

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL BORTOLUZZI DOS SANTOS**

**PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO DO  
MUNICÍPIO DE RIO BONITO DO IGUAÇU**

**PATO BRANCO**

**2022**

**GABRIEL BORTOLUZZI DOS SANTOS**

**PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO DO  
MUNICÍPIO DE RIO BONITO DO IGUAÇU**

**Design of a sanitary sewage system for an urban basin in the municipality of  
Rio Bonito do Iguaçu.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Cesar Augusto Medeiros Destro

**PATO BRANCO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL BORTOLUZZI DOS SANTOS**

**PRÉ-DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO DO  
MUNICÍPIO DE RIO BONITO DO IGUAÇU**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação/  
Especialização apresentado como requisito para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 29/novembro/2022

---

Cesar Augusto Medeiros Destro

Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco

---

Volmir Sabbi

Doutorado em Educação pela Universidade Estadual de Maringá Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná - Campus Pato Branco

---

Murilo Cesar Lucas

Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2022**

## RESUMO

Juntamente com o crescimento populacional e o desenvolvimento das cidades, se faz necessário a melhoria ou implantação das infraestruturas urbanas a fim suprir as demandas da população. A falta de redes de esgotamento sanitário é um problema decorrente, pois os dejetos quando não destinados ou tratados corretamente acarretam em consequências para a saúde humana. Partindo deste princípio, o município de Rio Bonito de Iguçu-PR, enfrenta problemas por não possuir um sistema de esgotamento sanitário e não descartar corretamente o esgoto gerado. O objetivo desse trabalho foi pré-dimensionar uma rede de esgotamento sanitário para uma sub-bacia do município de Rio Bonito do Iguçu-PR. Sabendo que os órgãos públicos não possuem um levantamento topográfico da área foi necessário realizar um estudo prévio através de modelos digitais de elevação, por meio de imagens de satélite, as quais foram processadas através do software QGIS. A partir disso, foi possível delimitar as bacias de esgotamento da área urbana, mediante as curvas de nível obtidas. Foi dimensionado o sistema de esgotamento com tubulações de PVC, material escolhido e utilizado pela SANEPAR, atendendo as normas vigentes para projetos de redes coletoras de esgoto através de planilhas elaboradas no software Excel. Com o auxílio do programa AutoCAD, os dados obtidos no QGIS e Excel, foram processados e apresentados em forma de projeto sobre o arruamento fornecido pelo órgão municipal. Os resultados obtidos para a maioria dos trechos foram de tubulações com o diâmetro de 150mm, diâmetro mínimo, a declividade adotada, exceto em dois casos, foi a declividade do terreno. Todos os trechos dimensionados obedeceram aos critérios de verificações de lâmina de água, tensão trativa e velocidade máxima. Os resultados do trabalho demonstram a importância da rede coletora para o bem-estar humano e as vantagens do PVC para o dimensionamento hidráulico, atentando-se para utilização da declividade do terreno para maior economia e eficiência na implantação da rede.

**Palavras-chave:** Sistema de esgotamento sanitário. Dimensionamento. Rede coletora. Curvas de nível.

## ABSTRACT

Along with population growth and the development of cities, it is necessary to improve or implement urban infrastructure in order to meet the demands of the population. The lack of sewage systems is an ongoing problem, as waste, when not properly disposed of or treated, has consequences for human health. Based on this principle, the municipality of Rio Bonito de Iguaçu-PR faces problems because it does not have a wastewater system and does not properly dispose of the generated sewage. The objective of this work was to pre-dimension a sanitary sewage system for a sub-basin in the municipality of Rio Bonito do Iguaçu-PR. Knowing that public agencies do not have a topographical survey of the area, it was necessary to carry out a previous study using digital elevation models, using satellite images, which were processed using the QGIS software. From this, it was possible to delimit the drainage basins of the urban area, through the level curves obtained. The sewage system was dimensioned with PVC pipes, material chosen and used by SANEPAR, meeting the current norms for projects of sewage systems through spreadsheets prepared in Excel software. With the help of the AutoCAD program, the data obtained in QGIS and Excel were processed and presented in the form of a project about the street layout provided by the municipal organ. The results obtained for most of the stretches were pipes with a diameter of 150mm, minimum diameter, the slope adopted, except in two cases, was the slope of the land. All dimensioned stretches obeyed the criteria for checking water depth, tensile stress and maximum speed. The results of the work demonstrate the importance of the collection network for human well-being and the advantages of PVC for hydraulic dimensioning, paying attention to the use of the slope of the land for greater economy and efficiency in the implementation of the system.

**Keywords:** Sanitary sewage system. Sizing. Collection system. Contour lines.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de um sistema de reator anaeróbio de manta de lodo ..	24
Figura 2 - Fluxograma de um sistema de lagoa facultativa .....	25
Figura 3 - Fluxograma de um sistema de lagoa anaeróbia - facultativa .....	26
Figura 4 - Fluxograma de um sistema de lagoa aerada facultativa .....	26
Figura 5 - Fluxograma de um sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação .....	27
Figura 6 - Fluxograma de um sistema de lodos ativados convencional .....	28
Figura 7 - Fluxograma de um sistema de lodos ativados – aeração prolongada .....	29
Figura 8 - Fluxograma de um sistema de lodos ativados – fluxo intermitente ..	30
Figura 9 - Tubo de concreto .....	34
Figura 10 - Tubo de PVC .....	35
Figura 11 - Tubo cerâmico .....	36
Figura 12 - Tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) .....	37
Figura 13 - Tubo de ferro fundido .....	38
Figura 14 - Localização município de Rio Bonito do Iguaçu .....	44
Figura 15 – Arruamento do IBGE com curvas de nível extraídas do QGIS .....	50
Figura 16 - Sub-bacias do município de Rio Bonito do Iguaçu .....	51
Figura 17 – Detalhe trecho 40-41 .....	54
Figura 18 - Detalhe trecho 40-38 .....	55
Figura 19 - Estação Elevatória de Esgoto .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3 - Detalhe trecho 41-40.....	53
Tabela 4 - Detalhe trecho 40-38.....	55
Tabela 5 – Tabela de verificações.....	56
Tabela 6 - Tabela verificações (continuação) .....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Consumo per capita de água por porte da comunidade.....	40
Quadro 2 - Coeficientes de variação de vazão .....	42



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>14</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
<b>1.2</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Esgoto Sanitário.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Situação do esgoto sanitário.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Tipos de sistema de esgoto .....</b>	<b>18</b>
2.3.1	Sistema de esgotamento unitário ou combinado.....	18
2.3.2	Sistema separador absoluto.....	18
2.3.3	Sistema separador parcial ou misto .....	19
<b>2.4</b>	<b>Componentes do sistema de esgotamento sanitário.....</b>	<b>19</b>
2.4.1	Rede coletora .....	19
2.4.2	Órgãos acessórios.....	20
2.4.3	Rede Dupla .....	21
2.4.4	Rede Simples .....	21
2.4.5	Estação elevatória .....	21
<b>2.5</b>	<b>Sistemas de Tratamento .....</b>	<b>22</b>
2.5.1	Nível de Tratamento .....	22
2.5.2	Sistemas anaeróbios .....	23
<u>2.5.2.1</u>	<u>Reator anaeróbio de manta de lodo .....</u>	<u>23</u>
<u>2.5.2.2</u>	<u>Filtro anaeróbio.....</u>	<u>24</u>
2.5.3	Lagoas de estabilização .....	24
<u>2.5.3.1</u>	<u>Lagoas facultativas.....</u>	<u>24</u>
<u>2.5.3.2</u>	<u>Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa .....</u>	<u>25</u>
<u>2.5.3.3</u>	<u>Lagoa aerada facultativa .....</u>	<u>26</u>
<u>2.5.3.4</u>	<u>Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação .....</u>	<u>26</u>
2.5.4	Lodos Ativados .....	27
<u>2.5.4.1</u>	<u>Lodos ativados convencionais.....</u>	<u>27</u>
<u>2.5.4.2</u>	<u>Lodos ativados por aeração prolongada .....</u>	<u>29</u>
<u>2.5.4.3</u>	<u>Lodos ativados – fluxo intermitente .....</u>	<u>29</u>

<b>2.6</b>	<b>Estudo de concepção .....</b>	<b>30</b>
2.6.1	Crterios de projeto .....	31
<u>2.6.1.1</u>	<u>Profundidade da Rede de Esgotamento.....</u>	<u>31</u>
<u>2.6.1.2</u>	<u>Tens3o Trativa.....</u>	<u>32</u>
<u>2.6.1.3</u>	<u>Declividades .....</u>	<u>32</u>
<u>2.6.1.4</u>	<u>Materiais das Tubula3es.....</u>	<u>34</u>
<u>2.6.1.5</u>	<u>Alcance de plano .....</u>	<u>38</u>
<u>2.6.1.6</u>	<u>Estimativa populacional.....</u>	<u>38</u>
<u>2.6.1.7</u>	<u>Consumo de 3gua per capita (q).....</u>	<u>40</u>
<u>2.6.1.8</u>	<u>Coeficiente de retorno (C) .....</u>	<u>41</u>
<u>2.6.1.9</u>	<u>Coeficientes de Varia33o de Vaz3o.....</u>	<u>41</u>
<u>2.6.1.10</u>	<u>Taxa de infiltra33o .....</u>	<u>42</u>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1</b>	<b>Delineamento da pesquisa .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2</b>	<b>Caracteriza33o da 3rea de estudo.....</b>	<b>43</b>
<b>3.3</b>	<b>Topografia .....</b>	<b>44</b>
<b>3.4</b>	<b>Rede coletora.....</b>	<b>45</b>
3.4.1	Tra3ado da rede coletora .....	45
3.4.2	Material das tubula3es.....	46
3.4.3	Dimensionamento hidr3ulico .....	46
<u>3.4.3.1</u>	<u>Estimativa populacional.....</u>	<u>46</u>
<u>3.4.3.2</u>	<u>Estimativas de vaz3es.....</u>	<u>46</u>
<u>3.4.3.3</u>	<u>Taxa de contribui33o .....</u>	<u>47</u>
<u>3.4.3.4</u>	<u>Declividade m3nima .....</u>	<u>48</u>
<u>3.4.3.5</u>	<u>Determina33o das vaz3es m3nimas por trechos da rede.....</u>	<u>48</u>
<u>3.4.3.6</u>	<u>Di3metro m3nimo .....</u>	<u>48</u>
<b>3.5</b>	<b>Verifica33es .....</b>	<b>48</b>
3.5.1	L3mina de 3gua.....	48
3.5.2	Velocidade cr3tica .....	49
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSS3ES .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Topografia do terreno .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2</b>	<b>Configura33o das sub-bacias de esgotamento .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3</b>	<b>Dados censit3rios.....</b>	<b>51</b>
<b>4.4</b>	<b>Rede coletora de esgoto .....</b>	<b>52</b>

<b>4.5</b>	<b>Análise dos trechos .....</b>	<b>53</b>
<b>4.6</b>	<b>Análise da lâmina de água.....</b>	<b>56</b>
<b>4.7</b>	<b>Determinação da Estação Elevatória de Esgoto.....</b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, drenagem urbana, coleta e disposição de resíduos sólidos, controle da poluição e de vetores compõem a infraestrutura de saneamento básico de uma cidade e a existência desses sistemas é essencial ao seu desenvolvimento sustentável.

Conterato (2018) entende que a partir do momento que o ser humano passou a residir de forma fixa em uma área, houve uma preocupação quanto ao afastamento dos resíduos gerados para conservar o ambiente saudável e limpo. Entretanto, essa remoção deve ser feita de maneira correta, e um destino ambientalmente adequado deve ser dado ao material.

O sistema de esgotamento sanitário tem como definição um conjunto de instalações e obras destinadas de modo que proporcionem a coleta, deslocamento, condicionamento (tratamento, quando necessário) e disposição final do esgoto sanitário de uma sociedade, de forma ininterrupta e segura higienicamente (Azevedo Netto; Fernandez; Araújo; Ito, 1998).

Segundo a Nações Unidas, mais da metade da população mundial não tem acesso a esgoto tratado e em torno de 40% das pessoas que residem no globo vivem sem água e sabão para lavar as mãos. Mais de 800 crianças morrem, todos os dias, provenientes de doenças como diarreias e outras infecções decorrentes da falta de saneamento e da água contaminada.

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), em 2020, estimou que o Brasil precisaria de investimentos de cerca de R\$ 26 bilhões ao ano nos próximos 13 anos para elevar a 99% o acesso ao fornecimento de água e a 92% ao alcance de rede de esgotos até o ano de 2033. Entretanto, o país investiu apenas R\$ 12 bilhões por ano nas últimas duas décadas, menos da metade do necessário. Além de que o investimento é desigual de acordo com as regiões do território nacional.

Desta forma, tendo em vista os vários problemas oriundos da falta de saneamento, mais especificamente das redes de esgotamento sanitário, o trabalho se propõe a realizar um estudo para elaboração de uma rede coletora de esgoto para o município de Rio Bonito do Iguaçu – PR, o qual sofre pela inexistência de um sistema coletivo.

Logo este trabalho, foi dividido em quatro capítulos, além dessa introdução. No capítulo dois expõe-se a fundamentação teórica realizada para o desenvolvimento do trabalho e apresenta as principais características dos sistemas além dos procedimentos para o dimensionamento conforme as normas vigentes. O terceiro aborda a metodologia, com os parâmetros e critérios para o dimensionamento do sistema com base em critérios normativos. O capítulo quatro discute-se os resultados obtidos. Finalizando com o capítulo cinco destinado as conclusões e considerações finais deste trabalho.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

Elaborar um estudo para concepção do sistema de esgotamento sanitário da área urbana do Município de Rio Bonito do Iguaçu – Paraná.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Delimitar as bacias de esgotamento da área urbana do município.

Analisar as alternativas de traçado de rede de esgotamento sanitário para o local de estudo.

Realizar o pré-dimensionamento hidráulico de uma bacia da rede e seus órgãos acessórios.

## **1.2 Justificativa**

No Brasil, segundo SNIS (2020), 55% da população é atendida pela coleta de esgoto, enquanto que apenas 50,8% desse é tratado. Levando em consideração esses índices nota-se a importância de estudos que avaliem as condições atuais dos municípios e que proponham soluções para o problema. Tendo em vista que o saneamento está muito abaixo do ideal, conforme Dantas et al. (2012), em especial em relação a coleta e o sistema de tratamento de esgotamento sanitário.

O município de Rio Bonito de Iguaçu-PR conta com uma população estimada de 13.240 habitantes de acordo com IBGE (2021), e 30 anos de emancipação. Tendo em vista o mais importante princípio do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que é a universalização do acesso dos serviços de saneamento a toda população brasileira, sem qualquer preconceito ou discriminação. Isso posto fundamenta o estudo pois o município não possui rede de esgotamento sanitário e enfrenta alguns problemas causados pela inexistência de um sistema coletivo de coleta de esgoto. Sendo este sistema de coleta restritos a tratamento individuais muitas vezes precários e sem nenhum tipo de fiscalização ou acompanhamento pelos gestores públicos.

