

**Companhia Espírito Santense de Saneamento -
CESAN**

Estudo Técnico e Operacional

026 – Pedro Canário/ES

20 de abril de 2023



Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1. DADOS GERAIS | 5 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL | 6 |
| 2.1 Sistemas Existentes Sede..... | 6 |
| 2.2 Sistemas Existentes Distrito de Cristal | 6 |
| 2.2.1 Distrito de Floresta do Sul | 6 |
| 2.3 Obras em Execução | 7 |
| Sede 7 | |
| Distrito de Cristal do Norte..... | 8 |
| Distrito de Floresta do Sul | 8 |
| 2.3.1 Ligações e Economias | 8 |
| 2.3.2 Redes | 8 |
| 2.3.3 Elevatórias | 9 |
| 2.3.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)..... | 9 |
| 3. AÇÕES DO PMSB E METAS DO CP | 9 |
| 3.1 Ações Previstas no PMSB..... | 9 |
| 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..... | 27 |
| 6.5 Rede Coletora e Elevatórias..... | 28 |
| 6.6 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)..... | 29 |
| 6.7 Sistemas Interligados..... | 29 |
| 6.8 Pro-Rural..... | 29 |
| 6.9 Mapa do SES..... | 29 |
| 7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS | 32 |
| 7.1 Investimentos (Capex)..... | 33 |
| 7.1.1 Obras..... | 33 |
| 7.1.2 Curva paramétrica..... | 33 |
| 7.1.2.1 Curva Paramétrica de Custos para Elevatórias de Esgoto..... | 34 |
| 7.1.2.2 Curva Paramétrica de Custos para Estação de Tratamento de Esgoto..... | 35 |
| 7.1.3 Projeto Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local..... | 37 |
| 7.1.4 Reinvestimento em Melhorias Operacionais do SES..... | 38 |
| 7.1.5 Serviços Comerciais..... | 38 |
| 7.2 Custos e Despesas de Operação e Manutenção (Opex)..... | 39 |
| 7.2.1 Pessoal..... | 40 |
| 7.2.2 Energia Elétrica..... | 40 |
| 7.2.3 Produtos Químicos..... | 40 |
| 7.2.4 Remoção de Lodo..... | 40 |
| 7.2.5 Outras Despesas..... | 41 |
| 7.2.6 Despesas Fiscais e Tributárias..... | 41 |
| 8. CONCLUSÃO | 42 |

INTRODUÇÃO

O documento apresentado denominado **Estudo Técnico e Operacional** para o município de **Pedro Canário/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 **Pedro Canário/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 **Pedro Canário/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 **Pedro Canário** está localizado na região norte do estado do Espírito Santo. O município ocupa uma área de 434 km², limitando-se com os municípios de Conceição da Barra/ES, Pinheiros/ES, Montanha/ES e Mucuri/BA. Está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Itaúnas.

O Município está a 265 km da capital do estado, possuindo 3 (três) distritos: Sede, Cristal e Floresta do Sul, no qual a área de abrangência da concessão da CESAN, atualmente, se limita a área urbana.

A população de **Pedro Canário** conforme dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2022 é de 21.343 habitantes.

Figura 1
Mapa de Localização – Município de Pedro Canário/ES



No que tange, a topografia, segundo dados do INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, a Sede de **Pedro Canário** está entre 30 a 200 metros de altitude.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL

2.1 Sistemas Existentes Sede

O sistema de esgoto sanitário da sede municipal de Pedro Canário possui 60.165 m de rede coletora de esgotos, 7 estações elevatórias e duas estações de tratamento composta de UASB (ETE Centro) e lagoa facultativa (ETE Camata). Estas estações deverão ser desativadas após a conclusão da obra em andamento. Atualmente o sistema tem 4.113 ligações ativas de esgoto.

2.2 Sistemas Existentes Distrito de Cristal

O sistema de esgoto sanitário do Distrito de Cristal possui 5.043 m de rede coletora de esgotos, 1 estação elevatória e uma estação de tratamento tipo Fossa Filtro com capacidade de 12 l/s de vazão média. Essa estação deverá ser desativada conforme projeto desenvolvido pela Cesan. Atualmente o sistema tem 340 ligações ativas de esgoto.

2.2.1 Distrito de Floresta do Sul

O sistema de esgoto sanitário da localidade de Floresta do Sul possui 2.871 m de rede coletora de esgotos, 1 estação elevatória e uma estação de tratamento tipo UASB com capacidade de 1,4 l/s de vazão média. Atualmente o sistema tem 36 ligações ativas de esgoto.

