

**Companhia Espírito Santense de Saneamento -
CESAN**

Estudo Técnico e Operacional

004 – Muqui/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 Ligações e Economias | 6 |
| 2.2.2 Redes | 6 |
| 2.2.3 Elevatórias | 7 |
| 2.2.4 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..... | 9 |
| 4. ESTIMATIVA POPULACIONAL E DE DOMICÍLIOS | 11 |
| 4.1 Dados de Referência..... | 11 |
| 4.2 Metodologia de Cálculo..... | 11 |
| 4.3 Projeção Populacional e de Domicílios..... | 14 |
| 5. PARÂMETROS DE PROJETO | 15 |
| 5.1 Vazões de Contribuição | 15 |
| 5.1.1 Consumo “Per Capita” Efetivo de Água..... | 15 |
| 5.1.2 Coeficiente de Retorno Esgoto/Água (C)..... | 15 |
| 5.1.3 Coeficientes de Variação de Demanda..... | 16 |
| 5.1.4 Vazão de Infiltração | 16 |
| 5.1.5 Vazão para Redes Coletoras | 16 |
| 5.1.6 Vazão para Estações Elevatórias | 17 |
| 5.1.7 Vazão para o Sistema de Tratamento | 17 |
| 5.2 Critérios Adotados para o Dimensionamento da Rede..... | 18 |
| 5.3 Interceptores e Emissários por Gravidade | 20 |
| 5.4 Considerações para Ampliação de Rede Coletora..... | 20 |
| 5.5 Estações Elevatórias de Esgoto Bruto (EEEB) e Linhas de Recalque | 20 |
| 5.6 Características do Esgoto Bruto..... | 22 |
| 6. PROJEÇÕES DO SES..... | 23 |
| 6.1 Índice de Cobertura | 23 |
| 6.2 Volume Coletado Estimado | 24 |
| 6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE..... | 24 |
| 6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto..... | 25 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.5 | Rede Coletora | 26 |
| 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)..... | 28 |
| 7.1.1 | Obras | 29 |
| 7.1.2 | Curva Paramétrica | 29 |
| 7.1.2.1 | Curva Paramétrica de Custos para Elevatórias de Esgoto | 29 |
| 7.1.2.2 | Curva Paramétrica de Custos para Estação de Tratamento de Esgoto | 31 |
| 7.1.3 | Projetos 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 | 35 |
| 7.2.2 | Energia Elétrica | 36 |
| 7.2.3 | Produtos Químicos | 36 |
| 7.2.4 | Remoção de Lodo | 36 |
| 7.2.5 | Outras Despesas | 36 |
| 7.2.6 | Despesas Fiscais e Tributárias | 36 |
| 8. | CONCLUSÃO..... | 37 |

INTRODUÇÃO

O documento apresentado denominado **Estudo Técnico e Operacional** para o município de **Muqui/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 **Muqui/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 **Muqui/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) e pro-rurais (se houver) e mapa do SES.
- Investimentos, custos e despesas operacionais referenciais.

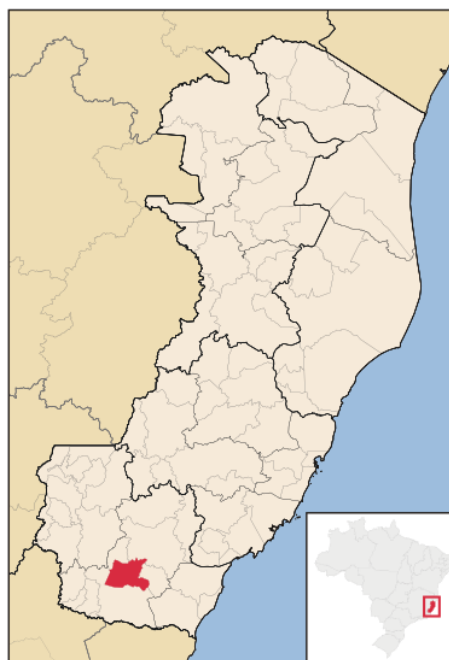
1. DADOS GERAIS

O município de **Muqui** está localizado no sul do Estado do Espírito Santo, divisa com os municípios de Mimoso do Sul/ES, Jerônimo Monteiro/ES, Cachoeiro de Itapemirim/ES e Atílio Vivácqua/ES, está inserido na Bacia Hidrográfica dos rios Itapemirim e Itabapoana.