Considerando o exposto, este trabalho tem sua importância assegurada visto que, pretende realizar uma análise onde identificará o traçado para um sistema de esgotamento sanitário para a cidade em estudo, que por seu pouco tempo de emancipação ainda não possui nenhum estudo relacionado ao assunto.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Esgoto Sanitário

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) a NBR 9648/86 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, o esgoto sanitário é definido como “[...] despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (NBR 9648; ABNT,1986, p.1)

A NBR 9648 (ABNT,1986) fornece que o esgoto sanitário é constituído em quatro partes:

- Esgoto doméstico: Despejos líquidos gerados pela água consumida através de usos básicos da população, seja por hábitos de higiene pessoal como também necessidades fisiológicas.
- Esgoto industrial: São despejos líquidos oriundos de indústrias, como estes resíduos são diversos de acordo com o exercício industrial cada uma seleciona o tratamento adequado e somente pode ser lançado na rede se o mesmo possuir as mesmas características as do esgoto doméstico.
- Água de infiltração: São as águas infiltradas no solo que se escoam até encontrar alguma falha na tubulação para penetrar.
- Contribuição pluvial parasitária: Fração de escoamento que é introduzido na rede coletora através de ligações de canalização prediais à rede de esgoto, interligações de galeria de águas pluviais à rede de esgoto, tampões de poços de visitas e outras aberturas e ligações abandonadas. (NUVOLARI, 2011)

### 2.2 Situação do esgoto sanitário

A Organização Mundial da Saúde (OMS) fornece dados mundiais a respeito do saneamento. Segundo relatório publicado no ano de 2017, cerca de 270 mil crianças perdem a vida no seu primeiro mês de vida em razão de condição de prematuridade, que poderia ser evitada por através do acesso da água potável, instalações de saúde e saneamento.

A água possui inúmeros usos, os principais são abastecimento humano e animais, industrial, irrigações, geração de energia, mineração, navegação, aquicultura, lazer e turismo.

Segundo a OMS, em relatório publicado em 2014, aproximadamente 13% da população mundial, ou seja mais de 1 bilhão de pessoas no mundo não possuem acesso a um banheiro, resultando em que uma em cada quatro pessoas faz suas necessidades básicas ao ar livre, esse motivo acarreta um problema, pois representa uma fonte contínua de doenças e contaminação da água no território brasileiro. Totalizando uma média de 4 milhões de pessoas sem acesso a um local apropriado para realizar suas necessidades fisiológicas.

O esgoto sanitário é um recorrente problema no Brasil, pois muitas vezes o descarte desse material não é realizado da forma correta. O esgotômetro, ferramenta do Trata Brasil, estima que 5,3 mil piscinas olímpicas de esgoto são despejadas na natureza por dia. O mesmo instituto informa que no país, pouco menos de 100 milhões de pessoas não tem disponibilidade a coleta de esgoto.

A respeito do tratamento de esgoto no país, 50,8% dos esgotos coletados são tratados, nos maiores municípios apenas 18 entre 100 tratam 80% ou mais dos esgotos, segundo o instituto Trata Brasil (2022). Conforme o PLANSAB (2019), em torno de 17,9% dos municípios brasileiros não possuem soluções adequadas de esgotamento sanitário.

Em um ranking elaborado pelo SNIS, a respeito da população atendida pela rede de esgoto, das cinco regiões do Brasil, a região Sul apresenta uma taxa de 47,4%, que corresponde a 14,3 milhões de pessoas que usufruem da rede de esgoto, ficando atrás apenas da região Sudeste e Centro-Oeste com 80,7% e 59,47%, respectivamente. Deste total coletado na região Sul, menos da metade do esgoto é tratado aproximadamente 46,7%.

No estado do Paraná a população atendida pela rede de esgoto, comparado com os demais estados fica atrás apenas do estado de São Paulo e Distrito Federal, com 84,5%, e relativo quantidade de esgoto tratado é de 74,6%, na segunda colocação nacional (SNIS, 2020).



## 2.3 Tipos de sistema de esgoto

Existem dois tipos básicos de coleta de esgotamento sanitário. Segundo Von Sperling (2014) são eles: o sistema coletivo ou dinâmico, no qual os esgotos são afastados das residências através de redes coletoras e tratados em estações; e o sistema individual ou estático, qual é empregado uma solução individual no local ou para poucas habitações, geralmente utilizado em zonas rurais e regiões com pouca densidade de ocupação.

De acordo com Tsutiya e Alem Sobrinho (2011) sistemas coletivos são divididos em três tipos: sistema separador absoluto, sistema unitário ou combinado e sistema separador parcial ou misto.

### 2.3.1 Sistema de esgotamento unitário ou combinado

O sistema de esgotamento unitário ou combinado é aquele no qual o esgoto e as águas provenientes das chuvas são transportados por uma mesma tubulação. Nesse sistema a mistura dos esgotos com as águas pluviais podem dificultar o tratamento, caso medidas de prevenção de sobrecargas hidráulicas não sejam tomadas. Não obstante, uma maior atenção deve ser dada às cargas de matéria orgânica que chegam na estação de tratamento de esgotos (ETE). Além de investimentos elevados devido à construção de grandes galerias, esse sistema é de difícil implantação em consequência as suas grandes dimensões.

Na Ásia, Europa e América do Norte é comum o uso do sistema combinado. No período de vazões pequenas, quando não está chovendo, trata-se o esgoto sanitário e pluvial; quando as vazões estão altas, que conseqüentemente são os períodos de chuva, e os esgotos estão diluídos, o esgoto é diretamente lançado no corpo receptor, através do sistema by-pass (PINTO; CAVASSOLA, 2011).

### 2.3.2 Sistema separador absoluto

O sistema separador absoluto, conforme a NBR 9648(ABNT,1986, p.1) é um “Conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”. Nesse sistema, o esgoto é

transportado por um sistema independente, que recebe a denominação de sistema de esgotamento sanitário. Do mesmo modo, as águas pluviais veiculam por um sistema de drenagem pluvial, ambos totalmente independentes.

No Brasil, no início do século XX, foi adotado esse sistema como o sistema mais eficiente nos pontos de vista técnicos e econômicos, a partir disso, no país, é obrigatório o emprego do sistema separador absoluto. Tsutiya e Alem Sobrinho (2011) afirmam que, para a eficiência desse sistema é necessário evitar que águas pluviais sejam encaminhadas juntamente com os esgotos. Entretanto, nota-se que em grande parte dos municípios brasileiros tal controle inexistente.

As vantagens do separador absoluto é custo de implantação, flexibilidade para executar em etapas e redução nos diâmetros das tubulações devido à diminuição da vazão de escoamento.

### 2.3.3 Sistema separador parcial ou misto

O sistema separador parcial ou misto é o que parte das águas pluviais, advinda de telhados e pátios domésticos são conduzidas com o esgoto e as águas de infiltração para um único sistema de coleta de esgoto (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011). Nesse sistema percebe-se a presença de duas redes coletoras, idem ao separador absoluto.

Para Festi (2006), o sistema separador parcial é admitido em algumas cidades brasileiras, como por exemplo Porto Alegre e Joinville, mas com o compromisso da separação futura do escoamento de esgoto em condutos diferentes daqueles para as águas pluviais. A escolha por esse sistema resulta em problemas para as futuras gerações, como contaminações de córregos e rios que possuem difíceis soluções.

## 2.4 Componentes do sistema de esgotamento sanitário

### 2.4.1 Rede coletora

A rede coletora de esgoto é definida como conjunto de canalizações com a finalidade de receber e transportar os esgotos dos edifícios. As partes da rede coletora de esgotamento sanitário são divididas por Tsutiya e Alem Sobrinho (2011) como:

- Ligação Predial: Parte do coletor predial entre o limite do terreno a rede propriamente dita.
- Coletor de Esgoto ou Coletor Secundário: Tubulação da rede coletora que recebe a contribuição de esgoto das ligações prediais ao longo de toda sua extensão.
- Coletor Principal: Coletor de maior expansão dentro de uma mesma bacia de esgotamento, que recebe a contribuição dos coletores secundários e conduzem os dejetos para um interceptor ou emissário.
- Coletor Tronco: Tubulação da rede que recebe apenas a parcela de esgoto de outros coletores.
- Interceptor: Canalização que recebe contribuição de coletores ao longo de seu comprimento não recebendo coletor prediais diretos. Caracterizado pela defasagem das contribuições, que diminuem as vazões. Visto isso sua instalação ocorre nas partes mais baixas da bacia, geralmente ao longo das margens d'água a fim de reunir e conduzir a um ponto final.
- Emissário: é o conduto final do sistema que possui a finalidade que levar o efluente para o destino conveniente, podendo ser tratamento e/ou lançamento, este não recebe contribuições no percurso, apenas na sua extremidade montante.
- Sifão invertido: Destinado a transposição de obstáculos pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão.

#### 2.4.2 Órgãos acessórios

Os órgãos acessórios são empregados no sistema de coleta e transporte de esgoto com a finalidade de permitir interligações, transpor obstáculos ou facilitar a inspeção e limpeza da rede em geral, a NBR 9649/86 – Projetos de rede coletora de Esgoto Sanitário, que fixa as condições exigíveis para concepção de sistemas de esgotamento sanitário, especifica os seguintes órgãos acessórios (ABNT,1986):

- Poço de Visita (PV): Dispositivo fixo, composto por uma câmara visitável, que na sua parte superior, apresenta uma abertura destinada a execução de trabalhos de manutenção.

- Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL): Dispositivo não visitável fixo, que permite a inspeção e introdução de equipamentos para limpeza dos coletores.
- Terminal de Limpeza (TL): Permite apenas a introdução de equipamentos para limpeza. É o mais simples entre os acessórios de interligação, o mesmo é instalado no início de coletores, pois são locais que possivelmente necessitem menos inspeção.
- Caixa de Passagem (CP): Câmara sem acesso, localizada em pontos singularidades, devido a necessidades construtivas que permite a passagem de equipamento para limpeza do trecho a jusante.

#### 2.4.3 Rede Dupla

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), a rede dupla é utilizada na ocorrência de ao menos um dos seguintes casos abaixo:

- Vias com tráfego intenso;
- Vias com largura entre os alinhamentos dos lotes igual ou superior a 14 metros para ruas com pavimentação e 18 metros para sem pavimentações;
- Vias com intervenções que impossibilite o assentamento do coletor
- Quando a rede a partir de um ponto se tornam muito extensas devem ser construídas em tubos de concreto (diâmetro maior que 400 milímetros).

#### 2.4.4 Rede Simples

Esse sistema é utilizado quando não ocorrer nenhum dos casos expostos anteriormente. Quando acontecer de vias públicas ou ruas pavimentadas muito movimentadas, ou também na ocorrência de coletores profundos que resultem no impedimento de instalação das conexões prediais, utilizando coletores auxiliares a fim de diminuir os custos integrais (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

#### 2.4.5 Estação elevatória

A NBR 12208 (ABNT,1992) – Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário, define estação elevatória como instalação que tem como finalidade o

transporte do esgoto do nível do poço de sucção das bombas até o nível de descarga, na saída do recalque, este que acompanha próximo as variações da vazão afluyente.

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2011), todas as vezes em que não for possível o escoamento dos dejetos pela ação da gravidade, é necessário o uso de estações elevatórias que transfiram ao líquido energia suficiente para garantir o escoamento dos mesmos. A localização das estações elevatórias está situada nos pontos mais baixos da bacia, ou próximos a córregos, represas ou rios. Para construção da mesma deve ser levado em consideração alguns aspectos fundamentais como baixo custo, topografia e facilidade de desapropriação.

## **2.5 Sistemas de Tratamento**

Os esgotos domésticos são compostos por aproximadamente de 99,9% de água. O restante, que seria cerca de 0,1%, são os sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, como também microrganismos. É devido a essa pequena fração de impurezas que o esgoto necessita ser tratado (VON SPERLING,2014).

Para determinação do processo de tratamento de esgoto, é necessário conhecer o grau de impurezas por meio da matéria orgânica, que este é indicado pelo parâmetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), quanto maior o grau de poluição maior o parâmetro; na medida que estabiliza a matéria orgânica, a DBO reduz.

O nível de eficiência, qualidade do efluente final, também é critério utilizado para escolha do método de tratamento. Dessa forma é levado em conta a área disponível para locação, complexidade de operação e implantação de cada método, custo, produção e disposição de lodos, restrições ambientais devidas à localização da unidade e a necessidade do uso de produtos específicos (SNS,2021).

### **2.5.1 Nível de Tratamento**

De acordo com Von Sperling (2014) o tratamento de esgotos pode ser dividido em níveis, são eles: preliminar, primário, secundário e, em alguns casos terciário. O tratamento em nível preliminar são os que tem como finalidade apenas remover os sólidos grosseiros, ou seja, sólidos de dimensões maiores. O primário visa remover sólidos sedimentáveis em suspensão e parte da matéria orgânica. Os dois citados

acima prevalecem os mecanismos físicos na remoção de poluentes. A respeito do tratamento secundário, predominam os mecanismos biológicos, qual tem como objetivo especialmente a remoção de matéria orgânica, DBO em suspensão e também DBO solúvel como também a remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. Já o tratamento terciário não é comum em países em desenvolvimento, este objetiva a retirada de metais pesados, poluentes tóxicos ou compostos não biodegradáveis, organismos patogênicos e também a retirada de poluentes não removidos no tratamento anterior.

O fundamento do tratamento a nível secundário é a adição de uma etapa biológica, qual a remoção da matéria é realizada por reações bioquímicas, efetuadas por microrganismos, como por exemplo, bactérias, protozoários, fungos.

Alguns dos principais sistemas de tratamento de esgoto sanitário estão dispostos a seguir.

## 2.5.2 Sistemas anaeróbios

### 2.5.2.1 Reator anaeróbio de manta de lodo

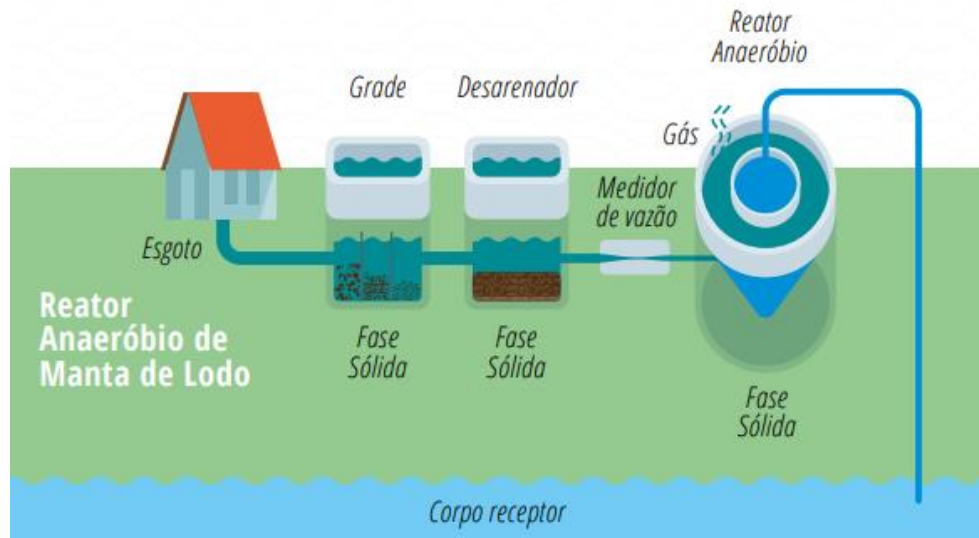
O reator anaeróbio de manta de lodo, também conhecido como reator UASB, proveniente do inglês Upflow Anaerobic Sludge Blanket. A respeito do funcionamento do reator, Von Sperling (1996, p.175) descreve que:

A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas no reator. O fluxo do líquido é ascendente. A parte superior do reator é dividida nas lagoas de sedimentação e de coleta de gás, a zona de sedimentação permite a saída do efluente clarificado e o retorno dos sólidos (biomassa) ao sistema, aumentando a sua concentração no reator. Entre os gases formados inclui-se o metano. O sistema dispensa decantação primária. A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado.