Quadro 1
Informações de Pedro Canário

| Descritivo | Unidade | Referência | Quantidade |
|---|---------|------------|------------|
| Rede de Esgoto | m | 2022 | 68.079 |
| Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) | und | 2022 | 4 |
| Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) | und | 2022 | 7 |
| Ligações Ativas de Água | lig | 2022 | 7.164 |
| Ligações Inativas de Água | lig | 2022 | 1.554 |
| Ligações Ativas + Inativas de Água | lig | 2022 | 8.718 |
| Ligações Residenciais Ativas de Água | lig | 2022 | 6.790 |
| Ligações Residenciais Inativas de Água | lig | 2022 | 1.439 |
| Ligações Residenciais Ativas + Inativas de Água | lig | 2022 | 8.229 |

| Descritivo | Unidade | Referência | Quantidade |
|---|----------------|------------|------------|
| Economias Ativas de Água | eco | 2022 | 7.366 |
| Economias Inativas de Água | eco | 2022 | 1.605 |
| Economias Ativas + Inativas de Água | eco | 2022 | 8.971 |
| Economias Residenciais Ativas de Água | eco | 2022 | 6.933 |
| Economias Residenciais Inativas de Água | eco | 2022 | 1.471 |
| Economias Residenciais Ativas + Inativas de Água | eco | 2022 | 8.404 |
| Ligações Ativas de Esgoto | lig | 2022 | 4.489 |
| Ligações Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | 2.070 |
| Ligações Ativas + Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | 6.559 |
| Ligações Residenciais Ativas de Esgoto | lig | 2022 | 4.322 |
| Ligações Residenciais Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | 1.928 |
| Ligações Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto | lig | 2022 | 6.250 |
| Economias Ativas de Esgoto | eco | 2022 | 4.597 |
| Economias Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | 2.137 |
| Economias Ativas + Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | 6.734 |
| Economias Residenciais de Esgoto | eco | 2022 | 4.405 |
| Economias Residenciais Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | 1.968 |
| Economias Residenciais Ativas + Factíveis de Esgoto | eco | 2022 | 6.373 |
| Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado) | m ³ | 2022 | 827.997 |
| Índice de Hidrometração | % | 2022 | 100 |
| Índice de Cobertura | % | 2022 | 86 |
| Índice de Atendimento (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água) | % | 2022 | 59,5 |

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

O município de **Pedro Canário**, conforme apresentado no Quadro 1, possui 8.404 economias residências ativas e inativas de água, no ano de 2022.

2.3 Obras em Execução

Sede

Estão em execução, licitação LCE nº 036/2020, as obras para a ampliação do sistema de esgotos das sub-bacias 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10, com previsão de término em dezembro de 2024, composta de

12.868 m de rede coletora em PVC DN 150, 731 ligações prediais, 919 ligações intradomiciliares, oito estações elevatória e a estação de tratamento ETE Pedro Canário, composta de duas lagoas anaeróbias e duas lagoas facultativas, com capacidade para 40,27 l/s de vazão média.

Distrito de Cristal do Norte

Não há previsão de obras a cargo da CESAN para o Distrito de Cristal do Norte.

Distrito de Floresta do Sul

Não há previsão de obras a cargo da CESAN para o Distrito de Floresta do Sul.

2.3.1 Ligações e Economias

O município de **Pedro Canário**, conforme apresentado no Quadro 1, possui 4.489 ligações ativas de esgoto no ano de 2022.

2.3.2 Redes

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

Quadro 2

Detalhamento da Rede Coletora, Coletores e Interceptores

| Bacias | Em Execução (m) |
|--------------|-----------------|
| 3 ETE Centro | 326 |
| 3 Centro | 433 |
| 3 Igreja | 543 |
| 4 | 3.438 |
| 5 | 1.191 |
| 6 | 931 |
| 7 | 1.889 |
| 8 | 1.581 |
| 10 | 2.536 |
| TOTAL | 12.868 |

Elaboração: FGV

2.3.3 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

| Elevatória | Vazão (l/s) | Hm (mca) | Potência (CV) | Diâmetro (mm) | Extensão (m) |
|----------------|-------------|----------|---------------|---------------|--------------|
| ETE Centro | 3,00 | 10,8 | 2,33 | 80 | 338 |
| 4 | 26,10 | 19,6 | 11,56 | 200 | 2.853 |
| 5 Gogó do Sapo | 1,78 | 36,1 | 2,80 | 100 | 288 |
| Camata | 68,20 | 12,2 | 16,05 | 300 | 1.997 |
| 8 | 3,30 | 16,1 | 3,80 | 80 | 170 |
| Centro | 1,70 | 12,3 | 1,75 | 80 | 347 |
| Igreja | 3,10 | 5,8 | 1,21 | 80 | 101 |
| Lagoa | 4,00 | 5,1 | 1,22 | 80 | 108 |
| TOTAL | | | | | 6.202 |

Elaboração: FGV

2.3.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

As duas unidades de tratamento existentes serão desativadas. A nova estação, em construção, será composta de duas lagoas anaeróbias e duas lagoas facultativas, com capacidade para 40,27 l/s de vazão média.

O corpo receptor do efluente tratado é o Rio Itaúnas 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 Pedro Canário e a Cesan tem validade até 23/09/2049.