O Município está a 175 km da capital do estado, e possui 2 (dois) distritos que são Sede e Camará São Gabriel (12 km da Sede), sendo que a área de abrangência da concessão da CESAN, atualmente, abrange todo município.

A população de **Muqui**, conforme dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ano de 2022 é de 15.736 habitantes.

Figura 1
Mapa de Localização – Município de Muqui/ES



No que tange, a topografia, segundo dados do INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, a Sede de **Muqui** apresenta uma altitude que varia de 120 a 1.000 m.

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, **Muqui** não possui sistema de esgotamento sanitário.

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

Quadro 1
Informações de Muqui

| Descritivo | Unidade | Referência | Quantidade |
|--|---------|------------|------------|
| Rede de Esgoto | m | 2022 | - |
| Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) | und | 2022 | - |
| Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) | und | 2022 | - |
| Ligações Ativas de Água | lig | 2022 | 3.715 |
| Ligações Inativas de Água | lig | 2022 | 434 |
| Ligações Ativas + Inativas de Água | lig | 2022 | 4.149 |
| Ligações Residenciais Ativas de Água | lig | 2022 | 3.422 |
| Ligações Residenciais Inativas de Água | lig | 2022 | 369 |
| Ligações Residenciais Ativas + Inativas de Água | lig | 2022 | 3.791 |
| Economias Ativas de Água | eco | 2022 | 4.061 |
| Economias Inativas de Água | eco | 2022 | 455 |
| Economias Ativas + Inativas de Água | eco | 2022 | 4.516 |
| Economias Residenciais Ativas de Água | eco | 2022 | 3.704 |
| Economias Residenciais Inativas de Água | eco | 2022 | 384 |
| Economias Residenciais Ativas + Inativas de Água | eco | 2022 | 4.088 |
| Ligações Ativas de Esgoto | lig | 2022 | - |
| Ligações Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | - |
| Ligações Ativas + Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | - |
| Ligações Residenciais Ativas de Esgoto | lig | 2022 | - |
| Ligações Residenciais Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | - |
| Ligações Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | - |
| Economias Ativas de Esgoto | eco | 2022 | - |

| Descritivo | Unidade | Referência | Quantidade |
|---|----------------|------------|------------|
| Economias Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | - |
| Economias Ativas + Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | - |
| Economias Residenciais de Esgoto | eco | 2022 | - |
| Economias Residenciais Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | - |
| Economias Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | - |
| Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado) | m ³ | 2022 | 513.952 |
| Índice de Hidrometração | % | 2022 | - |
| Índice de Cobertura | % | 2022 | - |
| Índice de Atendimento (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água) | % | 2022 | - |

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

O município de **Muqui**, conforme apresentado no Quadro 1, possui 4.088 economias residenciais ativas e inativas de água, no ano de 2022.

2.2 Obras em Execução

Estão em andamento as obras do SES **Muqui** distrito Sede, com previsão de conclusão em setembro de 2025, neste prazo foram previstas em edital 6 (seis) meses de operação assistida.

As obras de ampliação do SES, referente ao distrito Sede, cujo escopo licitado no edital LCE 035/2021 prevê a execução de 28.789 m de rede coletora em material de PVC/ FºFº DN 150 a 250, 2.700 ligações prediais, 2.700 ligações intradomiciliares, 4 (quatro) estações elevatórias, 3.194 m de linhas de recalque e 1 (uma) estação de tratamento de esgoto com vazão de 21 l/s.

O distrito de Camará São Gabriel não possui obras em andamento.

2.2.1 Ligações e Economias

Atualmente, a CESAN não possui ligações ativas de esgoto no município, conforme apresentado no Quadro 1, entretanto com a conclusão da obra em execução, estima-se a disponibilização de 2.700 ligações prediais, com índice de atendimento de 14% (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água).