Também conhecido como Reator Anaeróbio de Leito Fluidizado (RALF), nome recebido pela SANEPAR, companhia de saneamento do Paraná, é bastante utilizado no tratamento de esgotos para áreas de 200 a 600.000 habitantes, ganhando destaque no estado do Paraná e a nível nacional (AISSE,2001).

A figura abaixo representa um esquema de funcionamento desse modelo de tratamento.

**Figura 1 - Fluxograma de um sistema de reator anaeróbio de manta de lodo**



Fonte: SNS (2021)

#### 2.5.2.2 Filtro anaeróbio

A respeito do sistema de tratamento por meio de filtro anaeróbio, podemos afirmar que:

A DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias aderidas a um meio de suporte (usualmente pedras) no reator. O tanque trabalha submerso, e o fluxo é ascendente. O sistema requer decantação primária (frequentemente fossas sépticas). A produção de lodo é baixa, e o mesmo já sai estabilizado (VON SPERLING, 1996, p.175).

Na maioria dos casos as pedras utilizadas no Brasil, são de n.º 4, mas podendo também ser utilizados materiais como esferas perfuradas, anéis, blocos modulares e alguns outros. Esse modelo de tratamento encontra-se propagado pelo país, avistando várias instalações em exercício desse sistema que recebem esgotos industriais. (GOMES DIAS, 1989)

#### 2.5.3 Lagoas de estabilização

##### 2.5.3.1 Lagoas facultativas

De acordo com Von Sperling (1996), as lagoas facultativas são caracterizadas por ser de fácil construção, necessitando apenas na escavação e elaboração dos taludes. O processo é simples, o despejo entra em uma ponta da lagoa e sai na ponta

contrária. Após alguns dias para realizar o percurso, ocorrem alguns acontecimentos citados abaixo que levam a purificação do esgoto:

A DBO solúvel e finamente particulada é estabilizada aerobiamente por bactérias dispersas no meio líquido, ao passo que a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo estabilizada anaerobiamente por bactérias no fundo da lagoa. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese (VON SPERLING,1996, p.175).

**Figura 2 - Fluxograma de um sistema de lagoa facultativa**



**Fonte: Von Sperling (1996)**

### 2.5.3.2 Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa

O sistema de tratamento de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, também conhecido como sistema australiano, quando se tem uma disponibilidade grande de áreas se torna uma das alternativas técnicas mais econômicas. Primeiramente, na lagoa anaeróbia o material sedimentável é retido e passa pelo processo de digestão anaeróbia, e na segunda lagoa, ocorre a geração e introdução de oxigênio, processo realizado pelas algas e pelas bactérias, respectivamente, na mesma acontece a degradação dos contaminantes solúveis (SNS, 2021).

A DBO é em torno de 50% estabilizada na lagoa anaeróbia (mais profunda e com menor volume), enquanto a DBO remanescente é removida na lagoa facultativa. O sistema ocupa uma área inferior ao de uma lagoa facultativa única (VON SPERLING,1996, p.175).

O esquema abaixo representa o sistema de tratamento de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa.



**Figura 3 - Fluxograma de um sistema de lagoa anaeróbia - facultativa**



Fonte: Von Sperling (1996)

### 2.5.3.3 Lagoa aerada facultativa

A lagoa aerada facultativa é indicada quando se opta por um sistema aeróbio com dimensões menores. O que a difere da lagoa facultativa convencional é de onde provem o oxigênio, de modo que pela convencional este é obtido pela fotossíntese, e na aerada o oxigênio é alcançado através de aeradores. Os mesmos rodam sob o eixo vertical, com alta velocidade, agitando a água propiciando a introdução do oxigênio na massa líquida, local em que ele se dissolve (VON SPERLING, 1996).

**Figura 4 - Fluxograma de um sistema de lagoa aerada facultativa**



Fonte: Von Sperling (1996)

As lagoas aeradas facultativas, no Brasil, são uma das alternativas utilizadas para tratamento de águas residuárias que necessitam de um pós-tratamento. O efluente que geralmente provem de um reator UASB para que atenda os padrões de emissão é pós tratado nesta lagoa de estabilização (POZZI, 2016).

### 2.5.3.4 Lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação

O processo de tratamento por lagoa aerada seguidas de lagoa de decantação é usualmente utilizado quando não há área bastante para locação de lagoas de estabilização naturais, mas ainda tem disponibilidade de uma área razoável (SNS,2021).

Von Sperling (1996, p.175) resume que:

A energia introduzida por unidade de volume da lagoa é elevada, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos no meio líquido, ou em mistura completa. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção da DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao de uma lagoa aerada facultativa. No entanto, o efluente contém elevados teores de sólidos (bactérias), que necessitam ser removidos antes do lançamento no corpo receptor. A lagoa de decantação a jusante proporciona condições para esta remoção. O lodo da lagoa de decantação deve ser removido em períodos de poucos anos.

A figura abaixo representa esse processo de tratamento:

**Figura 5 - Fluxograma de um sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação**



Fonte: Von Sperling (1996)

## 2.5.4 Lodos Ativados

### 2.5.4.1 Lodos ativados convencionais

O tratamento por lodos ativados é biológico e sua maior eficiência diz a respeito à remoção da matéria orgânica e dos sólidos suspensos. O processo permite também a retirada de nutrientes, como fósforo e nitrogênio. O impasse desse

processo é seu alto grau de mecanização e o elevado consumo de energia para degradação da matéria orgânica aerobiamente (SNS,2021).

De acordo com Von Sperling (1996, p.175):

A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, devido à recirculação dos sólidos (bactérias) sedimentadas no fundo do decantador secundário. A biomassa permanece mais tempo no sistema do que o líquido, o que garante uma elevada eficiência na remoção da DBO. Há a necessidade da remoção de uma quantidade de lodo (bactérias) equivalente à que é produzida. Este lodo removido necessita uma estabilização na etapa de tratamento do lodo. O fornecimento de oxigênio é feito por aeradores mecânicos ou por ar difuso. A montante do reator há uma unidade de decantação primária, de forma a remover os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto.

Em 1914, começou a ser aplicado o processo de tratamento de lodos ativados em uma estação de tratamento na Inglaterra, qual obteve sucesso e desde então passou a expandir as unidades de tratamento para os demais países.

O processo de lodos ativados convencional está representado através da figura a seguir. A nível mundial a maior estação de tratamento que utiliza esse processo se encontra na cidade de Chicago nos Estados Unidos, com uma vazão de  $45 \text{ m}^3/\text{s}$ . No estado de São Paulo, Brasil, mais precisamente no município de Barueri está situada a maior estação de tratamento de lodos ativados nacional projetada com a capacidade de atender uma vazão de final de plano de  $28 \text{ m}^3/\text{s}$  (JORDÃO; PESSOA, 2005).

**Figura 6 - Fluxograma de um sistema de lodos ativados convencional**



Fonte: Von Sperling (1996)

#### 2.5.4.2 Lodos ativados por aeração prolongada

De acordo com Von Sperling (1996), o processo de tratamento de lodos ativados com aeração prolongada tem seu funcionamento similarmente ao anterior (convencional). A diferença entre cada um dos processos é o tempo em que a biomassa permanece no sistema, intervalo de 20 a 30 dias, por esse motivo recebe o nome de aeração prolongada. O reator precisa ser maior para que a biomassa permaneça por mais tempo no sistema, o intervalo de detenção do líquido fica em torno de 16 a 24 horas. Com isso a disponibilidade de DBO disponível, fazendo com que as bactérias utilizem da matéria orgânica do seu próprio material celular para realizar a sua manutenção. Em consequência disso o lodo em excesso retirado já sai estabilizado.

**Figura 7 - Fluxograma de um sistema de lodos ativados – aeração prolongada**

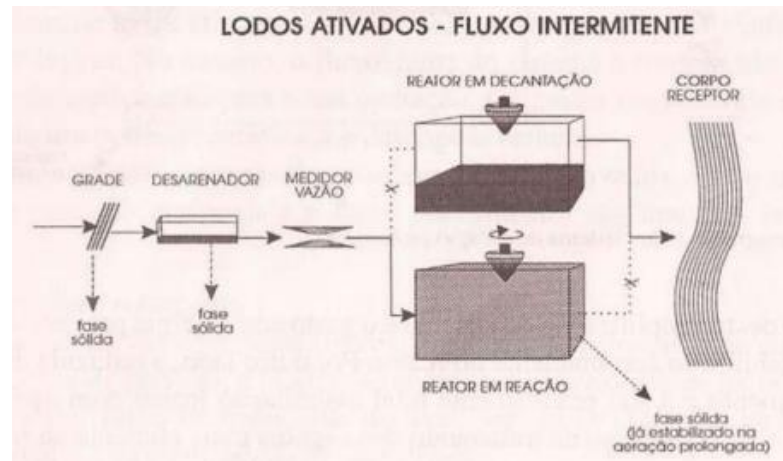


Fonte: Von Sperling (1996)

#### 2.5.4.3 Lodos ativados – fluxo intermitente

O tratamento consiste em um reator que realiza a mistura completa no local em que ocorrem as demais etapas do tratamento. O sucesso se dá depois de estabelecer ciclos com tempo de operações definidos. Os ciclos de tratamento são enchimento (entrada da massa no reator), reação (aeração), sedimentação (separação dos sólidos suspensos), esvaziamento (retirada do esgoto tratado) e repouso (remoção do resto de lodo e ajustamento dos ciclos). O método não necessita de decantadores separados pois a massa biológica se mantém no reator durante todos os ciclos citados (VON SPERLING, 1996).

**Figura 8 - Fluxograma de um sistema de lodos ativados – fluxo intermitente**



Fonte: Von Sperling (1996)

## 2.6 Estudo de concepção

A primeira etapa para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário é a fase de planejamento. Tal etapa está prescrita seguindo as orientações da norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. A definição de estudo de concepção está definida na norma como “Estudo de arranjos das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado e que devem ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si para a escolha da concepção básica”. Assim, a concepção básica é descrita como sendo o “Melhor opção de arranjo, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social”. (NBR 9648; ABNT, 1986, p.1)

Tsutiya e Alem Sobrinho (2011, p.5) definem a concepção de sistema de esgotamento sanitário como o “Conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar”.

O outro item presente na norma o de ‘Condições Gerais’, constitui condições em uma série de informações disponíveis, que são necessárias sobre a área que planejamento a ser implantada o sistema, como: demográficas, econômicas, geográficas, hidrológicas e algumas outras.

No item ‘Atividades’, a norma engloba a aquisição das informações listadas acima que não estão disponíveis, mas são essenciais para as concepções

comparáveis e também para escolha da concepção básica, com sua descrição e representação em planta (NUVOLARI,2011).

Por fim a norma recomenda que desconsidere as divisões políticas administrativas quanto delimitar a área de planejamento, levando em conta somente as condições naturais do terreno e a topografia.

A concepção tem como objetivos (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO,2011):

- Identificação e quantificação de todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotos;
- Diagnóstico do sistema existente, considerando a situação atual e futura;
- Estabelecimento de todos os parâmetros básicos de projeto;
- Pré-dimensionamento das unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas;
- Escolha da alternativa mais adequada mediante a comparação técnica, econômica e ambiental;
- Estabelecimento das diretrizes gerais de projeto e estimativa das quantidades de serviços que devem ser executados na fase de projeto.

## 2.6.1 Critérios de projeto

### 2.6.1.1 Profundidade da Rede de Esgotamento

Conforme a Fundação Nacional da Saúde – (FUNASA, 2006, p.192) a profundidade mínima da tubulação é definida como a “[...] que permita receber os efluentes por gravidade e proteger a tubulação contra tráfego de veículos e outros impactos”. A FUNASA (2006) também orienta adotar sempre que for possível a declividade da tubulação igual à do terreno, a fim de obter o menor volume de escavação. Do mesmo modo, a profundidade do coletor será adotado igual a mínima mesmo quando a declividade do terreno for superior a mínima.

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000) para profundidades maiores, o recomendado é projetar coletores auxiliares com menor cota para receber as ligações prediais. A profundidade mínima é determinada para atender o recobrimento mínimo que, segundo a NBR 9649(ABNT,1986) não deve ser inferior a 0,65 m para coletor assentado no passeio e 0,90 m para coletor assentado no leito da via.

A NBR 9814(ABNT,1987) recomenda que, como forma de segurança e estabilidade, os taludes das escavações que possuírem uma profundidade maior que 1,50 m recebam escoramento, podendo ser elas, peças de madeira ou também perfis metálicos.

#### 2.6.1.2 Tensão Trativa

A tensão trativa tem como definição “uma tensão tangencial exercida sobre a parede do conduto pelo líquido em escoamento, ou seja, é a componente tangencial do peso do líquido sobre a unidade de área da parede do coletor e que atua sobre o material sedimentado, promovendo seu arraste” (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 2000, p.87).

Devido à gravidade, as partículas que possuírem uma densidade maior que a da água tenderão a se depositarem nas tubulações de esgoto. De modo que essa sedimentação seja evitada é recomendado dimensionar as tubulações adotando uma tensão trativa crítica, que significa uma tensão trativa mínima de forma que a mesma garanta a autolimpeza da tubulação e iniba a formação de sulfetos. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 2000).

A norma NBR 9649 (ABNT, 1986), orienta a adoção de uma tensão trativa mínima de 1,0 Pa para condutos de cerâmica ou concreto, ao mesmo tempo que a norma NBR 14486 (ABNT, 2000), orienta para condutos de PVC o valor de 0,6 Pa. Considerando que quão maior a tensão trativa, melhor a eficiência da autolimpeza dos tubos de esgoto.

#### 2.6.1.3 Declividades

De modo a garantir a autolimpeza dos coletores, os mesmos são projetados a uma tensão trativa de 1,0 Pa. Então os trechos deverão ser projetados com um valor de tensão trativa média igual o superior a 1,0 Pa, calculados a partir da vazão inicial ( $Q_i$ ). A declividade mínima de acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986), para um coeficiente de Manning  $n=0,013$ , é dada pela seguinte equação:

$$I_{0,mín} = 0,0055 \cdot Q_i^{-0,47}$$

Sendo  $I_{0,mín}$  a declividade mínima (m/m) e  $Q_i$  a vazão de jusante do trecho no início do plano (L/s).

Em contraponto a norma brasileira NBR 14486 (ABNT,2000) recomenda como critério de projeto que a tensão trativa mínima seja de 0,6 Pa, para coeficiente de Manning de  $n=0,010$ . Dito isso, para atender esse critério a equação da declividade mínima é dada por:

$$I_{0,mín} = 0,0035 \cdot Q_i^{-0,47}$$

Sendo  $I_{0,mín}$  a declividade mínima (m/m) e  $Q_i$  a vazão de jusante do trecho no início do plano (L/s).

De acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986), a declividade máxima admissível é aquela para a qual se tenha uma velocidade final igual a 5 m/s. Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), para coeficiente de Manning igual a  $n=0,013$ , a expressão a seguir aproxima o valor de declividade máxima:

$$I_{max} = 4,65 \cdot Q_f^{-0,67}$$

Sendo  $I_{max}$  a declividade máxima (m/m) e  $Q_f$  a vazão de jusante do trecho no final do plano (L/s).