3.1 Ações Previstas no PMSB

O PMSB de **Pedro Canário** 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 | Empreendimento PMSB | Prazo Inicial definido PMSB | Prazo Final definido PMSB |
|--------------|-------|--|-----------------------------|---------------------------|
| Quadro 20 | 14 | Revisão do contrato de concessão com a Cesan definindo prioridades para expansão dos sistemas | 2022 | 2025 |
| Quadro 20 | 15 | 1ª etapa de ampliação da rede de esgotamento sanitário no núcleo urbano | 2022 | 2025 |
| Quadro 20 | 17 | Eliminação do descarte de efluente nas redes de macro e microdrenagem, e nos pequenos mananciais | 2026 | 2031 |
| Quadro 20 | 18 | 2ª etapa de ampliação da rede de esgotamento sanitário no núcleo urbano | 2026 | 2031 |
| Quadro 20 | 20 | 3ª etapa de ampliação da rede de esgotamento sanitário no núcleo urbano até universalização | 2032 | 2038 |

Fonte: PMSB de Pedro Canário. 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 PEDRO CANÁRIO, no período de concessão é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5

Metas de Cobertura do SES

| Ano | Meta | Ano | Meta |
|------|-------|------|-------|
| 2022 | 67% | 2036 | >=90% |
| 2023 | 78,7% | 2037 | >=90% |
| 2024 | 78,7% | 2038 | >=90% |
| 2025 | 78,7% | 2039 | >=90% |
| 2026 | 88,5% | 2040 | >=90% |
| 2027 | 88,6% | 2041 | >=90% |
| 2028 | 88,6% | 2042 | >=90% |
| 2029 | 88,6% | 2043 | >=90% |
| 2030 | 88,6% | 2044 | >=90% |
| 2031 | >=90% | 2045 | >=90% |
| 2032 | >=90% | 2046 | >=90% |

| | | | |
|------|-------|------|-------|
| 2033 | >=90% | 2047 | >=90% |
| 2034 | >=90% | 2048 | >=90% |
| 2035 | >=90% | 2049 | >=90% |

Fonte: Contrato de Programa de Pedro Canário. Elaboração: FGV

Outro indicador contemplado no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGRAMA PEDRO CANÁRIO, se refere a Incidência das análises de demanda biológica de oxigênio (DBO) na saída do tratamento dentro do padrão estabelecido, conforme demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6

Metas de Incidência das análises de DBO dentro do padrão estabelecido

| Ano | Meta | Ano | Meta |
|------|------|------|------|
| 2022 | 70% | 2036 | 87% |
| 2023 | 70% | 2037 | 87% |
| 2024 | 70% | 2038 | 87% |
| 2025 | 75% | 2039 | 87% |
| 2026 | 75% | 2040 | 87% |
| 2027 | 80% | 2041 | 87% |
| 2028 | 80% | 2042 | 87% |
| 2029 | 85% | 2043 | 87% |
| 2030 | 87% | 2044 | 87% |
| 2031 | 87% | 2045 | 87% |
| 2032 | 87% | 2046 | 87% |
| 2033 | 87% | 2047 | 87% |
| 2034 | 87% | 2048 | 87% |
| 2035 | 87% | 2049 | 87% |

Fonte: Contrato de Programa de Pedro Canário. 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 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 7 e 8.

Quadro 7
População – IBGE 2010

| Situação da população | 2010 | Representatividade |
|-----------------------|---------------|--------------------|
| Urbano | 22.053 | 92,68% |
| Rural | 1.741 | 7,32% |
| Total | 23.794 | 100% |

Fonte: Recenseamento Geral do Brasil (IBGE 2010)

Quadro 8
Parâmetros de População e Domicílios

| Descrição | Dados |
|---|--------|
| Total de Economias Residenciais Ativas e Inativas de Água (Sincop 2022) | 8.404 |
| Taxa de Ocupação dos Domicílios Urbanos (IBGE 2010) | 0,8719 |
| Número de Pessoas Por Domicílios Urbanos (IBGE 2010) | 3,3177 |
| População Total (Prévia IBGE 2022) | 21.343 |
| Participação da População dos Distritos Atendidos pela CESAN | 1,00 |
| Proporção da População Urbana dos Distritos Atendidos pela CESAN | 0,9268 |

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 **Pedro Canário**, oriundos da metodologia descrita no item 4.2, estão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9**Resultado do Estudo Populacional e de Domicílios - Área Urbana**

| Ano | Projeção Populacional | Taxa de Crescimento Anual (%) | Domicílios | Taxa de Crescimento Anual (%) |
|------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 2022 | 19.781 | 1,50% | 8.404 | 2.93% |
| 2023 | 20.079 | 1,50% | 8.650 | 2.92% |
| 2024 | 20.380 | 1,50% | 8.902 | 2.92% |
| 2025 | 20.687 | 1,50% | 9.163 | 2.92% |
| 2026 | 20.998 | 1,50% | 9.430 | 2.92% |
| 2027 | 21.313 | 1,50% | 9.706 | 2.92% |
| 2028 | 21.634 | 1,50% | 9.990 | 2.92% |
| 2029 | 21.959 | 1,50% | 10.282 | 2.92% |
| 2030 | 22.289 | 1,50% | 10.582 | 2.92% |
| 2031 | 22.624 | 1,50% | 10.892 | 2.92% |
| 2032 | 22.964 | 1,50% | 11.211 | 2.93% |
| 2033 | 23.309 | 1,50% | 11.538 | 2.92% |
| 2034 | 23.660 | 1,50% | 11.875 | 2.93% |
| 2035 | 24.015 | 1,50% | 12.223 | 2.92% |
| 2036 | 24.376 | 1,50% | 12.580 | 2.92% |
| 2037 | 24.743 | 1,50% | 12.948 | 2.92% |
| 2038 | 25.115 | 1,50% | 13.326 | 2.93% |
| 2039 | 25.492 | 1,50% | 13.716 | 2.92% |
| 2040 | 25.875 | 1,50% | 14.117 | 2.92% |
| 2041 | 26.264 | 1,50% | 14.529 | 2.92% |
| 2042 | 26.659 | 1,50% | 14.954 | 2.92% |
| 2043 | 27.060 | 1,50% | 15.392 | 2.92% |
| 2044 | 27.466 | 1,50% | 15.842 | 2.92% |
| 2045 | 27.879 | 1,50% | 16.305 | 2.92% |
| 2046 | 28.299 | 1,50% | 16.781 | 2.92% |
| 2047 | 28.724 | 1,50% | 17.272 | 2.92% |
| 2048 | 29.156 | 1,50% | 17.777 | 2.92% |
| 2049 | 29.594 | 1,50% | 18.296 | 2.92% |