2.2.2 Redes

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

Quadro 2
Detalhamento da Rede Coletora, Coletores e Interceptores

| Bacias | Diâmetro | Extensão (m) | Material | Total (m) |
|--------------|----------|--------------------|----------|---------------|
| A | DN150mm | 1.843 | PVC | 1.843 |
| B | DN150mm | 5.581 | PVC | 7.562 |
| | DN200mm | 206 | PVC | |
| | DN250mm | 509 | PVC | |
| | DN150mm | 913 | F°F° | |
| | DN200mm | 345 | F°F° | |
| | DN250mm | 8 | F°F° | |
| C | DN150mm | 7.257 | PVC | 8.608 |
| | DN200mm | 435 | PVC | |
| | DN250mm | 5 | PVC | |
| | DN150mm | 786 | F°F° | |
| | DN200mm | 125 | F°F° | |
| D | DN150mm | 7.858 ¹ | PVC | 10.776 |
| | DN200mm | 189 | PVC | |
| | DN250mm | 884 | PVC | |
| | DN150mm | 1.308 | F°F° | |
| | DN200mm | 532 | F°F° | |
| | DN250mm | 5 | F°F° | |
| TOTAL | | | | 28.789 |

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

¹ De acordo com a síntese do empreendimento licitado, a bacia D possui um total de redes de 9.139 m, desse total 1.281 m são de redes existentes, assim a rede projetada foi de 7.858 m. Cabe informar que as redes existentes não constam no cadastro da CESAN, por isso não compõem o Quadro 1. Consta no escopo da obra em execução a limpeza e desobstrução das redes existentes, a serem mantidas.

| Bacia | Vazão bomba (l/s) | Hm (mca) | Potência (kW) | Altura útil Poço (m) | Ø Poço Sucção (m) | DN Barrilete (mm) | DN Recalque (mm) | Extensão Recalque(m) |
|--------------|-------------------|----------|---------------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| A | 2,77 | 6,13 | 1,3 | 0,20 | 2,00 | 100 | 100 | 644,00 |
| B | 16,20 | 9,29 | 3,7 | 0,45 | 3,00 | 150 | 150 | 260,62 |
| C | 10,40 | 9,48 | 2,0 | 0,40 | 2,50 | 100 | 100 | 147,00 |
| D | 28,04 | 22,70 | 11,2 | 1,00 | 3,00 | 250 | 250 | 2.143,10 |
| TOTAL | | | | | | | | 3.194,72 |

Elaboração: FGV

2.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A estação de tratamento prevista é do tipo compacta modular com vazão de 21 l/s. A estação foi projetada para uma DBO afluente de 550 mg/l e Eficiência mínima de 90%.

As principais unidades previstas para a ETE são:

- Tratamento Preliminar (gradeamento, caixa de areia, calha Parshall, caixa de gordura);
- Estação Elevatória de Esgoto Bruto (EEEB);
- Tratamento secundário compacto pré-fabricado, tipo de tratamento será definido com a apresentação do projeto executivo;
- Tratamento Terciário por Ultravioleta (UV);
- Leitos de Secagem; e
- Casa de Sopradores, se necessário (conforme fornecedor Tratamento Secundário).

O corpo receptor do efluente tratado será o Rio Muqui do Norte 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 **Muqui** e a CESAN tem validade até 28/06/2046.

3.1 Ações Previstas no PMSB

O PMSB de **Muqui** lista 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 PMSB | Empreendimento PMSB | Prazo Inicial definido PMSB | Prazo Final definido PMSB |
|---------------------|------------|---|-----------------------------|---------------------------|
| Quadros 40, 41 e 42 | 01 | Implantação, Expansão e Melhorias Operacionais no Sistema de Esgotamento Sanitário - Sede | 2014 | 2043 |
| Quadro 42 | 02 | Implantação, Expansão e Melhorias Operacionais no Sistema de Esgotamento Sanitário para localidades de pequeno porte - Camará | 2019 | 2023 |
| Quadro 35 | 01 | Implantação do SES (redes coletoras de esgoto e ligações prediais, estações elevatórias e estação de tratamento de esgoto) | 2018 | 2025 |

Fonte: PMSB de Muqui. Elaboração: FGV

Cabe salientar que no PMSB de **Muqui** 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 PMSB | Empreendimento PMSB | Prazo Inicial definido PMSB | Prazo Final definido PMSB |
|--------------|------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Quadro 35 | 02 | Crescimento Vegetativo | 2025 | 2043 |

Fonte: PMSB de Muqui. 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 MUQUI, no período de concessão é apresentado no Quadro 6.

