

**Companhia Espírito Santense de Saneamento -  
CESAN**

**Estudo Técnico e Operacional**

**007 – Irupi/ES**

**20 de março de 2023**



## Sumário

<b>1. DADOS GERAIS .....</b>	<b>4</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL .....</b>	<b>5</b>
2.1    Sistemas Existentes .....	5
2.2    Obras em Execução .....	6
2.2.1    Ligações e Economias .....	6
2.2.2    Redes .....	7
2.2.3    Elevatórias .....	7
2.2.4    Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	7
<b>3. AÇÕES DO PMSB E METAS DO CP .....</b>	<b>8</b>
3.1    Ações Previstas no PMSB.....	8
3.2    Metas do Contrato de Programa.....	9
<b>4. ESTIMATIVA POPULACIONAL E DE DOMICÍLIOS .....</b>	<b>11</b>
4.1    Dados de Referência.....	11
4.2    Metodologia de Cálculo.....	11
4.3    Projeção Populacional e de Domicílios.....	13
<b>5. PARÂMETROS DE PROJETO .....</b>	<b>15</b>
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.....	15
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
<b>6. PROJEÇÕES DO SES.....</b>	<b>23</b>
6.1    Índice de Cobertura .....	23
6.2    Volume Coletado Estimado .....	23
6.3    Vazão de Entrada e Saída da ETE.....	24
6.4    Eficiência do Tratamento do Esgoto.....	24

6.5	Rede Coletora .....	25
6.6	Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	26
6.7	Sistemas Interligados.....	26
6.8	Pro-Rural.....	26
6.9	Mapa do SES .....	26
<b>7.</b>	<b>INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS .....</b>	<b>27</b>
7.1	Investimentos (Capex).....	28
7.1.1	Obras .....	28
7.1.2	Curva Paramétrica .....	28
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 .....	30
7.1.3	Projetos Executivos, Canteiros de Obras e Administração Local .....	32
7.1.4	Reinvestimento em Melhorias Operacionais do SES.....	33
7.1.5	Serviços Comerciais .....	33
7.2	Custos e Despesas de Operação e Manutenção (Opex).....	34
7.2.1	Pessoal .....	34
7.2.2	Energia Elétrica .....	35
7.2.3	Produtos Químicos .....	35
7.2.4	Remoção de Lodo .....	35
7.2.5	Outras Despesas .....	35
7.2.6	Despesas Fiscais e Tributárias .....	35
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>

## INTRODUÇÃO

O documento apresentado denominado **Estudo Técnico e Operacional** para o município de **Irupi/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 **Irupi/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 **Irupi/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 **Irupi** está localizado na região sudoeste do estado do Espírito Santo, divisa com os municípios de Lúna/ES e Ibatiba/ES, em área de contribuição da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim.

O Município está a 199 km da capital do estado, possuindo 35 comunidades, 2 (dois) distritos: Sede e Santa Cruz de Irupi, no qual a área de abrangência da concessão da CESAN, atualmente, é toda área do município.

A população de **Irupi**, conforme dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ano de 2022 é de 13.328 habitantes.

**Figura 1**

**Mapa de Localização – Município de Irupi/ES**



No que tange, a topografia, segundo dados do INCAPER - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, a Sede apresenta uma altitude que chega a 730m.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO SES ATUAL

### 2.1 Sistemas Existentes

De acordo com as informações extraídas do Sistema de Informações do Controle Operacional da CESAN (Sincop), referência 2022, o SES de **Irupi** não possui redes de esgoto cadastradas, entretanto já foi executada uma etapa de obra que assentou aproximadamente 10 km de rede e de acordo com memorial descritivo também foram identificadas como existente aproximadamente 4 (quatro) km de rede executadas pelo município, ambas ainda não foram incorporadas ao cadastro da CESAN.

As 3 (três) Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) localizadas no município, do tipo fossa filtro, não são operadas pela CESAN e possuem previsão de desativação pela municipalidade, ao findo das obras em andamento que estão sendo realizadas pela CESAN, ou seja, essas estações não são ativos cadastrados pela Companhia.