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, para evitar fadiga nas partes elétricas das instalações. Por outro lado, períodos de detenção

² Dados de Crescimento Vegetativo no ano de 2022.

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 dezembro de 2024, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 85% em 2024, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

Quadro 10
Projeção do Índice de Cobertura

| Ano | Índice de Cobertura | Ano | Índice de Cobertura |
|------|---------------------|------|---------------------|
| 2022 | 66,2% | 2036 | 90,0% |
| 2023 | 66,2% | 2037 | 90,0% |
| 2024 | 84,5% | 2038 | 90,0% |
| 2025 | 84,5% | 2039 | 90,0% |
| 2026 | 89,7% | 2040 | 90,0% |
| 2027 | 89,7% | 2041 | 90,0% |
| 2028 | 89,7% | 2042 | 90,0% |
| 2029 | 89,7% | 2043 | 90,0% |
| 2030 | 89,7% | 2044 | 90,0% |
| 2031 | 90,0% | 2045 | 90,0% |
| 2032 | 90,0% | 2046 | 90,0% |
| 2033 | 90,0% | 2047 | 90,0% |
| 2034 | 90,0% | 2048 | 90,0% |
| 2035 | 90,0% | 2049 | 90,0% |

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 11.

Quadro 11

Dados para Projeção do Volume Coletado de Esgoto por Habitante

| Descritivo | Unidade | Referência | Quantidade |
|--|---------------------|------------|------------|
| Volume de Água Total Acumulado (Medido + Estimado) | m ³ | 2022 | 827.997 |
| População Atendida | hab | 2022 | 19.781 |
| Per Capita | l/hab/dia | 2022 | 114,68 |
| Volume Coletado Estimado por habitante | m ³ /mês | - | 2,75 |

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 2,75 (114,68 x 30 x 0,80 ÷ 1.000) m³/mês por habitante.

6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE

O Quadro 12 apresenta a vazão média estimada para o tratamento proposto neste projeto. As projeções levaram em consideração a per capital atual (Quadro 11) e a fórmula descrita no item 5.1.7.

Quadro 12

Distrito Sede - Vazão Média Afluente

| Ano | Vazão Média Afluente | Ano | Vazão Média Afluente |
|------|----------------------|------|----------------------|
| 2023 | 16,44 | 2037 | 26,79 |
| 2024 | 18,34 | 2038 | 27,12 |
| 2025 | 18,55 | 2039 | 27,45 |
| 2026 | 23,44 | 2040 | 27,79 |
| 2027 | 23,71 | 2041 | 28,14 |
| 2028 | 23,99 | 2042 | 28,49 |
| 2029 | 24,27 | 2043 | 28,85 |
| 2030 | 24,56 | 2044 | 29,22 |
| 2031 | 24,92 | 2045 | 29,59 |
| 2032 | 25,22 | 2046 | 29,97 |
| 2033 | 25,52 | 2047 | 30,35 |
| 2034 | 25,83 | 2048 | 30,74 |
| 2035 | 26,14 | 2049 | 31,12 |
| 2036 | 26,46 | | |

Fonte: Elaboração: FGV

Quadro 13
Distrito de Cristal - Vazão Média Afluente

| Ano | Vazão Média Afluente | Ano | Vazão Média Afluente |
|------|----------------------|------|----------------------|
| 2023 | 2,56 | 2037 | 4,17 |
| 2024 | 2,85 | 2038 | 4,22 |
| 2025 | 2,88 | 2039 | 4,27 |
| 2026 | 3,64 | 2040 | 4,32 |
| 2027 | 3,69 | 2041 | 4,38 |
| 2028 | 3,73 | 2042 | 4,43 |
| 2029 | 3,77 | 2043 | 4,49 |
| 2030 | 3,82 | 2044 | 4,54 |
| 2031 | 3,87 | 2045 | 4,60 |
| 2032 | 3,92 | 2046 | 4,66 |
| 2033 | 3,97 | 2047 | 4,72 |
| 2034 | 4,02 | 2048 | 4,78 |
| 2035 | 4,07 | 2049 | 4,84 |
| 2036 | 4,11 | | |