Quadro 6

Metas de Cobertura do SES

| Ano | Meta | Ano | Meta |
|------|------|------|-------|
| 2022 | 0% | 2035 | >=90% |

| Ano | Meta | Ano | Meta |
|------|-------|------|-------|
| 2023 | 0% | 2036 | >=90% |
| 2024 | 0% | 2037 | >=90% |
| 2025 | 0% | 2038 | >=90% |
| 2026 | 69,2% | 2039 | >=90% |
| 2027 | 69,2% | 2040 | >=90% |
| 2028 | 69,2% | 2041 | >=90% |
| 2029 | 69,2% | 2042 | >=90% |
| 2030 | 69,2% | 2043 | >=90% |
| 2031 | >=90% | 2044 | >=90% |
| 2032 | >=90% | 2045 | >=90% |
| 2033 | >=90% | 2046 | >=90% |
| 2034 | >=90% | | |

Fonte: Contrato de Programa de Muqui. Elaboração: FGV

Outro indicador contemplado no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGRAMA DE MUQUI, 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% | 2035 | 87% |
| 2023 | 0% | 2036 | 87% |
| 2024 | 0% | 2037 | 87% |
| 2025 | 0% | 2038 | 87% |
| 2026 | 0% | 2039 | 87% |
| 2027 | 60% | 2040 | 87% |
| 2028 | 85% | 2041 | 87% |
| 2029 | 85% | 2042 | 87% |
| 2030 | 85% | 2043 | 87% |
| 2031 | 85% | 2044 | 87% |
| 2032 | 85% | 2045 | 87% |
| 2033 | 87% | 2046 | 87% |

| Ano | Meta | Ano | Meta |
|------|------|-----|------|
| 2034 | 87% | | |

Fonte: Contrato de Programa de Muqui. 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 se atentar 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 da População | 2010 | Representatividade |
|-----------------------|---------------|--------------------|
| Urbano | 9.309 | 64,66% |
| Rural | 5.087 | 35,33% |
| Total | 14.396 | 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) | 4.088 |
| Taxa de Ocupação dos Domicílios Urbanos (IBGE 2010) | 0,88 |
| Número de Pessoas Por Domicílios Urbanos (IBGE 2010) | 3,17 |
| População Total (Prévia IBGE 2022) | 15.736 |
| Participação da População dos Distritos Atendidos pela CESAN | 1 |
| Proporção da População Urbana dos Distritos Atendidos pela CESAN | 0,6466 |

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 erro²):
 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.

² 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.

- **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 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 **Muqui**, 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 Ativos | Taxa de Crescimento Anual (%) |
|------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 2022 | 10.175 | 0,34% | 4.088 | 1,78% |
| 2023 | 10.210 | 0,34% | 4.161 | 1,78% |
| 2024 | 10.246 | 0,35% | 4.235 | 1,77% |
| 2025 | 10.281 | 0,35% | 4.310 | 1,78% |
| 2026 | 10.317 | 0,35% | 4.387 | 1,78% |
| 2027 | 10.352 | 0,34% | 4.464 | 1,77% |
| 2028 | 10.388 | 0,35% | 4.544 | 1,79% |
| 2029 | 10.424 | 0,34% | 4.624 | 1,77% |
| 2030 | 10.460 | 0,35% | 4.707 | 1,77% |
| 2031 | 10.496 | 0,35% | 4.790 | 1,78% |
| 2032 | 10.532 | 0,34% | 4.875 | 1,78% |
| 2033 | 10.568 | 0,34% | 4.963 | 1,79% |
| 2034 | 10.605 | 0,35% | 5.051 | 1,78% |
| 2035 | 10.642 | 0,35% | 5.140 | 1,78% |
| 2036 | 10.678 | 0,34% | 5.232 | 1,77% |
| 2037 | 10.716 | 0,35% | 5.324 | 1,77% |
| 2038 | 10.753 | 0,34% | 5.419 | 1,78% |
| 2039 | 10.789 | 0,34% | 5.516 | 1,78% |
| 2040 | 10.827 | 0,35% | 5.614 | 1,78% |
| 2041 | 10.865 | 0,35% | 5.713 | 1,77% |
| 2042 | 10.902 | 0,35% | 5.815 | 1,78% |

| Ano | Projeção Populacional | Taxa de Crescimento Anual (%) | Domicílios Ativos | Taxa de Crescimento Anual (%) |
|------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 2043 | 10.940 | 0,34% | 5.918 | 1,78% |
| 2044 | 10.977 | 0,34% | 6.023 | 1,77% |
| 2045 | 11.015 | 0,35% | 6.130 | 1,78% |
| 2046 | 11.053 | 0,34% | 6.239 | 1,77% |

