

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS DE GESTÃO DE ESGOTO  
SANITÁRIO EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS DO  
MUNICÍPIO DE RIO VERDE - GO MEDIANTE APLICAÇÃO  
DO MÉTODO AHP**

**ALUÍSIO VIEIRA ARANTES NETO**

**Rio Verde - GO**

**2021**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS DE GESTÃO DE ESGOTO  
SANITÁRIO EM CONDOMÍNIOS HORIZONTAIS DO MUNICÍPIO DE  
RIO VERDE - GO MEDIANTE APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP**

**ALUÍSIO VIEIRA ARANTES NETO**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

Rio Verde - GO

Maio, 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

A662a Arantes Neto, Aluísio Vieira  
Análise das alternativas de gestão de esgoto  
sanitário em condomínios horizontais do município de  
Rio Verde - GO mediante aplicação do método AHP /  
Aluísio Vieira Arantes Neto; orientador Dr. Édio  
Damásio da Silva Júnior. -- Rio Verde, 2021.  
91 p.

TCC (Graduação em Engenharia Civil) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Esgotamento sanitário. 2. Condomínios  
horizontais. 3. Método AHP. I. Silva Júnior, Dr. Édio  
Damásio da, orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 68/2021 - CCGRAD-RV/GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos 24 dias do mês de maio de 2021, às 07 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Édio Damásio da Silva Júnior (orientador), Bruno Botelho Saleh (membro) e Michell Macedo Alves (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Análise das alternativas de gestão de esgoto sanitário em condomínios horizontais do município de Rio Verde - GO mediante aplicação do método AHP” do estudante Aluísio Vieira Arantes Neto, Matrícula nº 201702200840020 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

*(Assinado Eletronicamente)*

Édio Damásio da Silva Júnior

Orientador

*(Assinado Eletronicamente)*

Bruno Botelho Saleh

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Michell Macedo Alves

Membro

#### **Observação:**

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Bruno Botelho Saleh**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/06/2021 15:06:29.
- **Michell Macedo Alves**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/06/2021 11:42:44.
- **Edio Damasio da Silva Junior**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/06/2021 11:21:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 02/06/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 275699

Código de Autenticação: 17a75d91a3



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Aluísio Vieira Arantes Neto

Matrícula: 2017102200840020

Título do Trabalho: Análise das alternativas de gestão de esgoto sanitário em condomínios horizontais do município de Rio Verde - GO mediante aplicação do método AHP

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_/\_\_/\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO, 01/ 06/ 2021.

*Aluísio Vieira Arantes Neto*

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

*Aluísio Donizete do Amaral Júnior*

Assinatura do(a) orientador(a)

## **AGRADECIMENTOS**

Durante esta caminhada são inúmeros desafios que são enfrentados e, por isso, agradeço primeiramente a Deus, por ter me proporcionado saúde, coragem e ânimo todos os dias para vencer as adversidades.

A minha esposa Luécia Machado por todo apoio, incentivo e todas vezes que me encorajou a continuar , reforçando que eu conseguiria. Aos meus pais , Andrei Ribeiro e Lidiane Queiroz que sempre incentivaram meus estudos e contribuiriam em toda a minha formação. De mesmo modo, o meu irmão, os meus avós, tios, tias, primos e primas.

Aos meus amigos e colegas de graduação por toda ajuda nesta trajetória e compartilhamento de vivências e experiências, ao meu orientador Édio Damásio da Silva Júnior, por todo auxílio nesta pesquisa, pela paciência e incentivo, bem como os demais professores que contribuíram na minha formação pessoal e profissional durante esta graduação, deste modo, um agradecimento aos professores Bruno Botelho Saleh e Michell Macedo Alves que com muita prontidão aceitaram o convite de participar da avaliação deste trabalho.

## RESUMO

ARANTES NETO, Alúcio Vieira. **Análise das alternativas de gestão de esgoto sanitário em condomínios horizontais do município de Rio Verde - GO mediante aplicação do método AHP**. 2021. 90p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2021.