Fonte: Elaboração: FGV

Quadro 14
Distrito de Floresta do Sul - Vazão Média Afluente

| Ano | Vazão Média Afluente | Ano | Vazão Média Afluente |
|------|----------------------|------|----------------------|
| 2023 | 0,65 | 2037 | 1,06 |
| 2024 | 0,73 | 2038 | 1,08 |
| 2025 | 0,74 | 2039 | 1,09 |
| 2026 | 0,93 | 2040 | 1,10 |
| 2027 | 0,94 | 2041 | 1,12 |
| 2028 | 0,95 | 2042 | 1,13 |
| 2029 | 0,96 | 2043 | 1,14 |
| 2030 | 0,97 | 2044 | 1,16 |
| 2031 | 0,99 | 2045 | 1,17 |
| 2032 | 1,00 | 2046 | 1,19 |
| 2033 | 1,01 | 2047 | 1,20 |
| 2034 | 1,02 | 2048 | 1,22 |
| 2035 | 1,04 | 2049 | 1,24 |

| | | | |
|------|------|--|--|
| 2036 | 1,05 | | |
|------|------|--|--|

Fonte: Elaboração: FGV

6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto

O Quadro 15 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 15

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 |

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

6.5 Rede Coletora e Elevatórias

Estão em andamento as obras do SES Pedro Canário, com previsão de conclusão em dezembro de 2024, conforme detalhado no item 2.2. Após a conclusão das obras, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 85,8% em 2024, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

No ano de 2026 foi considerado um investimento para a execução de aproximadamente 6 km de rede coletora, 2 estações elevatórias e 879 m de linha de recalque para a ampliação do sistema de esgoto do Distrito de Cristal.

Para os demais anos foram consideradas obras de expansão de rede coletora na sede e distritos e 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 12 e 13, verifica-se que a ETE Sede a ser entregue em 2024, com capacidade 40,2 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.

No ano de 2026 foi previsto a implantação de uma nova ETE no distrito de Cristal, com capacidade de 5 l/s de vazão média e uma nova ETE Floresta do Sul com capacidade de 2 l/s de vazão média. Essas estações irão atender 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 **Pedro Canário**, conforme demonstrado na figura 2.