Conforme BRASIL (2008, p.48):

Dependendo da turbulência do escoamento poderá haver a entrada de bolhas de ar na superfície do líquido. A mistura água-ar ocasiona um aumento na altura da lâmina d'água, sendo importante verificar se a tubulação projetada ainda continua funcionando como conduto livre, pois caso contrário, a tubulação poderá ser destruída por pressões geradas pelas permutações aleatórias entre escoamento livre e forçado. No caso do escoamento de esgoto, o conhecimento da mistura água-ar é de grande importância, principalmente, quando a tubulação é projetada com grande declividade, pois nessa condição, o grau de entrada de bolhas de ar no escoamento poderá ser bastante elevado.

Devido a isso, a NBR 9649 (ABNT, 1986) determina que quando a velocidade final for superior a velocidade crítica, deverá reduzir, para 50% do coletor a lâmina de água para que aconteça a ventilação do trecho. A velocidade crítica é determinada por:

$$v_c = 6(g R_H)^{1/2}$$



Onde  $g$  representa a aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ) e  $R_H$  o raio hidráulico (m).

#### 2.6.1.4 Materiais das Tubulações

Tubos de concreto, cerâmicos, PVC, aço, ferro fundido e polietileno são os materiais mais utilizados para sistemas de coleta e transporte de esgoto. Para determinar o tipo de material deverão ser realizados estudos econômicos e técnicos a fim de relacionar as características do solo e do esgoto, métodos utilizados na construção, esforços quais as tubulações estarão sujeitas, custos em geral, diâmetros disponíveis no mercado. (BRASIL, 2008).

- Tubos de concreto

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000) para diâmetros maiores de 500 mm as tubulações de concreto são os geralmente utilizados, mas não são aconselhados ao uso devido ao fato de o cimento ser suscetível ao ataque do ácido sulfídrico.

De acordo com a norma brasileira NBR 8890 (ABNT,2020), os diâmetros destinados a esgoto sanitário variam 100 mm, de 200 até 1300, além desses diâmetros de 1500,1750 e 2000.

**Figura 9 - Tubo de concreto**



**Fonte: Catálogo GUARANI TUBOS (2022)**

- Tubos em Policloreto de Vinila (PVC)

A norma NBR 7362 (ABNT,2015, p.1) é dividida em três partes. A parte 1 regulamenta “[...] as condições exigíveis para tubos de poli (cloreto de vinila) (PVC) com junta elástica, destinados a rede coletora e ramais prediais enterrados para a condução de esgoto sanitário e despejos industriais, cuja temperatura do fluido não exceda 40° C”. As demais partes especificam os requisitos para os diversos tipos desse material.

Os diâmetros nominais disponíveis são de 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400mm com comprimentos de 6,0 m.

A principal característica dos tubos desse material é a alta resistência a corrosão. Uma alternativa do uso desse material é em locais em que o lençol freático está situado acima dos coletores de esgoto (BRASIL,2008).

**Figura 10 - Tubo de PVC**



**Fonte: Catálogo ASPERBRAS (2022)**

- Tubos Cerâmicos

Os tubos cerâmicos tem como vantagens a alta resistência à ação de agentes agressivos presentes em esgotos industriais e residenciais, também ao efeito dos gases formados na rede coletora, bem como ao ataque proveniente do solo. Porém é um material mais frágil e passível a quebras quando comparado aos demais materiais (BRASIL,2008).

A norma NBR 5645 (ABNT,1990, p.1) “[...] fixa as condições exigíveis para aceitação e/ou recebimento de tubos cerâmicos empregados na canalização de águas

pluviais, de esgotos sanitários e de despejos industriais, que operam sob ação da gravidade e, normalmente, sob pressão atmosférica”.

Os tipos de tubo são ponta e bolsa ou ponta e ponta. Onde a bolsa é definida como “[...] extremidade cilíndrica do tubo, de diâmetro maior, em cujo interior a ponta do elemento vizinho penetra”, e ponta é a “[...] extremidade cilíndrica do tubo que penetra com facilidade” (NBR 5645; ABNT,1990, p.1)

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000) no mercado estão disponíveis as principais juntas para tubos cerâmicos sendo elas: juntas de argamassa de cimento e areia, junta composta de betume e junta elástica.

Os diâmetros usualmente utilizados são do tipo ponta e bolsa de 75,100,150,200,250,300,375,400,450,500 e 600 mm e comprimentos nominais de 600, 800, 1000, 1250, 1500 e 2000 mm.

**Figura 11 - Tubo cerâmico**



**Fonte: Catálogo CERÂMICA MARTINS (2020)**

- Tubos de polietileno

Bevilacqua (2006, p.19) define a composição do polietileno como “[...] um termoplástico obtido pela polimerização do etileno na presença de catalizadores. Quando a polimerização ocorre à baixa pressão, obtém-se o Polietileno de Alta Densidade-PEAD.”

No mercado os tubos de PEAD disponíveis são de diâmetros: 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 com comprimentos de 6 m (KANAFLEX,2019).

As características do sistema considerados por Bevilacqua (2006, p.56) são:

Leveza e flexibilidade; baixo coeficiente de rugosidade (coeficiente de Manning,  $n=0,010$ ), permitindo maior vazão com menor declividade; elevada resistência ao impacto; resistência química e à abrasão; elevada imunidade à corrosões; ótima soldabilidade; grande

impermeabilidade à gases e vapores; facilidade de transporte, manuseio e instalação sem perigo de fissuras ou quebras; baixíssimo efeito de incrustações; elevada vida útil.

A norma regulamentadora desse material é a NBR ISO 21138 (ABNT,2021) - Sistemas de tubulação plástica subterrânea não pressurizada para drenagem e esgoto.

**Figura 12 - Tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)**



**Fonte: Catálogo KANAFLEX (2019)**

- Tubos de ferro fundido

As tubulações de ferro fundido geralmente são utilizadas em emissários e linhas de recalque. No caso de escoamentos livres, a utilização se dá em travessias aéreas, situações onde a tubulação está sujeita a grandes cargas, alto tráfego e baixa profundidade, e também sobre a passagem de rios (BEVILACQUA,2006).

Bevilacqua (2006, p.53) afirma a respeito da disponibilidade dos tubos de ferro fundido, que “[...] o comprimento dos tubos fabricados é de 6,0m, com junta elástica e diâmetro nominal de: 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800 e 2000mm.

As principais características desse material são: resistência mecânica, paredes internas completamente lisas, resistência à pressão, impermeabilidade e estanqueidade (BEVILACQUA,2006).

A norma brasileira que estabelece os requisitos e definições sobre esse material é a NBR 15420(ABNT,2022).

**Figura 13 - Tubo de ferro fundido**



**Fonte: SAINT-GOBAIN (2022)**

#### 2.6.1.5 Alcance de plano

De acordo com a NBR 9648 (ABNT, 1986, p.1) o alcance do plano ou horizonte de projeto é o “[...] ano previsto para o sistema planejado passar a operar com utilização plena de sua capacidade”. Sendo assim, o alcance de plano é o último ano em que o projeto opera com os fatores e condições projetadas, a partir disso deverá ser realizado novamente estudo para um novo alcance de plano.

Segundo Tsutiya (2011) para determinar o horizonte de projeto é preciso ser considerado alguns fatores como: custo da obra e da energia elétrica, flexibilidade na expansão do sistema, vida útil da obra e crescimento da demanda do recurso.

Conforme a Norma Técnica da SABESP – NTS025 (2020) o horizonte de projeto para redes coletoras de esgoto deve ser no mínimo 20 anos.

#### 2.6.1.6 Estimativa populacional

Nuvolari (2011) considera que adotado o alcance de plano, precisa-se estimar a população atendida no final de plano. Assim pode-se estimar a vazão atual e futura até que ocorra a saturação do projeto.

Para o estudo populacional se destacam alguns métodos de projeções matemáticas, os quais estão listados a seguir.

- Método Aritmético

Segundo Tsutiya (2000), esse método toma como pressuposto que a taxa de crescimento da população ocorre segundo uma progressão aritmética, sendo assim a população está se desenvolvendo linearmente com o tempo. Em que  $P_1$  corresponde

a população do penúltimo censo no ano  $t_1$  e  $P_2$  corresponde a população do último censo no ano  $t_2$ , e  $k_a$  é significa uma constante.

$$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Com a constante obtém-se a expressão geral, em que  $P$  representa a previsão da população e  $t$  o ano projetado.

$$P = P_2 + k_a(t - t_0)$$

- Método Geométrico

O método geométrico como o próprio nome diz, é baseado em uma projeção geométrica, considerando semelhante ao método anterior, na qual se considera igualmente a porcentagem de aumento da população para todos os anos. As variáveis relacionadas a população e ano são as mesmas, apenas  $k_g$  representa a taxa de crescimento geométrico. (TSUTIYA, 2000)

$$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

$$P = P_2 e^{k_g(t-t_0)}$$

- Método da curva logística

Tsutiya (2000, p.60) determina que nesse método “[...] admite-se que o crescimento da população obedece a uma relação matemática do tipo curva logística, nos quais a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação  $k$ ”. Então a equação logística é dada por:

$$P = \frac{k}{1 + e^{a-bT}}$$

A variáveis da equação descritas como:

$a$  e  $b$  são parâmetros e  $e$  a base dos logaritmos neperianos. O parâmetro  $a$  é um valor tal que, para  $T = a/b$ , há uma inflexão (mudança no sentido da curvatura) na curva; o parâmetro  $b$  é a razão de crescimento da população e  $T$  representa o intervalo de tempo entre o ano da projeção e  $t_0$ . Esses parâmetros são determinados a partir de três pontos conhecidos da curva  $P_0(t_0)$ ,  $P_1(t_1)$  e  $P_2(t_2)$  igualmente espaçados no tempo, isto é,  $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$ . Os pontos  $P_0$ ,  $P_1$  e  $P_2$  devem ser tais que  $P_0 < P_1 < P_2$  e  $P_0 P_2 < P_1^2$  (TSUTIYA, 2000, p.60).

Por fim os parâmetros da equação são representados pelas equações abaixo:

$$K = \frac{P_0 P_1 P_2 - (P_1)^2 (P_0 + P_2)}{P_0 P_2 - (P_1)^2}$$

$$a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{K - P_0}{P_0}$$

$$b = -\frac{1}{0,4343d} \log \frac{P_0(K - P_1)}{P_1(K - P_0)}$$

Onde,  $d$  significa o constante intervalo entre os anos  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ .

### 2.6.1.7 Consumo de água per capita (q)

O consumo de água per capita entende-se como a quantidade consumida de água por uma pessoa em suas atividades diárias. Esse fator varia dependendo dos hábitos culturais e higiênicos da sociedade, tipo de ocupação da área (industrial, residencial ou comercial), equipamentos e instalações hidrossanitárias do edifício, controles relacionados ao consumo, temperatura, valores tarifários e outros. (TSUTIYA, 2011).

O quadro 1 relaciona o consumo per capita de água de acordo com o porte da comunidade.

**Quadros 1 - Consumo per capita de água por porte da comunidade**

Porte da comunidade	População (hab)	Consumo per capita (l/hab.dia)
Povoado Rural	Menos de 5.000	90 a 140
Vila	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena Localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade Média	50.000 a 250.00	120 a 220
Cidade Grande	Mais de 250.000	150 a 300

**Fonte: Adaptado de TSUTIYA (2011)**

Segundo SNIS (2020), no Brasil, o consumo médio per capita de água é de 152,1 l/hab.dia. O Sudeste é a região onde apresenta o maior consumo, 171,7 l/hab.dia, e o Nordeste de menor consumo com 120,3 l/hab.dia.

No Sul a média realizada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento é de 148,5 l/hab.dia. O estado do Paraná em 2020 apresentou um consumo médio per capita de água de 139,3 l/hab.dia.

#### 2.6.1.8 Coeficiente de retorno (C)

A NBR 9649 (ABNT, 1986, p.2) define coeficiente de retorno como “[...] relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida”. A mesma recomenda o valor desse parâmetro como de igual a 0,8, ou seja 80% do volume de água consumida pela comunidade retorna como efluentes para as redes coletoras.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020) calcula também que 80,0% do volume de água para abastecimento das cidades se transforma em esgoto, que devem ser tratados antes de retornarem aos corpos hídricos.

Assim como a Norma Técnica da SABESP – NTS025 também recomenda como o coeficiente de retorno igual a 0,8.

#### 2.6.1.9 Coeficientes de Variação de Vazão

Nuvolari (2011) afirma que a vazão correspondente ao esgoto doméstico não se comporta de maneira regular, pois o consumo doméstico varia conforme o uso da população. A mesma varia de acordo com as demandas sazonais, mensais, diárias e horárias.

As variações mais significativas são as diárias e horárias, ambas são representadas por coeficientes representados abaixo.

- Coeficiente de máxima vazão diária (K1): Corresponde ao dia de maior consumo de água, representa a relação entre maior vazão diária em um ano e a média da vazão do respectivo ano.
- Coeficiente de máxima vazão horária (K2): Corresponde a hora de maior consumo de água, representa a relação entre maior vazão horária em um dia e a média da vazão do respectivo ano.
- Coeficiente de vazão mínima (K3): Representa a relação entre a vazão mínima e a média da vazão em um ano.

A NBR 9649 (ABNT, 1986) especifica como coeficientes os seguintes valores, apresentados no quadro abaixo:



**Quadro 2 - Coeficientes de variação de vazão**

Coeficientes de variação de vazão	Valor correspondente
K1	1,2
K2	1,5
K3	0,5

Fonte: Adaptado de NBR 9649 (ABNT,1986)

#### 2.6.1.10 Taxa de infiltração

De acordo com Tsutiya e Alem Sobrinho (2011), há várias maneiras em que a água oriunda do subsolo podem infiltrar no sistema como por exemplo, através das juntas das tubulações, das paredes e também através dos órgãos acessórios (poços de visita, terminal de limpeza, caixas de passagem entre outros).

Segundo Metcalf e Eddy (2016), a qualidade com que é feita a instalação do sistema é um fator relevante na taxa infiltração. Esta quando não for supervisionada ou executada com más práticas construtivas, apresenta uma taxa elevada de infiltração.

A NBR 9649 (ABNT,1986) recomenda como valor estimado de taxa de infiltração entre 0,05 a 1,0 l/s.km, valor que varia de acordo com as condições locais como nível do lençol freático, execução da rede, material utilizado, solo e junta empregada.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Delineamento da pesquisa**

O presente trabalho pretende elaborar um estudo de concepção de rede coletora de esgoto para o município de Rio Bonito do Iguaçu – PR. O trabalho aborda um levantamento topográfico através de modelos digitais de elevação, uma análise do traçado que melhor se adeque as características do terreno, bem como dimensionar a rede coletora em questão.

Com a finalidade de definir o delineamento desta pesquisa é possível realizar algumas classificações. A natureza de pesquisa é de ordem aplicada, pois segundo Gil (2019) estas contribuem para aumento do conhecimento científico e sugerem novas questões a serem investigadas, além de ter a finalidade de resolver problemas afigurados na esfera da sociedade.

De acordo com o procedimento técnico para a pesquisa foram utilizados: a Pesquisa Bibliográfica, elaborada através de materiais quais já foram publicados (GIL,2019). Conjuntamente o procedimento é classificado como estudo de caso que segundo Leão (2017) é caracterizada por um estudo exaustivo e aprofundado de um ou mais objetos, de forma que possibilite o seu vasto e detalhado conhecimento.