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

**Quadro 1**  
**Informações de Irupi**

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
Rede de Esgoto	m	2022	14.000
Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)	und	2022	-
Estações Elevatórias de Esgoto (EEE)	und	2022	-
Ligações Ativas de Água	lig	2022	1.543
Ligações Inativas de Água	lig	2022	200
Ligações Ativas + Inativas de Água	lig	2022	1.743
Ligações Residenciais Ativas de Água	lig	2022	1.380
Ligações Residenciais Inativas de Água	lig	2022	164
Ligações Residenciais Ativas + Inativas de Água	lig	2022	1.544
Economias Ativas de Água	eco	2022	1.871
Economias Inativas de Água	eco	2022	225
Economias Ativas + Inativas de Água	eco	2022	2.096
Economias Residenciais Ativas de Água	eco	2022	1.686
Economias Residenciais Inativas de Água	eco	2022	187
Economias Residenciais Ativas + Inativas de Água	eco	2022	1.873

Descritivo	Unidade	Referência	Quantidade
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	-
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 <sup>3</sup>	2022	239.223
Índice de Hidrometração	%	2022	100
Índice de Cobertura	%	2022	-
Índice de Atendimento (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água)	%	2022	-

Fonte: Sincop. Elaboração: FGV

A Sede do município de **Irupi**, conforme apresentado no Quadro 1, possui 1.873 economias residenciais ativas e inativas de água, no ano de 2022.

## 2.2 Obras em Execução

Estão em andamento as obras do SES **Irupi**, com previsão de conclusão em dezembro de 2023, com mais 12 meses de operação assistida, sendo implementado nesse período a atualização do cadastro comercial, notificação dos clientes e início efetivo de faturamento e cobrança.

As obras de ampliação do SES, cujo escopo licitado no edital NCB007/2021 prevê a execução de 827 m de rede coletoras e interceptores, 1.345 ligações prediais e intradomiciliares, conclusão de 2 (duas) estações elevatórias, conclusão da implantação da ETE de 12 l/s, 492 m de emissário, 46 m de linhas de recalque e demais serviços de complementação das linhas de recalque.

### 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 e absorção das bacias já

implantadas, estima-se que o sistema de esgoto terá em 2024, aproximadamente, 95% dos domicílios cobertos (redes), com índice de atendimento de 90,25% (ligações ativas de esgoto / ligações ativas de água).

## 2.2.2 Redes

As redes, coletores e interceptores, previstos ao término das obras do SES **Irupi** são apresentados no Quadro 2, considerando que aproximadamente 10 km de rede executadas em contrato anterior e que existe no município, conforme memorial descritivo, aproximadamente 4 (quatro) km de redes executada pelo município, ambas serão incorporados ao cadastro da CESAN ao término dessa obra.

**Quadro 2**  
**Detalhamento da Rede Coletora, Coletores e Interceptores**

Bacia	Extensão (m)
C	827
<b>TOTAL</b>	<b>827</b>

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, considerando que aproximadamente 600 m de linha de recalque foram executados em contrato anterior e serão incorporados ao cadastro da CESAN ao término dessa obra.

**Quadro 3**  
**Estações Elevatórias e Linhas de Recalque**

Bacia	Vazão (l/s)	Hm (mca)	Potência (CV)	Diâmetro (mm)	Extensão (m)
B	19,03	12,82	7,6	150	-
C	24,91	7,06	5,3	200	46
<b>TOTAL</b>					<b>46</b>

Elaboração: FGV

## 2.2.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A estação de tratamento prevista é do tipo UASB com vazão de 12 l/s.

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);
- Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB);
- Filtro Biológico Aerado Submerso Nitrificante (FBASN);
- Decantador Secundário (DS); e
- Leito de secagem.