Figura 2
Mapa SES – Pedro Canário

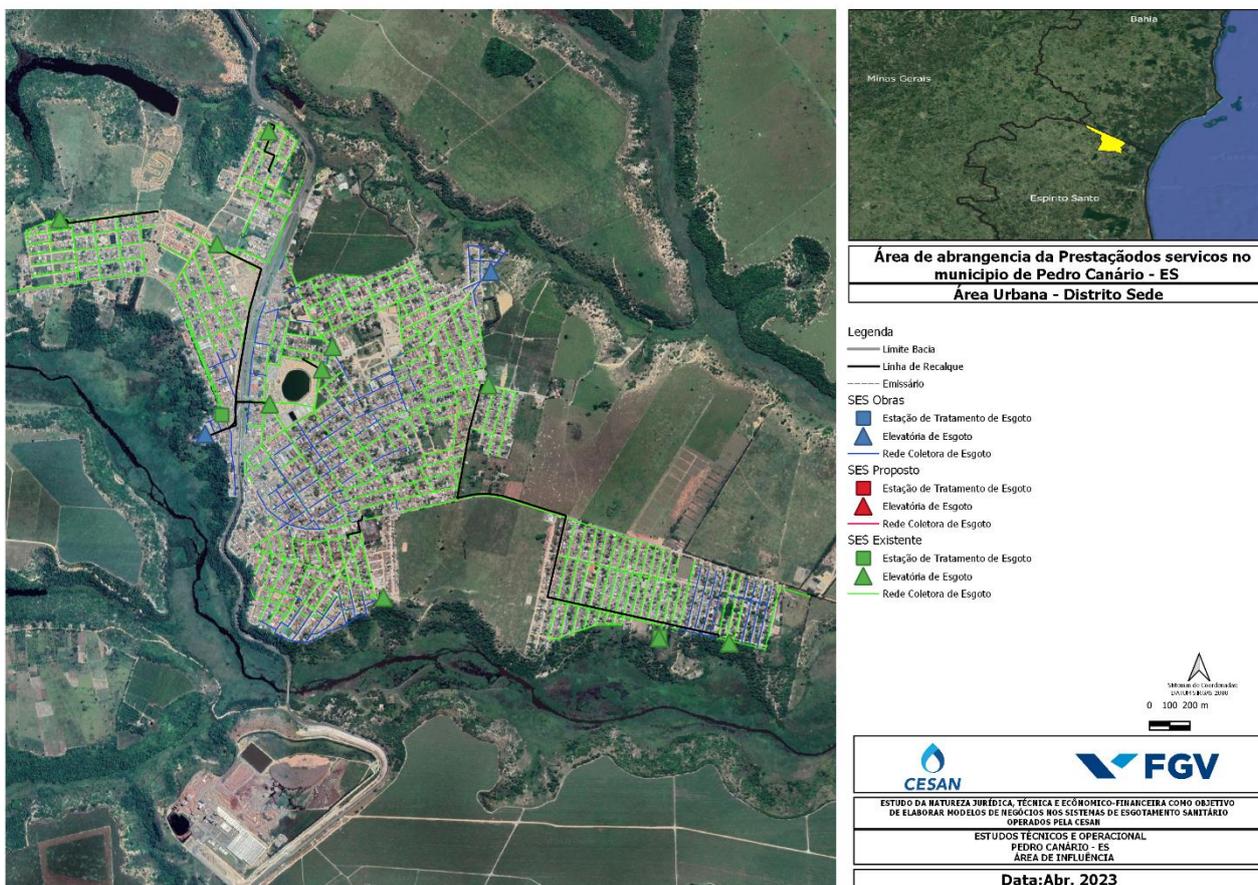


Figura 3
Mapa SES – Distrito de Floresta do Sul

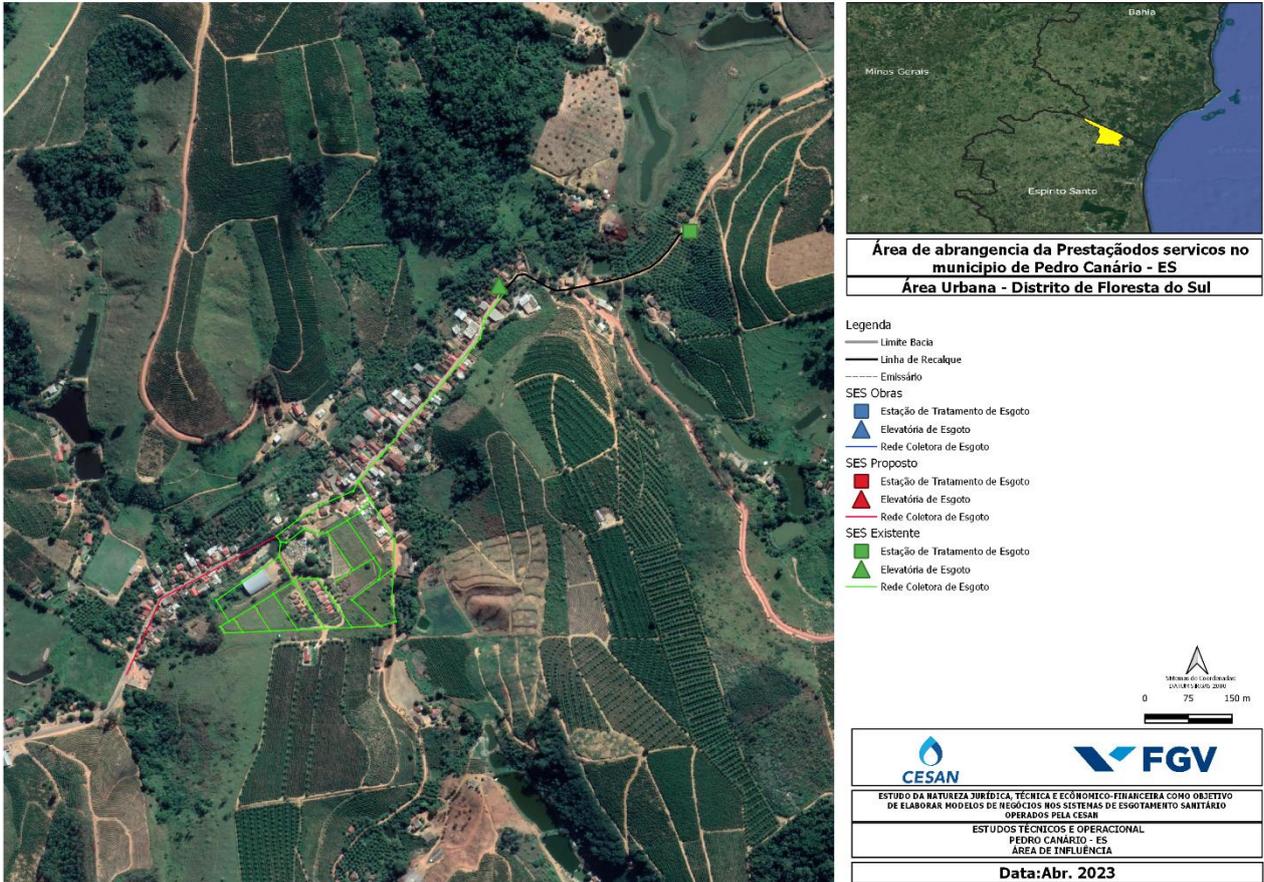
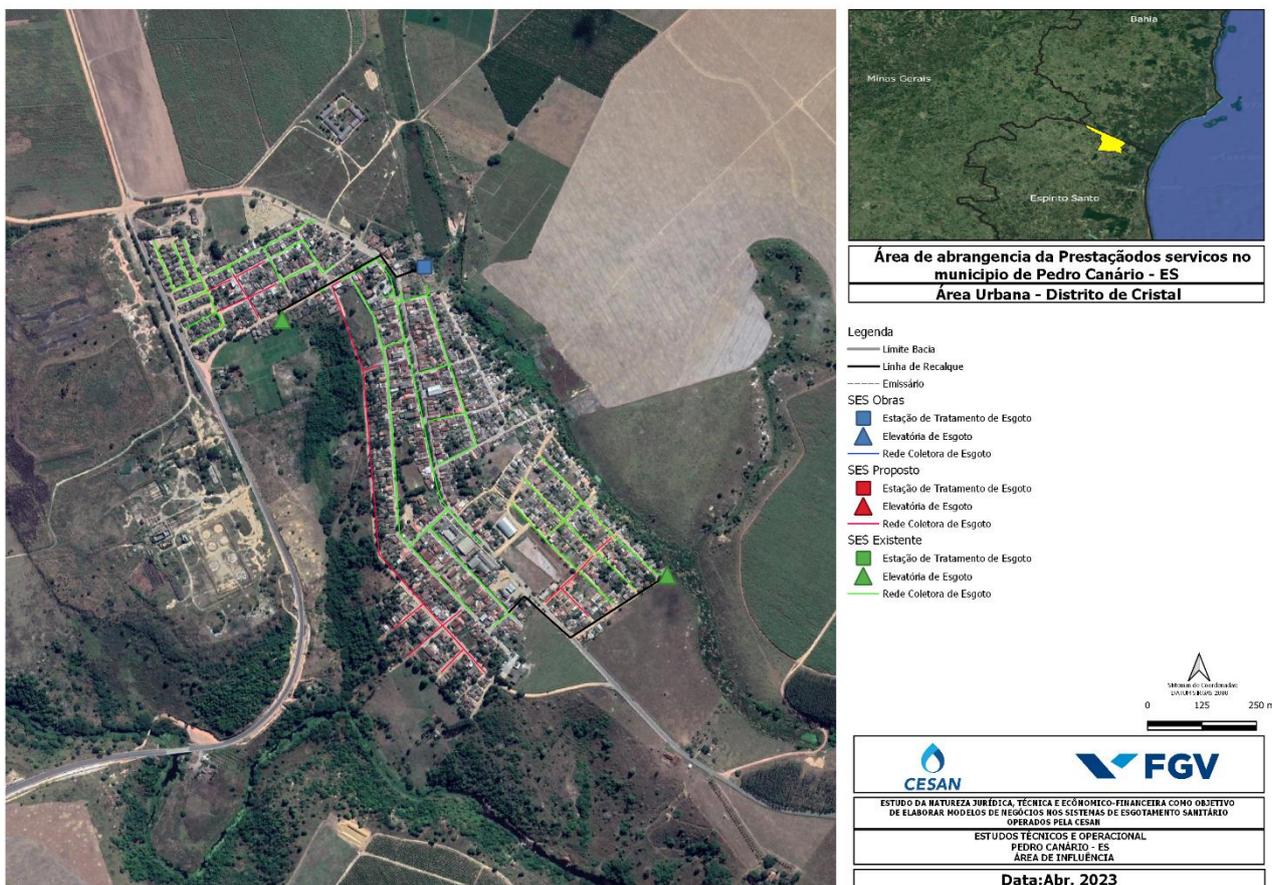


