. ativa
Segurança ETE	R\$ 1,73	R\$/m ² /mês
Segurança EEE	R\$ 1,73	R\$/m ² /mês

Fonte: Elaboração: FGV

⁷ Custo unitário inclusive encargos para Encanador de Esgoto / Agente Operacional, Auxiliar de Encanador de Esgoto, Operador de ETE e Auxiliar de Operador de ETE.

⁸ Tarifa de Energia Elétrica Baixa Tensão (Tarifa do uso do sistema de distribuição + Tarifas de energia).

7.2.1 Pessoal

Para quantificação de pessoal, foi considerado como premissa 01 (um) operador fixo na estação de tratamento e 01 (um) operador volante para atender até 03 (três) estações de tratamento, contemplando também as folgas semanais.

Além disso, foi previsto 01 (um) auxiliar de tratamento, que também atenderá até três sistemas de esgotos sanitários composto pela estação de tratamento de esgoto e elevatórias. Ele poderá prestar apoio em serviços de natureza não contínua como: descarga de lodo, limpeza dos leitos de secagem, dentre outros.

Sobre o salário base incidem os acréscimos legais como insalubridade, sobreaviso, encargos sociais e trabalhistas e demais benefícios.

7.2.2 Energia Elétrica

Com base na vazão média diária afluyente à estação de tratamento e na capacidade da elevatória final foi calculado o número de horas diárias das elevatórias da cidade.

Para o cálculo do custo da energia foi adotada a tarifa da Concessionária de Energia Elétrica do estado (Energias de Portugal – EDP/ES), categoria Baixa Tensão B3 até a potência de 50 CV. Para elevatórias com potência acima da citada, foi adotada a categoria de alta tensão A2.

7.2.3 Produtos Químicos

O tratamento previsto para a cidade de **Castelo**, reator anaeróbio, biofiltro aerado e decantador secundário, não utiliza produtos químicos no processo.

Porém, para a secagem do lodo serão utilizados polímeros na razão de 6 kg do produto a cada tonelada de sólidos gerados anualmente.

7.2.4 Remoção de Lodo

A partir de 2026, de acordo com a legislação federal, o lodo gerado não poderá ser disposto em aterros sanitários e deverá ser destinado a Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL). Assim, foi previsto que a concessionária criará UGLs, com deslocamento máximo de 50 km, para receber o lodo de várias estações.

Pelo processo de tratamento empregado pela CESAN, esse lodo está apto para ser aplicado na agricultura, após o tratamento adequado.

7.2.5 Outras Despesas

Para a projeção da manutenção de redes, eletromecânica, materiais e despesas gerais foi adotado o custo, expresso em R\$/economia residencial ativa, praticado pela CESAN no ano de 2022. Quanto ao item segurança foi previsto o monitoramento à distância das estações de tratamento e elevatórias.

7.2.6 Despesas Fiscais e Tributárias

Na modelagem econômico-financeira da concessão serão considerados os seguintes tributos sobre as receitas da concessionária:

- **PIS e COFINS** – A base tributável da Contribuição para os Programas de Integração Social (PIS) e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), é a receita operacional bruta, que corresponde ao valor da contraprestação a ser paga ao futuro parceiro privado. Na avaliação econômico-financeira, será considerado a adoção de tributação pelo lucro real, de forma que a tributação pelo PIS e COFINS se enquadrem no regime tributário não cumulativo, segundo as alíquotas de 1,65% e 7,6%, respectivamente. Da base tributável serão abatidos créditos tributários decorrentes dos custos operacionais com energia elétrica, produtos químicos, transporte e destinação de lodo e segurança. Além disso, considerar-se-á que 80% do valor do CAPEX como base de incidência dos créditos sobre o valor total dos custos de construção. .
- **ISS** – O Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza é de competência dos municípios e Distrito Federal e incide sobre a prestação de serviços, tendo como fato gerador a relação de serviços contida na Lei no 11.438/1997, e sendo regida pela Lei Complementar 116/2003.

Com relação aos tributos diretos, na modelagem econômico-financeira da concessão será considerado **a adoção de tributação pelo lucro real** como base de cálculo para o Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL).

Sobre a base de cálculo apurada, para efeitos de cálculo das estimativas dos respectivos desembolsos, aplicam-se as seguintes alíquotas conforme legislação vigente:

- **Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ):** 15% (quinze por cento) sobre o lucro apurado, além de alíquota adicional de 10% (dez por cento) sobre o lucro que exceder R\$ 240.000,00 (duzentos e quarenta mil) por ano; e

- **Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL):** 9% (nove por cento) sobre o lucro apurado.

8. CONCLUSÃO

Conforme se apresenta, no presente documento, a CESAN deverá entregar as obras do SES **Castelo** no ano de 2025, ficando a nova Concessionária responsável por sua operação, manutenção, bem como ampliar o sistema atual através de crescimento vegetativo para manter a universalização da coleta e tratamento de esgoto e atingir as metas estabelecidas entre CESAN e futura Concessionária.