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

#### 3.1 Ações Previstas no PMSB

O PMSB de **Irupi** 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
Quadro 20	09	Implementação de rede coletora de esgotos atendendo toda a população	2019	2021
Quadro 20	13	Estruturação do sistema de tratamento de esgotos para que a totalidade do município tenha esgoto devidamente tratado e de forma eficiente	2026	2031
Quadro 20	14	Tratamento adequado de esgoto em toda a extensão municipal, por meio de soluções alternativas, atingindo a universalização	2032	2038

Fonte: PMSB de Irupi. Elaboração: FGV

Cabe salientar que no PMSB de Irupi 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 20	11	Identificação dos Lançamentos irregulares/clandestinos	2022	2025
Quadro 20	10	Promoção de campanhas de conscientização em relação ao descarte irregular de esgoto, bem como descarte de óleos diretamente nas redes e reaproveitamento das águas cinzas para atividades cotidianas	2019	2021

Fonte: PMSB de Irupi. 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 IRUPI, no período de concessão é apresentado no Quadro 6.

**Quadro 6**  
**Metas de Cobertura do SES**

Ano	Meta	Ano	Meta
2022	0%	2035	>=90%
2023	0%	2036	>=90%
2024	89,6%	2037	>=90%
2025	89,6%	2038	>=90%
2026	89,6%	2039	>=90%
2027	89,6%	2040	>=90%
2028	89,7%	2041	>=90%
2029	89,7%	2042	>=90%
2030	89,7%	2043	>=90%
2031	>=90%	2044	>=90%

Ano	Meta	Ano	Meta
2032	>=90%	2045	>=90%
2033	>=90%	2046	>=90%
2034	>=90%		

Fonte: Contrato de Programa de Irupi. Elaboração: FGV

Outro indicador contemplado no TERMO ADITIVO DE CONTRATO DE PROGAMA DE IRUPI, 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	60%	2038	87%
2026	85%	2039	87%
2027	85%	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%
2034	87%		

Fonte: Contrato de Programa de Irupi. 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	4.437	37,85%
Rural	7.286	62,15%
<b>Total</b>	<b>11.723</b>	<b>100,00%</b>

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)	1.873
Taxa de Ocupação dos Domicílios Urbanos (IBGE 2010)	0,88
Número de Pessoas Por Domicílios Urbanos (IBGE 2010)	2,91
População Total (Prévia IBGE 2022)	13.328
Participação da População dos Distritos Atendidos pela CESAN	0,85
Proporção da População Urbana dos Distritos Atendidos pela CESAN	0,39

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 erro<sup>1</sup>):

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

---

<sup>1</sup> 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 **Irupi**, oriundos da metodologia descrita no item 4.2, estão apresentados no Quadro 10.

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

<b>Ano</b>	<b>Projeção Populacional</b>	<b>Taxa de Crescimento Anual (%)</b>	<b>Domicílios</b>	<b>Taxa de Crescimento Anual (%)</b>
2022	4.361	1,65%	1.873	2,44%
2023	4.433	1,65%	1.918	2,42%
2024	4.506	1,65%	1.964	2,39%
2025	4.580	1,65%	2.011	2,37%
2026	4.656	1,65%	2.058	2,35%
2027	4.732	1,65%	2.106	2,32%
2028	4.810	1,65%	2.154	2,30%
2029	4.889	1,65%	2.203	2,28%
2030	4.970	1,65%	2.253	2,26%
2031	5.052	1,65%	2.303	2,24%
2032	5.135	1,65%	2.354	2,21%
2033	5.219	1,65%	2.406	2,20%
2034	5.305	1,65%	2.458	2,17%
2035	5.393	1,65%	2.511	2,15%
2036	5.481	1,65%	2.565	2,13%
2037	5.572	1,65%	2.619	2,11%
2038	5.663	1,65%	2.674	2,10%
2039	5.757	1,65%	2.729	2,08%
2040	5.851	1,65%	2.785	2,06%
2041	5.948	1,65%	2.842	2,04%
2042	6.046	1,65%	2.900	2,02%
2043	6.145	1,65%	2.958	2,00%
2044	6.246	1,65%	3.016	1,98%
2045	6.349	1,65%	3.076	1,97%
2046	6.454	1,65%	3.136	1,95%

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/m<sup>2</sup> 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:

$\sigma$  - Tensão trativa média (Pa);

$\gamma$  - 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 CESAN<sup>2</sup>. 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

---

<sup>2</sup> 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 ( $K3$ ), 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 2023, o índice de cobertura para este município deverá ser de aproximadamente 95% em 2024, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

Salienta-se que as obras do SES **Irupi** contemplam as ligações intradomiciliares, ou seja, ao final da obra os imóveis estarão interligados ao SES, com cobrança ativa de esgoto.