Figura 4
Mapa SES – Distrito de Cristal



7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS

REFERENCIAIS

Como é um sistema de esgotamento sanitário em operação, 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 (2049) foi considerado um período de 9 (nove) meses de operação, tendo em vista o término do Contrato de Programa em setembro, 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 **Pedro Canário**.

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 16.

Quadro 16
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: $y = a * e^{\frac{b}{x}}$

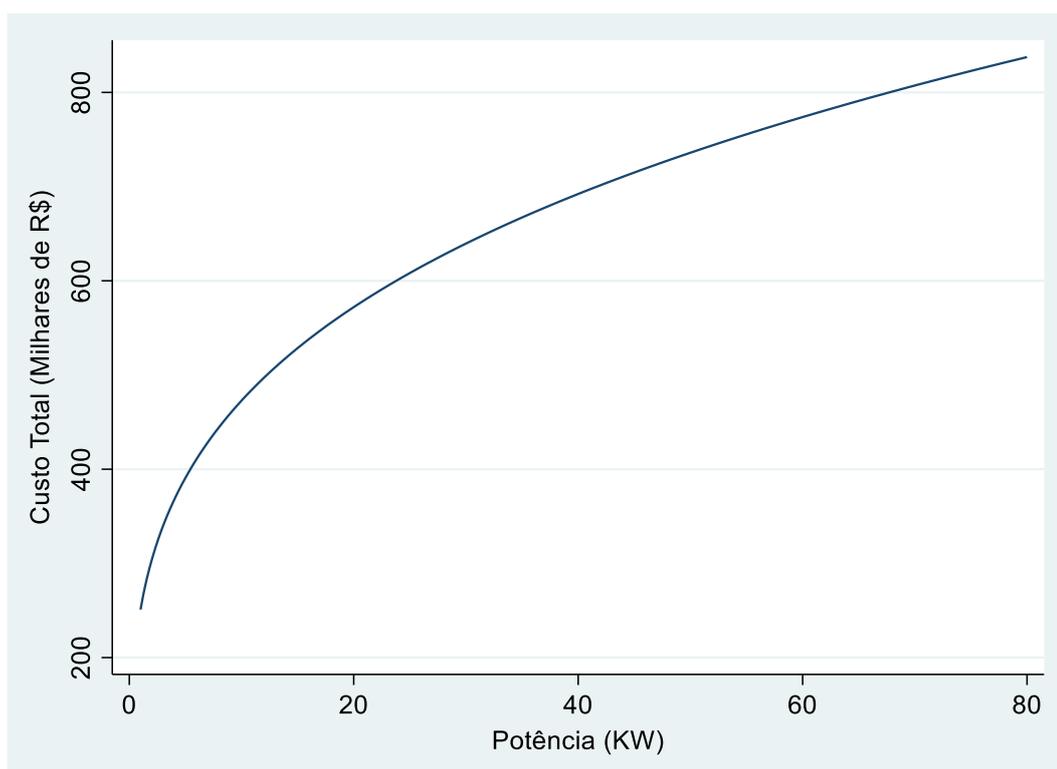
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele

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 4
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.

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 $x = \text{potência}$.

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

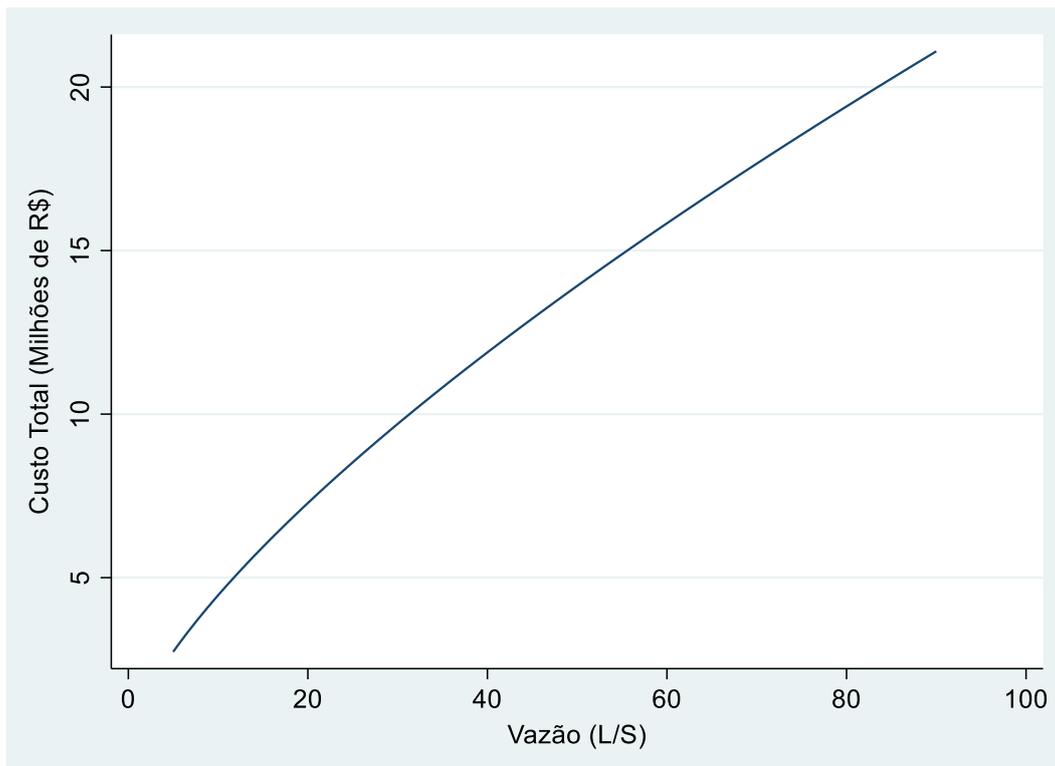
- **Terceira etapa:** é escolhido o modelo que melhor se adequa aos dados (1 entre os 7 modelos estimados). Considera-se que o modelo que mais se adequa aos dados é aquele que apresenta maior R-quadrado. Mais precisamente, o modelo escolhido foi o de curva de vazão apresentado abaixo⁶:

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

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 5
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 17 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 17

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 (Iriri) | - | - | 71.662,21 | 2,65% | - | - |
| Apiacá | 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 **Pedro Canário**.

Quadro 18
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

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 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 **Pedro Canário**, lagoas anaeróbias e facultativas, não utiliza produtos químicos no processo.

O processo previsto para os distritos de Cristal e Floresta do Sul, reator anaeróbio, biofiltro aerado e decantador secundário, também não utiliza produtos químicos.

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 da sede municipal de **Pedro Canário** em dezembro de 2024, ficando a nova Concessionária responsável pelas obras de ampliação do SES de **Cristal e Floresta do Sul** em 2026, pela operação, manutenção de todo os sistemas do município, bem como ampliar o sistema a ser entregue através de expansão de rede e crescimento vegetativo, com o objetivo de alcançar/manter a universalização da coleta e tratamento de esgoto e atingir as metas estabelecidas entre CESAN e futura Concessionária.