Tomando como base os objetivos da pesquisa, pode ser considerada como uma pesquisa exploratória. Sampieri et al. (2013) afirmam que elas determinam tendencias, identificam ambientes, áreas, situações de estudo e contextos, relações potenciais entre variáveis. Assim como oferecem um quadro de informações para futuras aplicações.

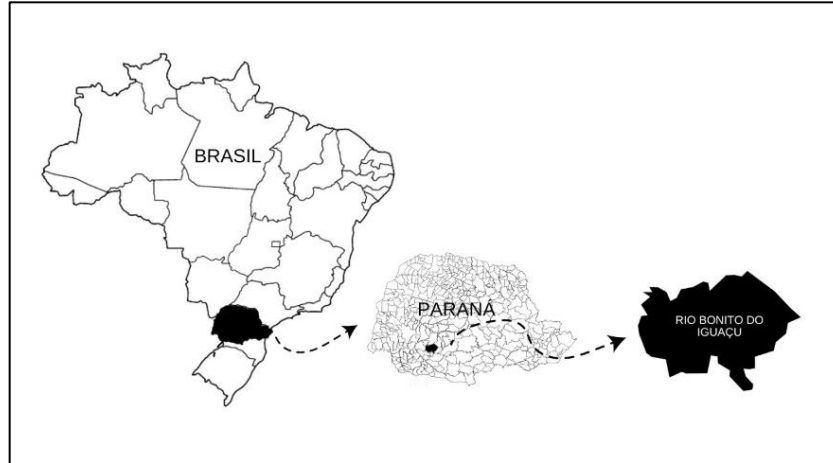
O método de pesquisa se configura como uma pesquisa quantitativa, o qual neste trabalho a pesquisa servirá para analisar os conceitos descritos na literatura juntamente com os dados resultantes do estudo de caso.

#### **3.2 Caracterização da área de estudo**

O presente trabalho se desenvolve na área urbana da cidade de Rio Bonito do Iguaçu – PR. Município sul brasileiro localizado na região centro-sul do estado do

Paraná. Conforme o IBGE (2021) município possui uma extensão territorial de 681,406 km<sup>2</sup>.

**Figura 14 - Localização município de Rio Bonito do Iguaçu**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Segundo o Instituto Água e Saneamento, Rio Bonito do Iguaçu possui 13.269 habitantes, desse total 24,32% estão localizados na área urbana e 75,68% em área rural, pelo motivo da maior concentração de casas e arruamentos o estudo se desenvolveu apenas na parte urbana visando uma concepção mais viável. Dito isso a parte pertencente a área rural deve possuir tratamentos individuais de esgotos.

O município não possui política e plano municipal de saneamento, em consequência disso não possui rede coleta de esgoto sanitário, estando restrito a sistemas individuais de tratamento de esgoto como as fossas sépticas.

Nessa unidade de tratamento é feita a separação e transformação da matéria sólida presente no esgoto. Corresponde a um tanque enterrado, que se destina o esgoto, o qual se deposita a parte sólida e inicia o processo biológico de purificação do resíduo líquido, estes infiltram no solo para complementar o processo (SNS,2021).

### **3.3 Topografia**

A topografia é um ponto importante para determinar o traçado exequível para uma rede de esgoto, pois fornece as declividades do terreno. Fator determinante para o dimensionamento dos coletores da rede.

Tendo em vista que não foi possível o acesso a levantamentos topográficos, o método utilizado para determinação das elevações será mediante a modelos digitais de elevações por meio de imagens de satélite.

O satélite utilizado será o Alos Palsar, disponível no site da Alaska Satellite Facility (ASF) o qual possui uma resolução espacial de 12,5 m, resolução obtida através do MDE SRTM reamostrado para 12,5 metros. A imagem fornecida pelo site será processada pelo software QGIS, podendo extrair assim as curvas a uma equidistância entre níveis de elevação de até um metro. Determinando assim curvas de nível do terreno, georreferenciadas através do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) – SIRGAS/2000, UTM zona 22S.

Através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), obteve-se o arruamento dos municípios de todo o Brasil, o mesmo já georreferenciados sob o mesmo Datum das curvas de nível mencionadas anteriormente. Tendo em vista que o arruamento disponibilizado pelo IBGE está menos atualizado do que o cedido pela prefeitura de Rio Bonito do Iguaçu, será utilizado o mais completo.

Por fim, com o arruamento fornecido pela prefeitura e as elevações extraídas pelo software juntamente com o arruamento do IBGE, os últimos exportados para o software AutoCAD, realiza-se a sobreposição dos planos de informação, pelo software através de pontos coincidentes em ambos os arquivos, podendo assim definir o escoamento da água da região em análise. Após esse procedimento foram realizadas visitas em campo a fim de verificar a compatibilidade das declividades estimadas com as observadas em loco.

### **3.4 Rede coletora**

#### **3.4.1 Traçado da rede coletora**

Possuindo os dados topográficos juntamente com a disposição das ruas da cidade, é possível realizar traçados para locação da rede coletora. Dessa maneira definir os sentidos de escoamento, juntamente com os órgãos acessórios pertinentes, aproveitando a zona de projeto com a intenção de se beneficiar de declives e da força da gravidade. Pode-se então identificar as áreas de esgotamento de toda o território urbano da cidade.

### 3.4.2 Material das tubulações

A empresa responsável pelo saneamento do Paraná, SANEPAR, vem utilizando como material de tubulações de esgoto o PVC, por esse motivo será o material optado no estudo. O PVC garante uma vida útil melhor a tubulação além do que assegura a qualidade no serviço prestado, o material é mais resistente e garante um índice menor de infiltrações e rompimentos.

O coeficiente de Manning utilizado para cálculos hidráulicos de sistema de esgotamento sanitário que utilizam tubulações de PVC é de  $n=0,010$ , seguindo a NBR 14486 (ABNT,2000)

### 3.4.3 Dimensionamento hidráulico

Os parâmetros e critérios de dimensionamento da rede coletora de esgoto desse trabalho foram adotados seguindo a norma ABNT NBR 9649 (ABNT,1986) paralelamente a NBR 14486 (ABNT,2000) os quais serão expostos a seguir.

#### 3.4.3.1 Estimativa populacional

Para o cálculo da população de projeto será utilizado o método geométrico para representar a situação do caso em estudo, com um alcance de projeto de 30 anos, período maior que o recomendado pela bibliografia de um alcance mínimo de 20 anos.

#### 3.4.3.2 Estimativas de vazões

Para calcular a vazão de esgoto, é preciso que seja determinado o início e final de plano, incluindo as vazões doméstica, infiltração e industriais, ambas contribuem para o dimensionamento da tubulação

A vazão de início de plano é calculada conforme a equação:

$$Q_i = Q_{d,i} + I + \Sigma Q_c$$

Onde  $Q_i$  é a vazão de esgoto sanitário inicial (l/s),  $Q_{d,i}$  é a vazão doméstica de início de plano (l/s),  $I$  é a vazão de infiltração (l/s) e  $Q_c$  é a vazão concentrada (l/s).

A vazão doméstica inicial pode ser calculada através da equação:

$$Q_{d,i} = \frac{P_i \cdot q_e \cdot C \cdot k_2}{86400}$$

Onde  $P_i$  é a população início de plano (hab.),  $q_e$  é a taxa per capita de água efetivo (L/hab.dia) e  $C$  é o coeficiente de retorno;

Semelhante à de início de plano, a vazão de final de plano é calculada através da equação:

$$Q_f = Q_{d,f} + I + \Sigma Q_c$$

Onde  $Q_f$  é a vazão de esgoto sanitário final (l/s) e  $Q_{d,f}$  é a vazão doméstica de final de plano (l/s).

A vazão doméstica final é calculada por:

$$Q_{d,f} = \frac{P_f \cdot q_e \cdot C \cdot k_1 \cdot k_2}{86400}$$

Onde  $P_f$  é a população final de plano (hab.) e  $q_e$  é a taxa per capita de água efetivo (L/hab.dia);

Como já expostos na bibliografia citada acima o consumo de água adotado para cálculos será de 150 l/hab.dia.

O coeficiente de retorno será de 0,8 do volume de água consumido, recomendado pela NBR 9649 (ABNT,1986).

Os coeficientes de variação de vazão  $k_1$  e  $k_2$ , serão respectivamente iguais a 1,20 e 1,50.

### 3.4.3.3 Taxa de contribuição

A taxa de contribuição linear por metro de tubulação no início de plano, é dada pela equação:

$$T_{x,i} = \frac{Q_i - \Sigma Q_c}{L_i}$$

Onde  $T_{x,i}$  é a taxa linear de início de plano (l/s.m) e  $L_i$  é o comprimento da rede de esgotos inicial (m).

E a taxa no final de plano é dada por:

$$T_{x,f} = \frac{Q_f - \Sigma Q_c}{L_f}$$

Onde  $T_{x,f}$  é a taxa linear de final de plano (l/s.m) e  $L_f$  é o comprimento da rede de esgotos final (m).

#### 3.4.3.4 Declividade mínima

Para a declividade mínima da tubulação, como o material adotado foi o PVC, a equação foi estabelecida com o critério da tensão trativa média de 0,6 Pa, e coeficiente de Manning  $n=0,010$ , critérios recomendados pela NBR 14486 (ABNT,2000), a equação que determina esse critério é:

$$I_{0,mín} = 0,0035 \cdot Q_i^{-0,47}$$

Sendo  $I_{0,mín}$  a declividade mínima (m/m) e  $Q_i$  a vazão de jusante do trecho no início do plano (l/s).

#### 3.4.3.5 Determinação das vazões mínimas por trechos da rede

De acordo com a NBR 9649 (ABNT,1986), recomenda-se o uso de 1,5 L/s como vazão mínima para cada trecho da rede coletora de esgoto.

#### 3.4.3.6 Diâmetro mínimo

Embora a NBR 9649 (ABNT,1986) sugira que as redes coletoras não devam possuir diâmetros inferiores a 100mm, a Companhia de Saneamento do Paraná, SANEPAR, por meio do Manual de Projeto Hidrossanitário, 2019, emprega em suas redes de PVC um diâmetro mínimo de 150 mm.

### 3.5 Verificações

#### 3.5.1 Lâmina de água

A altura da lâmina líquida de água ( $y$ ) deve ser calculada admitindo-se um escoamento em regime uniforme e permanente. Portanto a altura máxima é igual a 75% do diâmetro interno do coletor ( $d_0$ ) para a vazão final de um trecho da rede.

$$\frac{y_f}{d_0} \leq 0,75$$

Quanto a lâmina de água mínima não há limitação, pois através do critério da tensão trativa, determina que ao menos uma vez por dia, seja atingindo o valor de 1,0 Pa qualquer que seja a altura da lâmina.

### 3.5.2 Velocidade crítica

O recomendado é caso a velocidade final for superior a velocidade crítica, a lâmina de água deve ser reduzida para 50% do diâmetro do coletor. Para os casos quais a lâmina é maior que 50%, é aconselhável aumentar o diâmetro do coletor. A velocidade crítica é calculada pela equação:

$$v_c = 6\sqrt{g \cdot R_H}$$

Onde

$v_c$  é a velocidade crítica (m/s),  $g$  é a aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>) e  $R_H$  é o raio hidráulico (m).

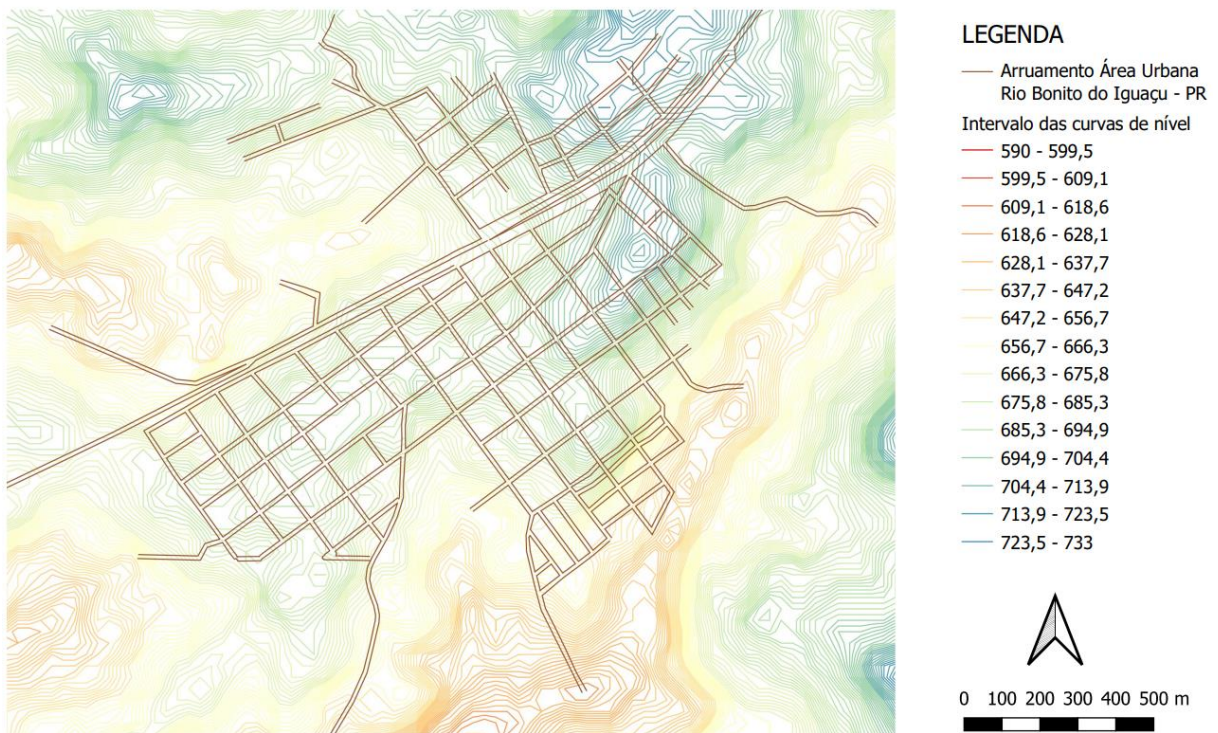


## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Topografia do terreno

Através da imagem de satélite processada pelo software QGIS e do arruamento do IBGE obteve-se a curvas de nível do terreno com uma equidistância de um metro. Como mostra a figura a seguir.

**Figura 15 – Arruamento do IBGE com curvas de nível extraídas do QGIS**  
**CURVAS DE NÍVEL DA ÁREA URBANA DE RIO BONITO DO IGUAÇU - PR**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

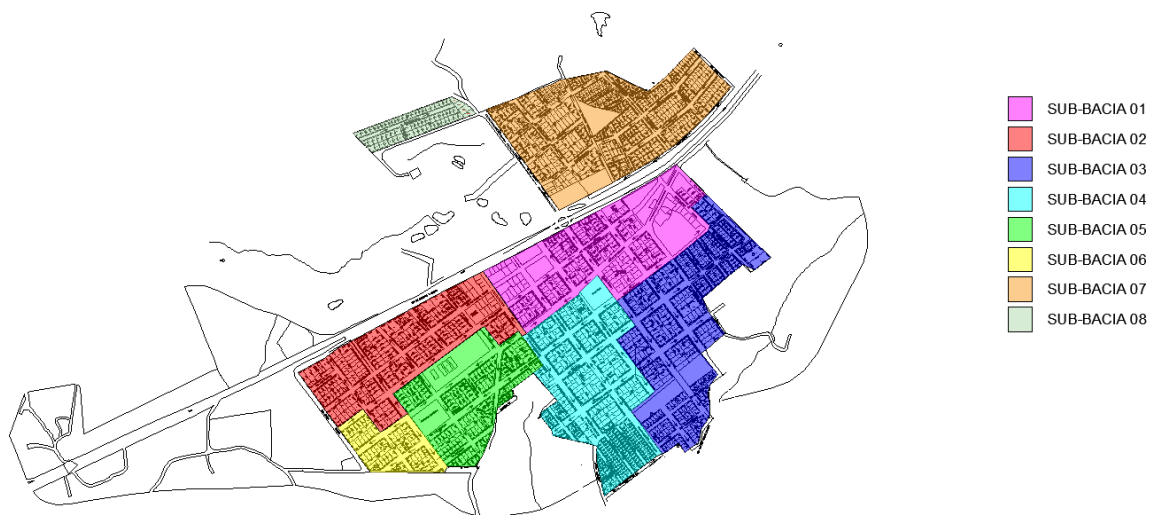
Com o arruamento fornecido pela prefeitura da área urbana assim como os lotes de toda a cidade, como ilustrado no apêndice A, sobrepondo o arruamento do IBGE determinamos assim os escoamentos de acordo com cada trecho de rua do terreno em questão.