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	95%
2023	-	2036	95%
2024	95%	2037	95%
2025	95%	2038	95%
2026	95%	2039	95%
2027	95%	2040	95%
2028	95%	2041	95%
2029	95%	2042	95%
2030	95%	2043	95%
2031	95%	2044	95%
2032	95%	2045	95%
2033	95%	2046	95%
2034	95%		

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 <sup>3</sup>	2022	239.223
População Atendida	hab	2022	4.361
Per Capita	l/hab/dia	2022	150,28
Volume Coletado Estimado por habitante	m <sup>3</sup> /mês	-	3,61

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 3,61 (150,28 x 30 x 0,80 ÷ 1.000) m<sup>3</sup>/mês por habitante.

### 6.3 Vazão de Entrada e Saída da ETE

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

**Quadro 13**  
**Vazão Média Afluente**

Ano	Vazão Média Afluente	Ano	Vazão Média Afluente
2025	7,24	2036	8,53
2026	7,34	2037	8,65
2027	7,45	2038	8,78
2028	7,55	2039	8,90
2029	7,66	2040	9,03
2030	7,85	2041	9,16
2031	7,96	2042	9,29
2032	8,07	2043	9,42
2033	8,18	2044	9,56
2034	8,30	2045	9,69
2035	8,41	2046	9,83

Fonte: Elaboração: FGV

### 6.4 Eficiência do Tratamento do Esgoto

O Quadro 13 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
<b>Lagoas</b>				
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
<b>Reatores</b>				
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
<b>Lodos</b>				
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
<b>Filtros</b>				
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
<b>Biofiltros</b>				
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

Estão em andamento as obras do SES **Irupi**, 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 95% em 2024, atendendo assim as metas de cobertura contidas no CP, apresentado no Quadro 6, do item 3.2.

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

## **6.6 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)**

Conforme demonstrado nos Quadros 13 e 14, verifica-se que a ETE a ser entregue em 2024, com capacidade 12 l/s, atende as projeções do volume estimado para final de CP, bem como a eficiência no tratamento do esgoto pactuados com a municipalidade, assim, não sendo necessário ampliação, apenas sua manutenção.

## **6.7 Sistemas Interligados**

O município de **Irupi** não possui sistemas interligados com outros municípios.