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 afluente, foi a seguinte:

- **Vazão Média Afluente**

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

Sendo:

$Q_{méd}$: vazão média afluente (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 (m).

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:

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

Sendo:

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

$I_{mín}$ - 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 CESAN³. 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:**

³ Dados de Crescimento Vegetativo no ano de 2022.

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, 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 m³/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

η_b . η_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 setembro de 2025, e com base nas projeções de ligações a serem entregues, conforme apresentado no item 2.2.1, ou seja, 2.700 ligações prediais, o índice estimado de cobertura para este município deverá ser de 68,2% em 2025, porém em 2026 há uma meta de atendimento de 69,20% mantida até 2030 e a partir de 2031 será elevada para 90%, de acordo com o apresentado no Quadro 6, assim necessitando de investimento adicional.

Salienta-se que as obras do SES **Muqui** contemplam as ligações prediais e intradomiciliares. Entretanto, estima-se um índice de atendimento de 13,6% (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água), cabendo a futura concessionária realizar as devidas campanhas para interligação ao SES entregue, bem como realizar as ligações intradomiciliares.

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 se atentar ao sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

Quadro 11
Projeção do Índice de Cobertura

| Ano | Índice de Cobertura | Ano | Índice de Cobertura |
|------|---------------------|------|---------------------|
| 2022 | - | 2035 | 90% |
| 2023 | - | 2036 | 90% |
| 2024 | - | 2037 | 90% |
| 2025 | 68.2% | 2038 | 90% |
| 2026 | 72.1% | 2039 | 90% |
| 2027 | 72.1% | 2040 | 90% |
| 2028 | 72.1% | 2041 | 90% |
| 2029 | 72.1% | 2042 | 90% |

| Ano | Índice de Cobertura | Ano | Índice de Cobertura |
|------|---------------------|------|---------------------|
| 2030 | 72.1% | 2043 | 90% |
| 2031 | 90% | 2044 | 90% |
| 2032 | 90% | 2045 | 90% |
| 2033 | 90% | 2046 | 90% |
| 2034 | 90% | | |

Fonte: Fundação Getúlio Vargas (FGV)

6.2 Volume Coletado Estimado

Para o cálculo do volume coletado estimado por habitante 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 | 513,952 |
| População Atendida | hab | 2022 | 10.175 |
| Per Capita | l/hab/dia | 2022 | 138,38 |
| Volume Coletado Estimado por habitante | m ³ /mês | - | 3,32 |

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 3,32 (138,38 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 para o Distrito Sede. As projeções levaram em consideração a per capital atual (Quadro 11) e o atendimento da população da área de abrangência do contrato, conforme fórmula descrita no item 5.1.7.

Quadro 13

Vazão Média Afluente Sede e Camará

| Ano | Vazão Média Afluente | Ano | Vazão Média Afluente |
|------|----------------------|------|----------------------|
| 2025 | 4,80 | 2036 | 15,77 |
| 2026 | 6,98 | 2037 | 15,83 |
| 2027 | 8,92 | 2038 | 15,88 |
| 2028 | 10,86 | 2039 | 15,94 |
| 2029 | 11,86 | 2040 | 15,99 |
| 2030 | 12,39 | 2041 | 16,05 |
| 2031 | 15,51 | 2042 | 16,10 |
| 2032 | 15,56 | 2043 | 16,16 |
| 2033 | 15,61 | 2044 | 16,21 |
| 2034 | 15,67 | 2045 | 16,27 |
| 2035 | 15,72 | 2046 | 16,32 |

Fonte: Elaboração: FGV

Cabe informar, que o Distrito de Camará não possui obra programada pela CESAN, sendo que a futura concessionária deverá implantar o sistema de esgoto até o ano de 2026 para atender os índices de cobertura pactuados nos Contratos de Programa e do sistema de mensuração de desempenho, Anexo III do Edital.