## 4.2 Configuração das sub-bacias de esgotamento

Após a determinação da topografia da área urbana do município de Rio Bonito do Iguaçu, assim como os escoamentos de cada trecho da rua, apêndice B, foi possível determinar as sub-bacias da cidade, as quais foram delimitadas de acordo com o melhor aproveitamento do escoamento por gravidade, sem que a rede se tornasse muito profunda.

Totalizando 8 sub-bacias em toda a área urbana da cidade como ilustrado na figura 18. Tomando a sub-bacia 01 como a sub-bacia a ser dimensionada no estudo em questão.

**Figura 16 - Sub-bacias do município de Rio Bonito do Iguaçu**



**Fonte: Autoria Própria (2022)**

## 4.3 Dados censitários

Para elaboração do estudo populacional, realizou-se uma pesquisa de dados censitários referente aos anos dos últimos dois censos, 2000 e 2010 respectivamente, encontrando uma população de 13.791 habitantes no ano de 2000 e 13.661 no ano de 2010. Utilizando o método geométrico de projeção populacional com um alcance de plano de 30 anos, para o ano de 2052 foi projetado uma população de 13.129 habitantes na cidade de Rio Bonito do Iguaçu.

A população residente na área urbana de Rio Bonito do Iguaçu corresponde a 24,52% do total residente no município resultando então em uma população de 3.193 habitantes em 2052.

Delimitou-se então a área abrangente pela bacia em que a rede dimensionada irá abranger, esta que corresponde a área central da parte urbana do município. Escolhido por ser a parte mais antiga da cidade e conseqüentemente um local que possui uma grande parte da população. Podendo assim chegar no número de habitantes que serão atendidos pela sub-bacia, proporcionalmente a área total do município.

Resultando então em uma população inicial de 457 habitantes e uma população final de 454 habitantes para a sub-bacia 01.

#### **4.4 Rede coletora de esgoto**

O sistema de rede de esgotamento sanitário da sub-bacia 01 foi dividido em 43 trechos, com uma extensão total da rede de 3846,42 metros. Definido inicialmente instalação dos terminais de limpeza (TL) nas pontas secas da rede, o qual se torna mais viável financeiramente devido à vazão ser pequena nesses pontos, e permite apenas a inserção de equipamentos de limpeza. Nas demais singularidades foi locado Poços de Visitas (PV), em virtude de nesses pontos acontecer uma alteração de direção da rede e a vazão ser consideravelmente maior, podendo resultar em obstruções futuras nos coletores. Devido a esses motivos os Poços de Visita são recomendados visto que permitem a realização de trabalhos e manutenções na rede.

As extensões dos trechos variam de 13,25 metros, menor trecho da rede, a 99,96 metros, o maior trecho da rede coletora. Considerando que os coletores serão assentados sob o leito da via de tráfego, adotou-se as diretrizes da NBR 9649 (ABNT,1986), a qual recomenda um recobrimento não inferior a 0,9 metros quando assentados nesse local.

O diâmetro mínimo adotado para o sistema de esgotamento sanitário foi de 150 mm seguindo a companhia responsável pelo saneamento do estado (SANEPAR), devido a isso todos os trechos analisados desta sub-bacia foram adotados o mínimo. Devido a baixa vazão nos coletores. Sendo assim, adota-se para os cálculos

hidráulicos a vazão mínima de 1,5 l/s, que é o menor valor seguindo a NBR 9649 (ABNT,1986).

A planilha de dimensionamento completa dos trechos está disponível em anexo D e E, assim como a planta de rede de esgoto da sub-bacia com a locação das singularidades e da rede, disponibilizada no anexo C.

#### 4.5 Análise dos trechos

Na maioria dos trechos da rede os valores da declividade foram valores positivos, que significam que a declividade do terreno está no mesmo sentido do escoamento da rede. Além de positivos, a maior parte dos valores de declividades do terreno são maiores que a mínima, esta que por se tratar de uma tubulação de PVC, apresenta um coeficiente de Manning de 0,010, e seguindo a NBR 14486 (ABNT,2000) o critério da tensão trativa média 0,6 Pa, obtém-se uma declividade mínima consideravelmente pequena. Exceto em dois trechos a declividade adotada não foi declividade do terreno.

A primeira das exceções foi no trecho 41-40 onde a cota a jusante do coletor que é de 686,13 metros está maior que a cota a montante, 686,32 metros, originando assim uma declividade negativa como observado na tabela abaixo.

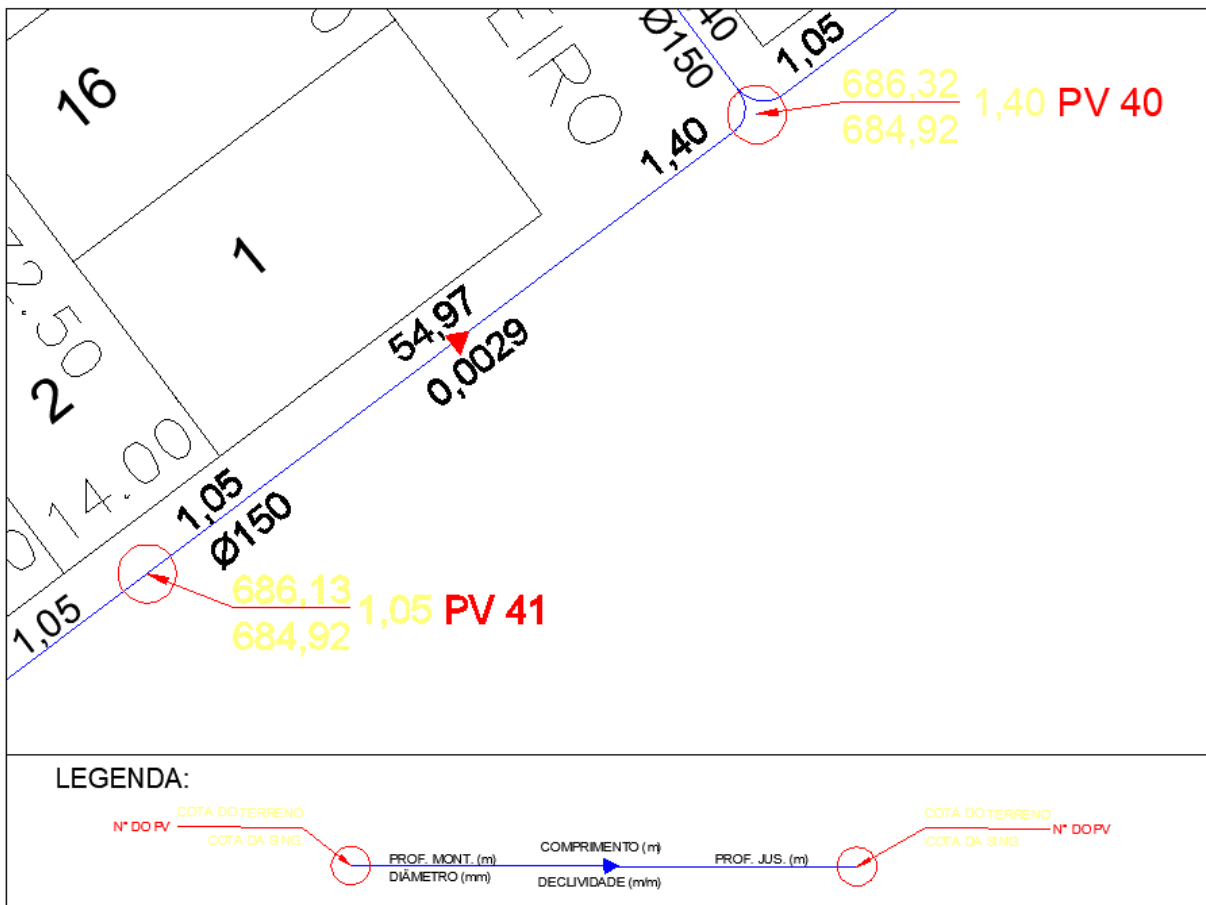
**Tabela 1 - Detalhe trecho 41-40**

Trecho SM-SJ	Extensão (m)	Vazões		Diâmetro adotado (mm)	Declividade mínima (m/m)	Declividade Terreno (m/m)
		Montante (L/s)	Jusante (L/s)			
		Inicial	Inicial			
		Final	Final			
41-40	54,97	0,041090	0,082180	150,0	0,0029	-0,0035
		0,043707	0,087413			

**Fonte: Autoria Própria (2022)**

Nesse caso para esse trecho é adotado a declividade mínima como a declividade do coletor amentando a profundidade do coletor a jusante para 1,40 m. Visualizado na figura 19.

Figura 17 – Detalhe trecho 40-41



Fonte: Autoria Própria (2022)

A escavação é um dos principais fatores que interferem economicamente na implantação de uma rede de esgotamento sanitário, então para cada trecho da tubulação visamos o menor volume escavado possível. Como no trecho anterior não foi possível utilizar a declividade do terreno, para recuperar o recobrimento mínimo na singularidade 38, trecho a jusante de 41-40, adota-se uma declividade intermediária, de modo que a cota de assentamento do coletor respeite o recobrimento mínimo recomendado pela NBR 9649 (ABNT,1986), o qual pode ser observado mais detalhadamente trecho 40-38 na tabela abaixo.

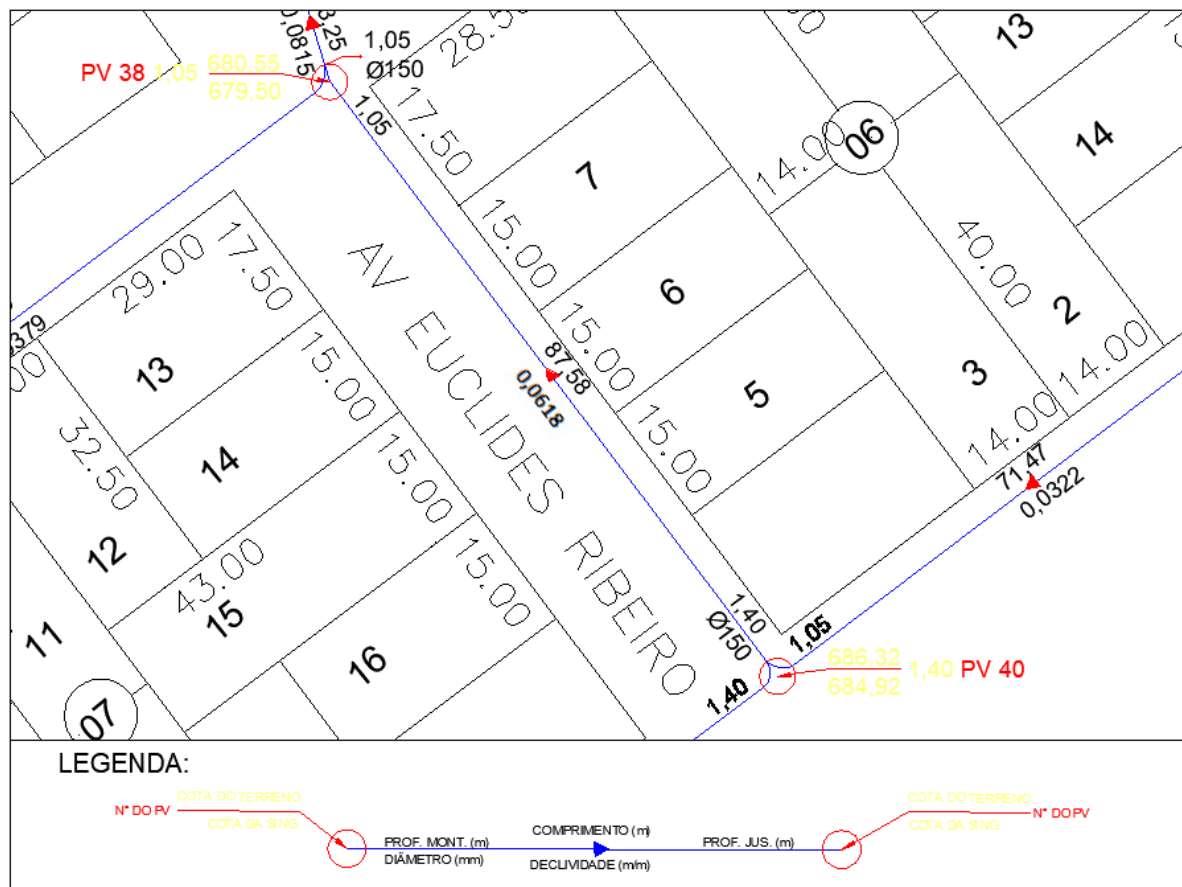
Tabela 2 - Detalhe trecho 40-38

Trecho SM - SJ	Extensão (m)	Vazões		Diâmetro adotado (mm)	Declividade mínima (m/m)	Declividade Terreno (m/m)	Declividade Intermediária para recuperar recobrimento. (m/m)
		Montante (L/s)	Jusante (L/s)				
		Inicial	Inicial				
		Final	Final				
41-40	54,97	0,041090	0,082180	150,0	0,0029	-0,0035	
		0,043707	0,087413				
40-38	87,58	0,135604	0,201070	150,0	0,0029	0,0659	0,0618
		0,144239	0,213874				

Fonte: Aatoria Própria (2022)

Para que a singularidade 38 esteja com 0,90 m de recobrimento mínimo foi adotado a declividade intermediária de 0,0618 m/m para que isso ocorresse, resultando em uma cota de assentamento do coletor de 1,05 metros novamente. Como nota-se na figura 20 a seguir.

Figura 18 - Detalhe trecho 40-38



Fonte: Aatoria Própria (2022)

#### 4.6 Análise da lâmina de água

A tabela abaixo apresenta os valores de todos os valores que possuem critérios a ser respeitados seguindo a NBR 9649 (ABNT,1986) e NBR 14486 (ABNT,2000) trechos da rede em questão.