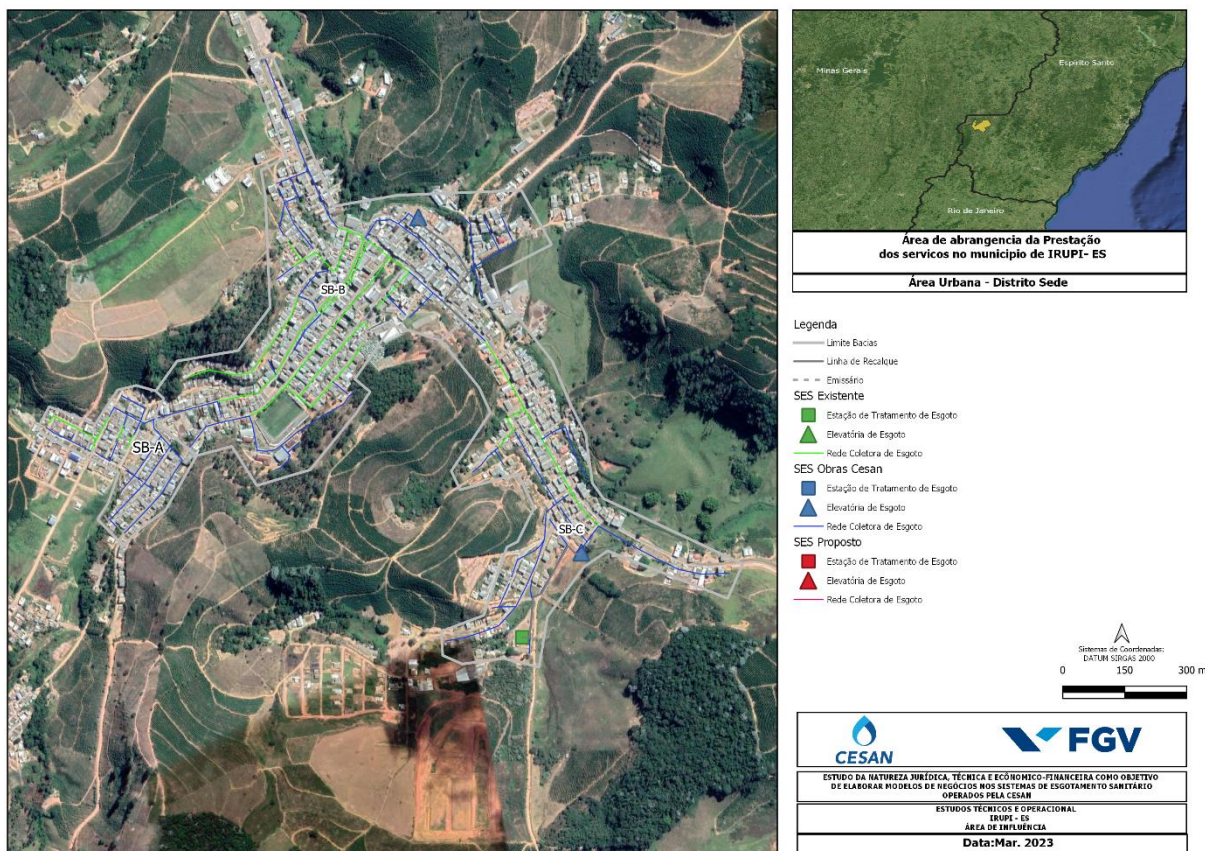
## **6.8 Pro-Rural**

Há a previsão de assunção do pró-rural da comunidade de Santa Cruz de Irupi e Vila do Trevo, que possuem aproximadamente 320 ligações.

## **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 **Irupi**, conforme demonstrado na figura 2.

**Figura 2**  
**Mapa SES – Irupi**



## 7. INVESTIMENTOS, CUSTOS E DESPESAS OPERACIONAIS REFERENCIAIS

Com expectativa de conclusão das obras do SES **Irupi** para dezembro de 2023, com mais 12 meses de operação assistida, sendo implementado 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 6 (seis) meses de operação assistida da Cesan e a nova Concessionária e 6 (seis) meses de operação efetiva.

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 Irupi.