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 se referem 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 Ativados | | | | |
| 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 Biológicos | | | | |
| 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 |

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

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 10^3 NMP/100ml .

6.5 Rede Coletora

Estão em andamento as obras do SES **Muqui**, com previsão de conclusão em setembro de 2025, conforme detalhado no item 2.2. Após a conclusão das obras, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 68,2%, porém em 2026 há uma meta de atendimento de 69,20% no Contrato de Programa (CP) que será mantida até 2030 e a partir de 2031 será elevada para 90%, de acordo com o apresentado no Quadro 6.

Diante da cobertura estimada após a entrega do SES **Muqui**, faz-se necessário um investimento adicional. Para os demais anos foi previsto somente o crescimento vegetativo para a manutenção 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 12 e 13, verifica-se que a ETE Sede a ser entregue em 2025, com capacidade 21 l/s, atende a projeção 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

O município de Muqui não possui sistemas interligados com outros municípios.

6.8 Pro-Rural

A priori 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 **Muqui**, conforme demonstrado na figura 2

Figura 2
Mapa SES – Muqui



Área de abrangência da Prestação dos serviços no município de Muqui - ES
Área Urbana - Distrito de Sede






ESTUDO DA NATUREZA JURÍDICA, TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA COMO OBJETIVO DE ELABORAR MODELOS DE NEGÓCIOS NOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO OPERADOS PELA CESAN

ESTUDOS TÉCNICOS E OPERACIONAL
MUQUI - ES
ÁREA DE INFLUÊNCIA

Data: Mai, 2023

7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS

Com expectativa de conclusão das obras do SES **Muqui** para setembro de 2025, já inclusos 6 (seis) meses de operação assistida incluído nesse período a atualização do cadastro comercial, notificação dos clientes e início efetivo de faturamento e cobrança, foi considerado para o ano de 2025, um período de 3 (três) meses de operação. Quanto ao final de plano (2046) foi considerado um período de 6 (seis) meses de operação, tendo em vista o término do Contrato de Programa em junho, 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 **Muqui**.

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 erro⁴):

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: $y = a * e^{\frac{b}{x}}$

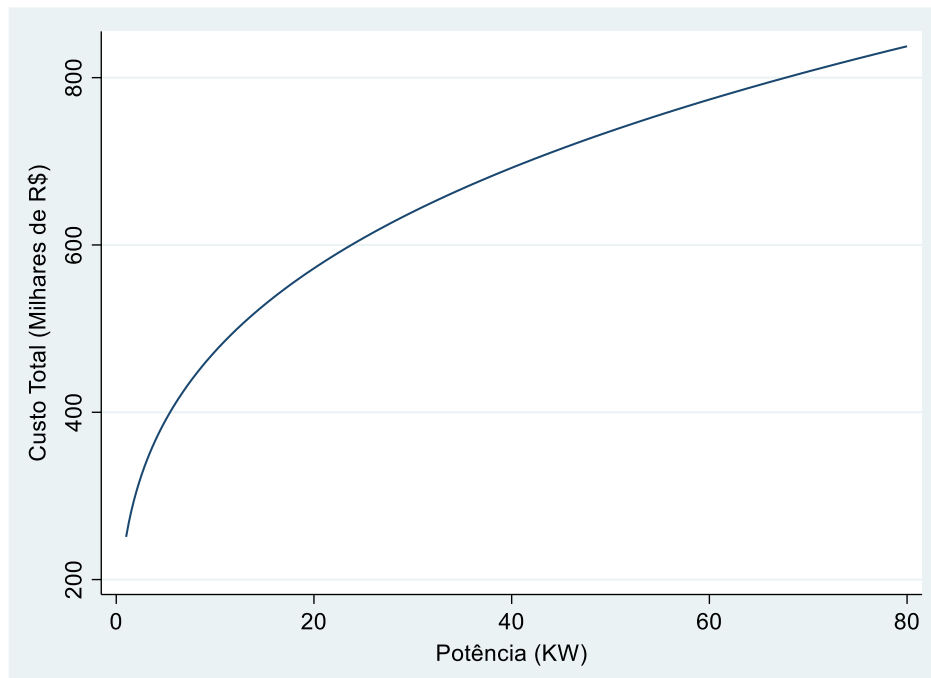
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Mais precisamente, o modelo escolhido foi o de curva de potência apresentado abaixo⁵:

⁴ 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.