**Tabela 3 – Tabela de verificações**

Trecho SM - SJ	Extensão (m)	$y_0/D$	Velocidade (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Velocidade crítica (m/s)
		Inicial	Inicial		
		Final	Final		
01-02	99,85	0,12	0,88	5,78	2,00
		0,12	0,88		
02-03	23,71	0,11	0,93	6,51	1,92
		0,11	0,93		
03-06	71,45	0,11	1,05	8,39	1,92
		0,11	1,05		
04-05	55,87	0,10	1,13	9,95	1,83
		0,10	1,13		
05-06	52,40	0,12	1,28	12,12	2,00
		0,12	1,28		
06-07	99,00	0,13	0,98	6,94	2,08
		0,13	0,98		
07-08	44,49	0,10	0,69	3,70	1,83
		0,10	0,69		
08-09	80,27	0,11	1,15	9,99	1,92
		0,11	1,15		
16-15	66,77	0,13	1,11	8,83	2,08
		0,13	1,11		
15-14	56,52	0,11	0,74	4,20	1,92
		0,11	0,74		
14-12	63,21	0,13	1,17	9,80	2,08
		0,13	1,17		
13-12	74,45	0,10	1,16	3,92	1,83
		0,10	1,16		

Tabela 4 - Tabela verificações (continuação)

Trecho SM - SJ	Extensão (m)	y0/D		Velocidade (m/s)		Tensão Trativa (Pa)	Velocidade crítica (m/s)
		Inicial	Inicial	Inicial	Inicial		
		Final	Final	Final	Final		
12-10	74,78	0,10	1,16	10,44	1,83		
		0,10	1,16				
11-10	70,86	0,11	1,07	8,67	1,92		
		0,11	1,07				
10-09	67,06	0,11	1,00	7,64	1,92		
		0,11	1,00				
09*17	60,92	0,14	0,74	3,89	2,15		
		0,14	0,74				
17-18	61,53	0,12	0,86	5,50	2,00		
		0,12	0,86				
25-24	92,40	0,12	0,95	6,62	2,00		
		0,12	0,95				
24-23	48,14	0,13	0,79	4,52	2,08		
		0,13	0,79				
23-21	59,74	0,20	0,85	5,19	2,08		
		0,20	0,85				
22-21	89,78	0,15	0,64	2,83	2,22		
		0,15	0,64				
21-19	86,46	0,10	1,19	10,99	1,83		
		0,10	1,19				
20-19	97,29	0,13	0,82	4,81	2,08		
		0,13	0,82				
19-18	99,87	0,20	0,84	5,25	2,00		
		0,20	0,84				
18-26	67,36	0,12	0,92	6,21	2,00		
		0,12	0,92				
30-29	73,27	0,15	0,68	3,23	2,22		
		0,15	0,68				
29-27	97,09	0,10	1,13	10,07	1,83		
		0,10	1,13				
28-27	76,5	0,13	0,85	5,22	2,08		
		0,13	0,85				
31-27	87,32	0,15	0,64	2,83	2,22		
		0,15	0,64				
27-26	99,96	0,12	0,82	4,97	2,00		
		0,12	0,82				



Trecho SM - SJ	Extensão (m)	$y_0/D$	Velocidade (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Velocidade crítica (m/s)
		Inicial	Inicial		
		Final	Final		
26-32	50,59	0,14	0,74	3,90	2,15
		0,14	0,74		
43-40	71,47	0,14	0,77	4,13	2,15
		0,14	0,77		
42-41	54,97	0,15	0,61	2,59	2,22
		0,15	0,61		
41-40	54,97	0,25	0,32	0,62	2,79
		0,25	0,32		
40-38	87,58	0,13	1,05	7,88	2,08
		0,13	1,05		
39-38	97,29	0,13	0,79	4,54	2,08
		0,13	0,79		
38-37	13,25	0,11	1,05	8,34	1,92
		0,11	1,05		
37-34	58,78	0,10	1,04	8,40	1,83
		0,10	1,04		
36-34	97,62	0,11	1,05	8,44	1,92
		0,11	1,05		
35-34	81,54	0,21	0,42	1,11	2,58
		0,21	0,42		
34-33	56,07	0,13	0,85	5,23	2,08
		0,13	0,85		
44-33	98,4	0,12	0,91	6,14	2,00
		0,12	0,91		
33-32	50,59	0,25	0,42	1,07	2,79
		0,25	0,42		

Fonte: Autoria Própria (2022)

Assumindo um escoamento de regime permanente e uniforme, a NBR 9649 (ABNT,1986) propõe uma lâmina máxima de valor igual ou maior a 75% do diâmetro do coletor. Confirma-se assim os resultados encontrados, visto que o maior valor é da lâmina de água é de 25%.

Considerando o que o menor valor encontrado para atender esse critério foi de 0,62 Pa e analisando o recomendado pela NBR 14486 (ABNT,2000) de que o valor da tensão trativa seja superior a 0,6 Pa, determina-se que, o critério é atendido pelo dimensionamento, garantindo assim a autolimpeza dos tubos, arrastando assim possíveis sólidos que podem sedimentar no fundo dos coletores.

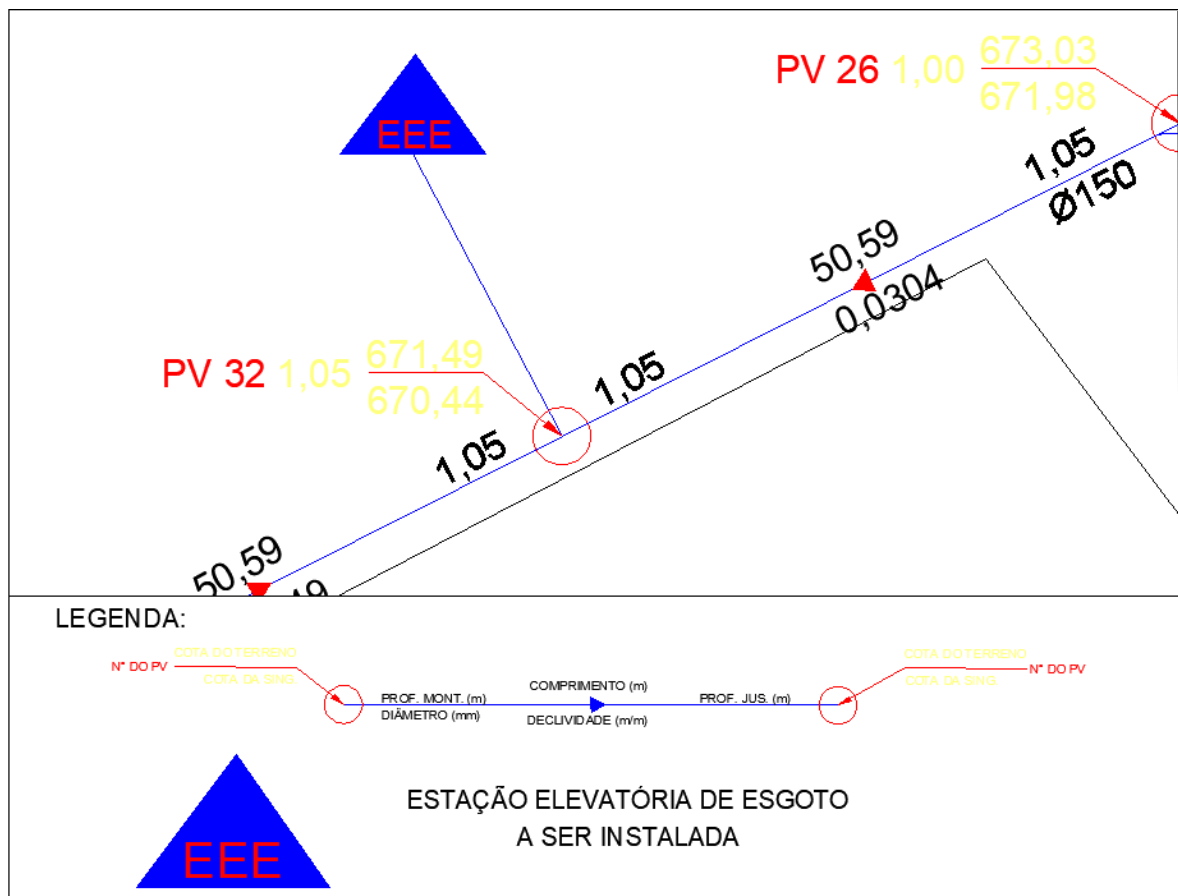
E por fim comparando a velocidade final presente nas tubulações com a velocidade crítica em cada trecho, nota-se que o critério é atendido.

#### 4.7 Determinação da Estação Elevatória de Esgoto

O Poço de Visita de número 32 está situado no ponto mais baixo da sub-bacia 01, o qual se encontra na cota 671,49 m e receberá uma vazão de 2,01 L/s. Caso a estação de tratamento de esgoto se situe em uma cota mais alta ou os dejetos dessa singularidade necessitem de transporte para se unir ao exultório das demais bacias, será necessário a implantação de uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE).

A figura 21 representa o local para a possível implantação de uma Estação Elevatória de Esgoto, que deverá ser dimensionada para transferir os efluentes oriundos do PV 32.

Figura 19 - Estação Elevatória de Esgoto



Fonte: Autoria Própria (2022)

## 5 CONCLUSÃO

Nesse estudo realizou-se um pré-dimensionamento da rede coletora de esgoto do município de Rio Bonito do Iguaçu. A escolha para realização do local de estudo foi em consequência aos problemas que a cidade vem enfrentando pela inexistência de um sistema de esgotamento sanitário, colocando em risco a saúde população em questão.

Embasado em revisões bibliográficas e materiais coletados nos órgãos públicos, foi possível diagnosticar como se encontra a situação do município em relação a coleta de esgoto para posteriormente realizar o estudo de concepção.

Levando em consideração que o município não possui dados topográficos a respeito do relevo do terreno, tendo consciência que não é o ideal para o projetar uma rede coletora, foi utilizado imagens de satélites por meio de modelos numéricos do terreno para obter o levantamento das curvas de nível da área urbana do território e então identificar os escoamentos.

Analisando a sub-bacia dimensionada, pode-se afirmar que a declividade do terreno auxiliou no dimensionamento da rede coletoras, pois os condutos acompanharam esse declive, evitando escavações profundas que afetariam no orçamento da obra. A escolha do PVC, tubulação utilizada pela SANEPAR é outro ponto positivo pois as normas que o regulamentam apresentam critérios que resultam em condutores de menor porte, resultando em diâmetros mínimos exigido por norma. Possivelmente em um estudo completo da área, analisando a topografia do terreno e as sub-bacias, será necessário a implantação de algumas estações elevatórias para que todo o esgoto da cidade se concentre em apenas uma estação de tratamento de esgoto.

Conclui-se então que o estudo por completo da rede coletora demanda tempo e diversas considerações como: os recursos financeiros para instalação da rede, pesquisas mais profundas a respeito da população, necessidades da localidade, projeções para o crescimento populacional e industrial da cidade, entre outros. Por esse motivo, foram realizados os primeiros passos, através do pré-dimensionamento de uma sub-bacia, com a indicação das demais, norteados futuras pesquisas relacionadas ao assunto, contribuindo para o progresso da infraestrutura de Rio Bonito

do Iguaçu, juntamente com a melhoria na condição de vida da população e bem-estar ambiental.

## REFERÊNCIAS

AISSE, Miguel Mansur, et al. **Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para o tratamento de esgoto sanitário**. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol. 21. 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12208. (1992). **Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário** - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15420. (2022). **Tubos, conexões e acessórios de ferro dúctil para sistemas de esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro, 2022.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5645. (1990). **Tubo cerâmico para canalizações**. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7362-1. (2005). **Sistemas enterrados para condução de esgoto**. Parte 1: Requisitos para tubos de PVC com junta elástica. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648 (1986). **Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649. (1986). **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1986.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. Acesso em 12 de junho de 2022, disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>.

ASPERBRAS – Catálogo de produtos. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: <http://site.asperbrastuboseconexoes.com.br/-catalogo>

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998.

BEVILACQUA. N. **Materiais de tubulações utilizadas em sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários**. Estudo de caso da área norte de São Paulo. Dissertação. São Paulo, 2006.

CERAMICA MARTINS. Catálogo Geral. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: <http://www.ceramicamartins.com.br>

CONTERATO, Eliane, et al. **Saneamento**. Disponível em: Minha Biblioteca, Grupo A, 2018.

DANTAS, Felipe von Atzingen. et al. **Uma análise da situação do saneamento no Brasil**. São Paulo, 2012.

FESTI, A.; V. **Estimativa da infiltração e do afluxo devido a precipitação na rede de esgoto sanitário em município de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, 2006.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. Brasília, 3ª edição, 2006.

GUARANI TUBOS. Catálogo Técnico. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: [www.guaranitubos.com.br/pdf/catalogo-tecnico.pdf](http://www.guaranitubos.com.br/pdf/catalogo-tecnico.pdf)

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOMES DIAS. H. **Potencialidade do filtro anaeróbio**. Vol. 49. N° 154. São Paulo, 1989.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Acesso em 26 de maio de 2022, disponível em IBGE Cidades: [www.ibge.gov.br/cidades](http://www.ibge.gov.br/cidades).

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KENAFLEX. Tubo PEAD corrugado com paredes estruturadas. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: <http://www.kanaflex.com.br/>

LEÃO, Lourdes Meireles. **Metodologia do Estudo e Pesquisa**: facilitando a vida dos estudantes, professores e pesquisadores. Petrópolis, RJ: Vozes, 2017.  
Mais de 4,2 bilhões de pessoas vivem sem acesso a saneamento básico, Nações Unidas. 19 nov. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/101526-mais-de-42-bilhoes-de-pessoas-vivem-sem-acesso-saneamento-basico>. Acesso em: 20 maio 2022.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5ª ed. McGraw Hill Brasil, 2016.

Ministério das Cidades. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – Nucase. **Esgotamento Sanitário: operação e manutenção de redes coletoras de esgoto**: guia do profissional em treinamento (nível 2). Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental/Ministério das Cidades, 2008.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário** – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 2ª edição, 2011.

PINTO, J. H.F.; CAVASSOLA, G. Universalização do Esgotamento Sanitário? **Conselho em Revista**, Porto Alegre, n. 83, jul. 2011.

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. 25 set. 2019.

POZZI, E. **Remoção de nitrogênio de efluente de reator uasb e perfil microbiano de lagoa de estabilização aerada- facultativa travando água residuária de abatedouro de aves**. São Paulo, 2016.

SABESP. Norma Técnica NTS-025. **Projeto de redes coletoras de esgotos: Procedimento**. São Paulo, 2020.

SAINT-GOBAIN. Catálogo Geral. Acesso em 15 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.sgpam.com.br/downloads/catalogos>

Sampieri, R.H., Collado, C.F. and Lúcio, M.P.B. (2013) Metodologia de pesquisa (Research Methodology). AMGH, Brazil.

SNIS - Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional: **Diagnóstico Temático dos Serviços de Água e Esgotos**, 2020.

TRATA BRASIL, Instituto. Painel do Saneamento: parcela da população com coleta de esgoto. 2022. Disponível em: [www.painelsaneamento.org.br/](http://www.painelsaneamento.org.br/). Acesso em: 28 maio 2022.