### 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 erro<sup>3</sup>):

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

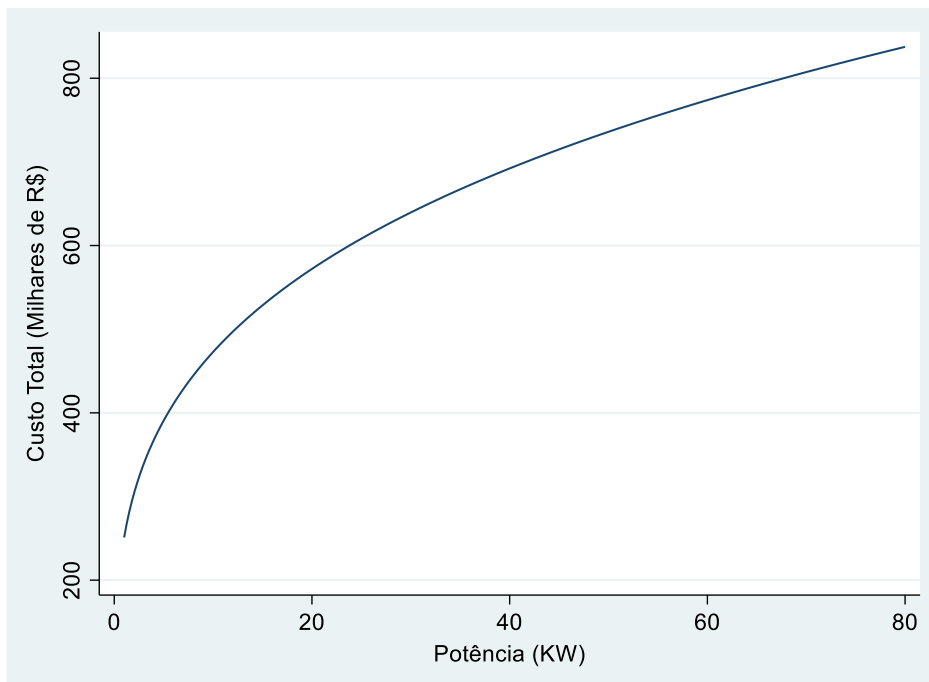
---

<sup>3</sup> 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 abaixo<sup>4</sup>:

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

**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).

---

<sup>4</sup> 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  $x = \text{potência}$ .

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 erro<sup>5</sup>):

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 abaixo<sup>6</sup>:

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

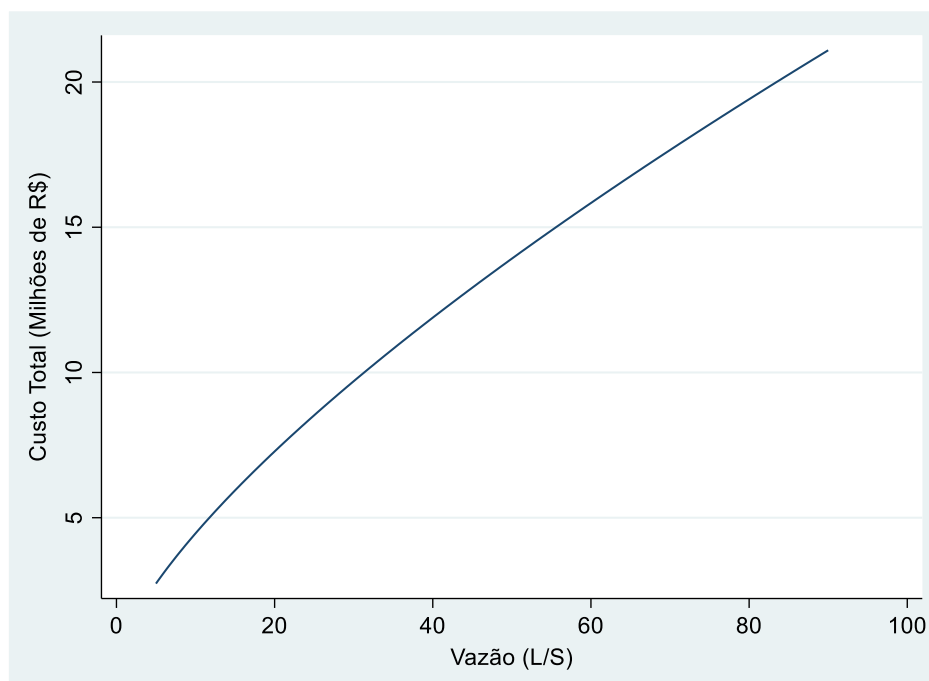
**Figura 4**  
**Curva de Custo x Vazão**

---

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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%
<b>Média Ponderada</b>		<b>0,45%</b>		<b>1,74%</b>		<b>6,19%</b>

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 Irupi.

**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 <sup>2</sup> /mês
Segurança EEE	R\$ 1,73	R\$/m <sup>2</sup> /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 **Irupi**, 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 **Irupi** em dezembro de 2023, com mais 12 meses de operação assistida, ficando a nova Concessionária responsável por sua operação, manutenção, bem como ampliar o sistema a ser entregue 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 futura Concessionária.