⁵ 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 $x = \text{potência}$.

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

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 (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 erro⁶):

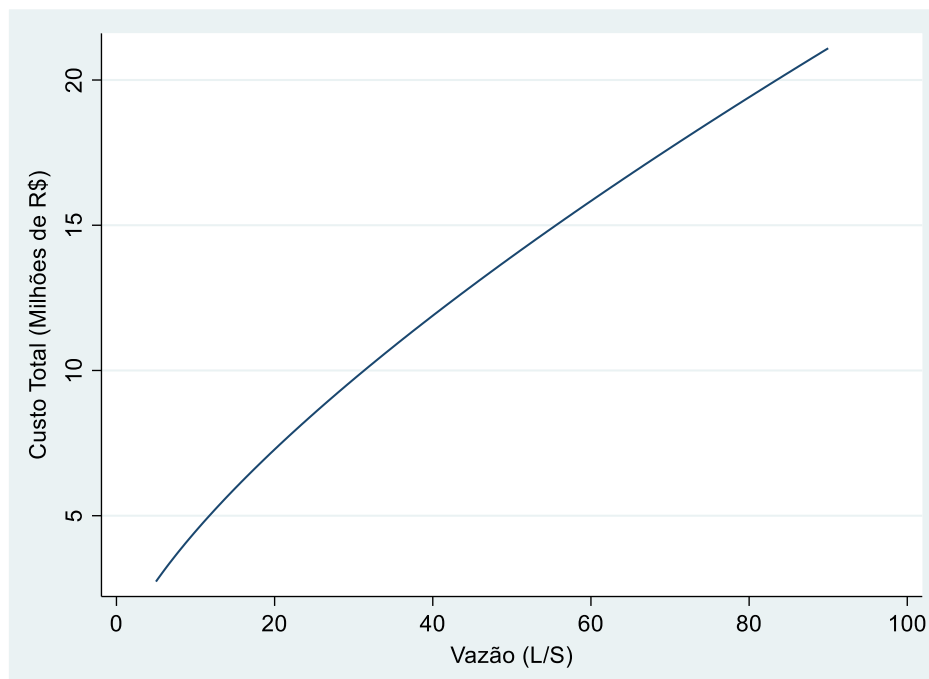
⁶ Se no modelo aparecem apenas as letras a e b , então apenas esses dois parâmetros são estimados. Já se no modelo aparecem as letras a , b e c , então esses três parâmetros são estimados.

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 abaixo⁷:

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

Figura 4
Curva de Custo x Vazão

⁷ 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 $y = custo\ total$ e $x = vazão$.



7.1.3 Projetos 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% |
| 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% |

| 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 (Irirí) | - | - | 71.662,21 | 2,65% | - | - |
| Apicá | 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 **Muqui**.

Quadro 17
Custos e despesas de operação e manutenção

| Item | 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 | 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 |

7.2.1 Pessoal

Foi considerado 1 (um) operador fixo na estação de tratamento e mais 1 (um) operador volante que atenderia 3 (três) estações de tratamento, contemplando também as folgas semanais.

Além disso, foi previsto 1 (um) auxiliar de tratamento, que também atenderá 3 (três) estações para 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 dividida pela capacidade da elevatória final foi calculado o número de horas diárias das elevatórias da cidade. O número de horas diárias em operação x potência instalada em kW x 360 (dias), representa o consumo em kWh do sistema.

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 **Muqui**, 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 **Muqui** Sede em setembro de 2025, ficando a nova Concessionária responsável por executar um investimento adicional na Sede, até o ano de 2026, para atingir a meta contratual, e será a responsável por sua operação, manutenção, bem como ampliar o sistema atual através de



crescimento vegetativo, com o objetivo de alcançar/manter a universalização da coleta e tratamento de esgoto e atingir as metas estabelecidas entre CESAN e a nova Concessionária.