TSUTIYA, M. T., ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

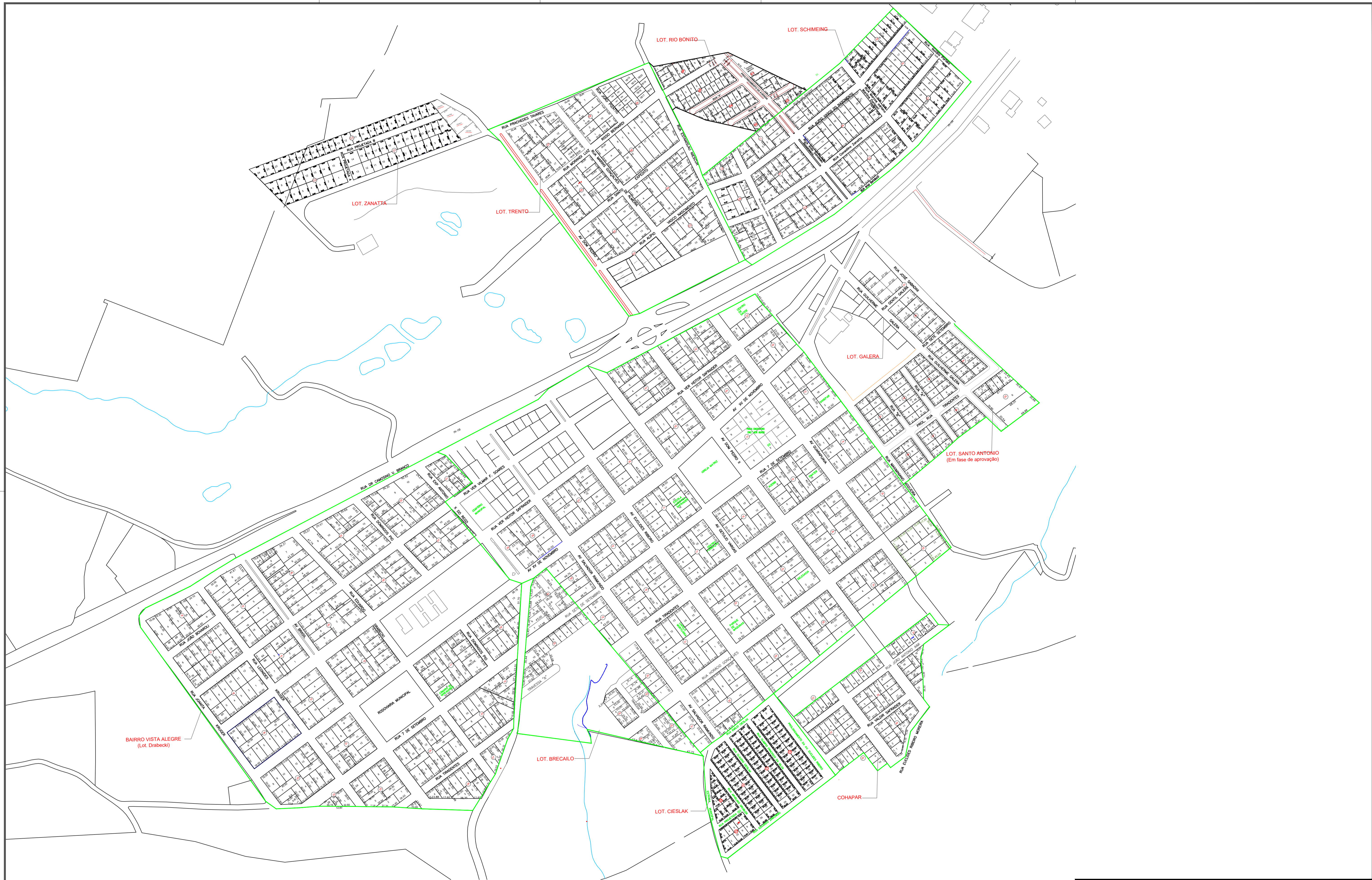
TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 2000.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 1996. 2 v. Departamento de Engenharia Sanitária - UFMG. Belo Horizonte - MG, 1996.

## APÊNDICES

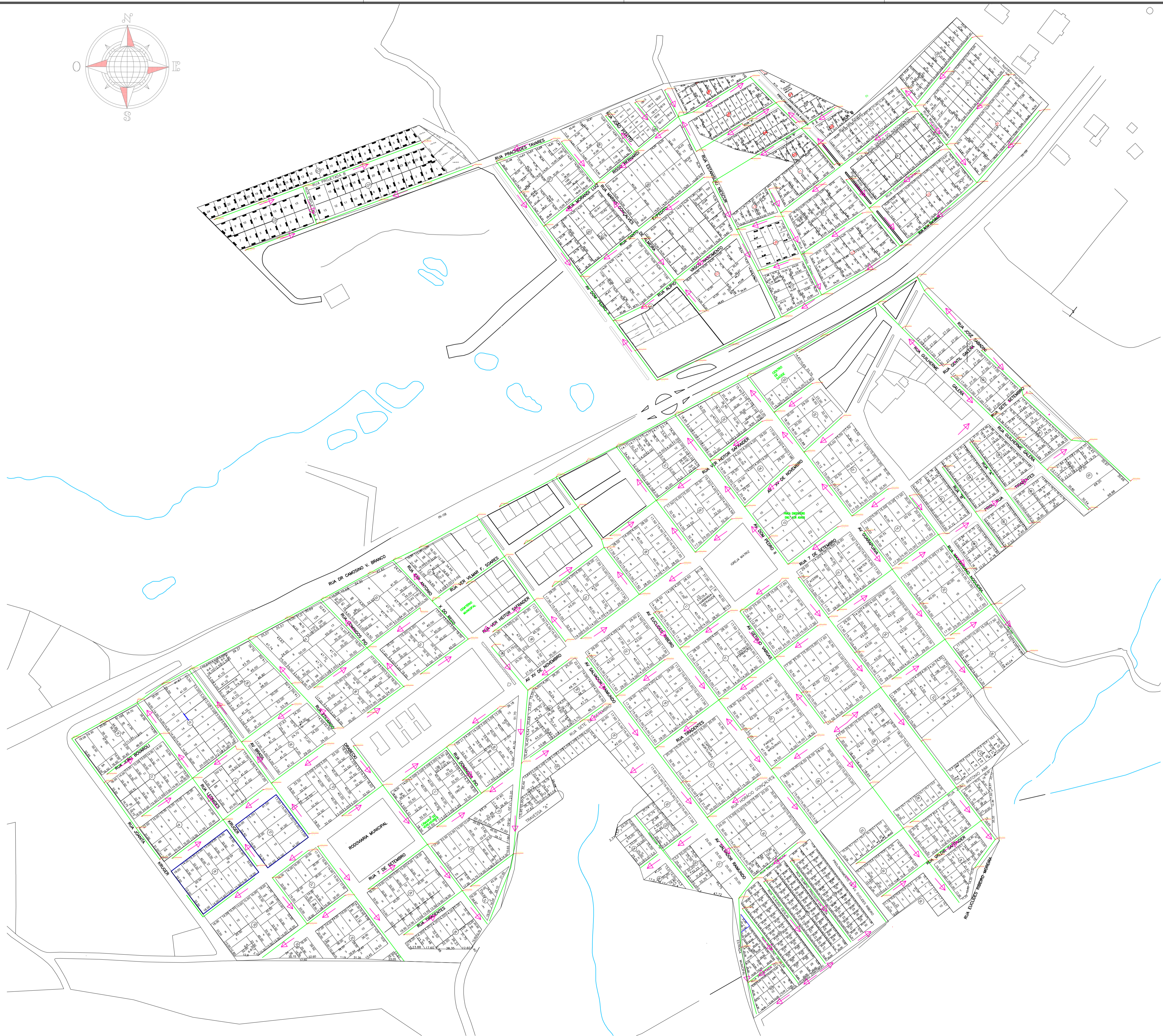
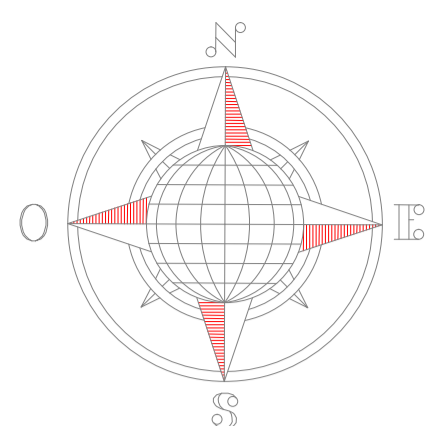




1 ARRUAMENTO DO MUNICÍPIO  
ESCALA 1/3000

REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO		OBRA Rio Bonito do Iguçu - PR	ALUNO Gabriel Bartoluzzi dos Santos
ESCALA INDICADA	CONTEÚDO - ARRUAMENTO DO MUNICÍPIO DE RIO BONITO DO IGUÇU - PR	ORIENTADOR Cesar Augusto Medeiros Destro	
DESENHO GABRIEL BARTOLUZZI			
DATA 16/11/2022			
REVISÃO 01			
01/03		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	





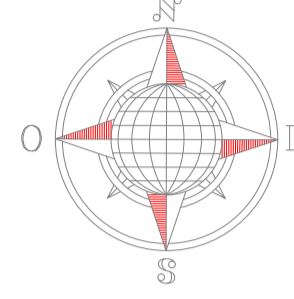
**LEGENDA:**

- ESCOAMENTO DOS TRECHOS
- REDE DE ESGOTO

① TRACADO DA REDE E ESCOAMENTOS  
ESCALA 1/3000

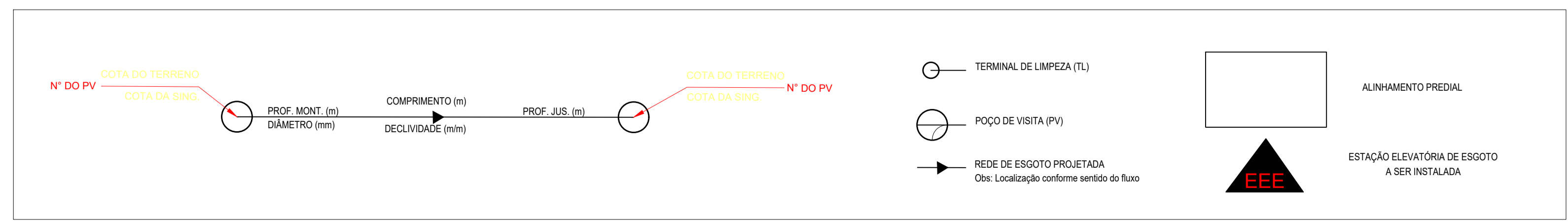
OBRA Rio Bonito do Iguçu - PR		ALUNO Gabriel Bartoluzzi dos Santos
REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	CONTEÚDO - TRACADO DA REDE COLETORA - LOCAÇÃO DE SINGULARIDADES - SENTIDOS DOS ESCOAMENTOS DAS RUAS	ORIENTADOR Cesar Augusto Medeiros Destro
ESCALA INDICADA		
DESENHO GABRIEL BARTOLUZZI		
DATA 16/11/2022		
REVISÃO 01		
02/03		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO





1 REDE COLETORA SUB-BACIA 01  
ESCALA 1/1250

LEGENDA:



REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	OBRA Rio Bonito do Iguçu - PR	ALUNO Gabriel Bartoluzzi dos Santos
ESCALA INDICADA	CONTEÚDO - PLANTA BAIXA DA REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA SUB-BACIA 01	ORIENTADOR Cesar Augusto Medeiros Destro
DESENHO GABRIEL BARTOLUZZI		
DATA 16/11/2022		
REVISÃO 01		
03/03		TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



**PLANILHA DE CÁLCULO HIDRÁULICO**  
SISTEMAS DE ESGOTOS SANITÁRIOS

CÁLCULO:

VERIFICADO:

DATA

25/08/2021

FOLHA

1

Recmín

0,9

Trecho SM - SJ	Extensão (m)	Contribuições		Vazões		Diâmetro calculado (mm)	Diâmetro adotado (mm)	Declividade mínima (n/m)	Declividade Terreno (n/m)	Declividade Intermediária para recuperar recobrimento. (m/m)	Cota do terreno		Cotas do coletor		Profundidade do coletor		Profundidade da singularidade		y <sub>0</sub> /D	Velocidade (m/s)	Tensão Trativa (Pa)	Velocidade crítica (m/s)
		Linear (L/s.m)	Trecho (L/s)	Montante (L/s)	Jusante (L/s)						Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante				
		Inicial	Inicial	Inicial	Inicial																	
		Final	Final	Final	Final																	
43-40	71,47	0,000748	0,053424	0,000000	0,053424	52,3	150,0	0,0029	0,0322		688,62	686,32	687,57	685,27	1,05	1,05	1,05	1,05	0,14	0,77	4,13	2,15
		0,000795	0,056826	0,000000	0,056826														0,14	0,77		
42-41	54,97	0,000748	0,041090	0,000000	0,041090	57,8	150,0	0,0029	0,0189		687,17	686,13	686,12	685,08	1,05	1,05	1,05	1,05	0,15	0,61	2,59	2,22
		0,000795	0,043707	0,000000	0,043707														0,15	0,61		
41-40	54,97	0,000748	0,041090	0,041090	0,082180	82,2	150,0	0,0029	-0,0035		686,13	686,32	685,08	684,92	1,05	1,40	1,05	1,40	0,25	0,32	0,62	2,79
		0,000795	0,043707	0,043707	0,087413														0,25	0,32		
40-38	87,58	0,000748	0,065466	0,135604	0,201070	45,7	150,0	0,0029	0,0659	0,0618	686,32	680,55	684,92	679,50	1,40	1,05	1,40	1,05	0,13	1,05	7,88	2,08
		0,000795	0,069635	0,144239	0,213874														0,13	1,05		
39-38	97,29	0,000748	0,072724	0,000000	0,072724	50,7	150,0	0,0029	0,0379		684,24	680,55	683,19	679,50	1,05	1,05	1,05	1,05	0,13	0,79	4,54	2,08
		0,000795	0,077355	0,000000	0,077355														0,13	0,79		
38-37	13,25	0,000748	0,009904	0,273794	0,283699	43,9	150,0	0,0029	0,0815		680,55	679,47	679,50	678,42	1,05	1,05	1,05	1,05	0,11	1,05	8,34	1,92
		0,000795	0,010535	0,291229	0,301764														0,11	1,05		
37-34	58,78	0,000748	0,043938	0,283699	0,327637	43,1	150,0	0,0029	0,0898		679,47	674,19	678,42	673,14	1,05	1,05	1,05	1,05	0,10	1,04	8,40	1,83
		0,000795	0,046736	0,301764	0,348500														0,10	1,04		
36-34	97,62	0,000748	0,072971	0,000000	0,072971	43,8	150,0	0,0029	0,0826		682,25	674,19	681,20	673,14	1,05	1,05	1,05	1,05	0,11	1,05	8,44	1,92
		0,000795	0,077618	0,000000	0,077618														0,11	1,05		
35-34	81,54	0,000748	0,060951	0,000000	0,060951	71,6	150,0	0,0029	0,0060		674,68	674,19	673,63	673,14	1,05	1,05	1,05	1,05	0,21	0,42	1,11	2,58
		0,000795	0,064832	0,000000	0,064832														0,21	0,42		
34-33	56,07	0,000748	0,041912	0,461559	0,503471	49,4	150,0	0,0029	0,0437		674,19	671,74	673,14	670,69	1,05	1,05	1,05	1,05	0,13	0,85	5,23	2,08
		0,000795	0,044581	0,490950	0,535532														0,13	0,85		
44-33	98,4	0,000748	0,073554	0,000000	0,073554	47,3	150,0	0,0029	0,0553		677,18	671,74	676,13	670,69	1,05	1,05	1,05	1,05	0,12	0,91	6,14	2,00
		0,000795	0,078238	0,000000	0,078238														0,12	0,91		
33-32	50,59	0,000748	0,037816	0,577025	0,614841	74,3	150,0	0,0029	0,0049		671,74	671,49	670,69	670,44	1,05	1,05	1,05	1,05	0,25	0,42	1,07	2,79
		0,000795	0,040224	0,613769	0,653994														0,25	0,42		