A inexistência de serviços básicos de saneamento, especialmente dos sistemas de coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários resulta em inúmeros malefícios à saúde pública e ao meio ambiente. Neste sentido, é necessário que haja uma gestão eficiente de esgotamento sanitário em condomínios horizontais. A maior parte dos condomínios horizontais se encontram próximos a zonas de expansão, áreas verdes e de preservação permanente, distantes da rede, dificultando o acesso a serviços públicos de esgotamento sanitário e de abastecimento de água. O presente trabalho visa efetuar uma aplicação do método AHP para auxiliar o processo decisório de implantação de alternativas para a gestão de esgotamento sanitário em condomínios horizontais no município de Rio Verde – GO. Através da ferramenta Google Earth, escolheu-se a área de estudo potencial pertencente ao município, obtendo-se a descrição de suas características físicas pelo programa Qgis. Com este estudo, verificou-se que o sistema rede do condomínio + wetlands construídos foi a alternativa mais apropriada para a área de estudo escolhida com 47% de representatividade, seguida da “Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD)” e Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio) ligado à rede pública”. Nota-se ainda que o critério econômico e o subcritério custos de operação e manutenção com maiores valores de prioridades globais foram determinantes neste resultado. Destarte, o método AHP é uma ferramenta que auxiliou positivamente na escolha da melhor alternativa para gestão de esgotamento sanitário na área de estudo selecionada.

**Palavras-chave:** esgotamento sanitário, condomínios horizontais, método AHP.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Sistema convencional de esgotamento sanitário .....	15
<b>Figura 2</b> - Esquema representativo do perfil longitudinal de uma wetland construída .....	19
<b>Figura 3</b> - Tipos de Wetlands Construídos .....	19
<b>Figura 4</b> - Montagem de um sistema de flotação por ar dissolvido (FAD).....	20
<b>Figura 5</b> - Mapa de atendimento da rede de esgotamento sanitário do Município de Rio Verde – GO .....	23
<b>Figura 6</b> - Gestão centralizada e descentralizada de esgotamento sanitário.....	25
<b>Figura 7</b> - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão .....	28
<b>Figura 8</b> - Fluxograma de desenvolvimento do projeto.....	29
<b>Figura 9</b> - Tela de abertura do programa Google Earth Pro .....	30
<b>Figura 10</b> - Mapa de zoneamento do município de Rio Verde – GO.....	31
<b>Figura 11</b> - Área de Estudo.....	32
<b>Figura 12</b> - Página de acesso do Sistema Estadual de Geoinformação .....	32
<b>Figura 13</b> - Tela de acesso do software Qgis.....	33
<b>Figura 14</b> - Árvore Hierárquica para o Processo de Decisão da melhor alternativa para a gestão de esgotamento sanitário na área em estudo .....	34
<b>Figura 15</b> - Definição dos subcritérios .....	34
<b>Figura 16</b> - Matriz comparativa exemplo .....	39
<b>Figura 17</b> - PML's dos Critérios sócio-ambiental; técnico e econômico .....	43
<b>Figura 18</b> - Aspectos críticos e importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgoto em regiões desenvolvidas e em desenvolvimento .....	43
<b>Figura 19</b> - PML's dos Subcritérios Sócio-ambientais.....	46
<b>Figura 20</b> - PML's dos Subcritérios Técnicos.....	48
<b>Figura 21</b> - PML's dos Subcritérios econômicos .....	49
<b>Figura 22</b> - Concentrações típicas de H <sub>2</sub> S na atmosfera de diferentes unidades de estações de tratamento de esgoto doméstico e do sistema de esgotamento sanitário.....	56
<b>Figura 23</b> - Prioridade Global das Alternativas.....	78

## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1</b> - Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2019, segundo macrorregião geográfica e Brasil .....	21
---	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Operações e processos decorrentes do tratamento de esgotos.....	17
<b>Tabela 2</b> - Níveis de Tratamento de esgotos.....	18
<b>Tabela 3</b> -Escala de julgamento de importância do método AHP .....	28
<b>Tabela 4</b> - Escala de importância simplificada de Saaty .....	39
<b>Tabela 5</b> - Índices de Consistência Randômico .....	40
<b>Tabela 6</b> - Tolêrancia recomendada para a Razão de Consistência.....	41
<b>Tabela 7</b> - Matriz comparativa entre critérios sócio-ambiental; técnico e econômico para escolha da melhor alternativa .....	41
<b>Tabela 8</b> - Primeiro passo para normalização da matriz comparativa .....	42
<b>Tabela 9</b> – Procedimento de Cálculo de normalização da matriz comparativa.....	42
<b>Tabela 10</b> - Cálculo das PML's dos critérios sócio-ambiental; técnico e econômico .....	42
<b>Tabela 11</b> - Cálculo do $\lambda_{m\acute{a}x}$ .....	44
<b>Tabela 12</b> - Cálculo do Índice de Consistência e da Razão de Consistência.....	45
<b>Tabela 13</b> - Matriz comparativa entre subcritérios sócio-ambientais para escolha da melhor alternativa para o estudo .....	45
<b>Tabela 14</b> - Matriz comparativa normalizada entre subcritérios sócio-ambientais e suas respectivas PML's .....	45
<b>Tabela 15</b> - Matriz comparativa entre subcritérios técnicos para escolha da melhor alternativa para o estudo.....	47
<b>Tabela 16</b> - Matriz comparativa normalizada entre subcritérios técnicos e suas respectivas PML's .....	47
<b>Tabela 17</b> - Matriz comparativa entre subcritérios econômicos para escolha da melhor alternativa para o estudo .....	48
<b>Tabela 18</b> - Matriz comparativa normalizada entre subcritérios econômicos e suas respectivas PML's .....	49
<b>Tabela 19</b> - Consistência dos julgamentos das matrizes de subcritérios .....	50
<b>Tabela 20</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante eficiência de tratamento.....	51
<b>Tabela 21</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante eficiência de tratamento e suas respectivas PML's .....	52
<b>Tabela 22</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante odor e atração de insetos.....	54
<b>Tabela 23</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante odor e atração de insetos e suas respectivas PML's .....	55
<b>Tabela 24</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante ruídos .....	57

<b>Tabela 25</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante ruídos e suas respectivas PML's .....	58
<b>Tabela 26</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante desvalorização de terrenos próximos .....	59
<b>Tabela 27</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante desvalorização de terrenos próximos e suas respectivas PML's .....	60
<b>Tabela 28</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante dificuldade de movimentação de solo e fundação .....	61
<b>Tabela 29</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante dificuldade de movimentação de solo e fundação e suas respectivas PML's .....	62
<b>Tabela 30</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante dificuldade de implantação..	63
<b>Tabela 31</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante dificuldade de implantação e suas respectivas PML's .....	64
<b>Tabela 32</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante dificuldades de operação e manutenção .....	65
<b>Tabela 33</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante dificuldades de operação e manutenção e suas respectivas PML's .....	66
<b>Tabela 34</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante custo de movimentação de solo e fundação.....	67
<b>Tabela 35</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante custo de movimentação de solo e fundação e suas respectivas PML's .....	68
<b>Tabela 36</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante custo de implantação .....	69
<b>Tabela 37</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante custo de implantação e suas respectivas PML's .....	70
<b>Tabela 38</b> - Matriz comparativa entre as alternativas mediante custo de operação e manutenção .....	71
<b>Tabela 39</b> - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante custo de operação e manutenção e suas respectivas PML's.....	72
<b>Tabela 40</b> - Consistência dos julgamentos das matrizes das alternativas segundo os subcritérios .....	73
<b>Tabela 41</b> – Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + estação elevatória de esgoto (condomínio), ligado à rede pública;” .....	74
<b>Tabela 42</b> – Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);” .....	75

<b>Tabela 43</b> - Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;” .....	76
<b>Tabela 44</b> - Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.” .....	77
<b>Tabela 45</b> - Prioridade Global das Alternativas.....	78

## LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ABNT	Associao Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Processo de Hierarquia Analítica
AMAE	Agência Municipal de Regulao dos Servios de gua e Esgoto
AVTO	Atestado de Viabilidade Técnica e Operacional
DBO	Demanda Bioquímica de Oxignio
EEE	Estaao Elevatória de Esgoto
ETE	Estaao de Tratamento de Esgoto
FAD	Flotador por Ar Dissolvido
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organizao das Naes Unidas
Planasa	Plano Nacional de Saneamento
PML's	Prioridade Mdia Local
PNUD	Programa das Naes Unidas para o Desenvolvimento
SNIS	Sistema Nacional de Informaaes sobre Saneamento
USEPA	Agência de Proteo Ambiental dos Estados Unidos
UV	Ultra Violeta
SES	Sistema de esgotamento sanitário
SIEG	Sistema Estadual de Geoinformao

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivos.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Conceituação e Caracterização do Esgoto Sanitário .....	13
2.2 Sistema de Esgotamento Sanitário .....	14
2.2.1 Componentes do sistema de esgotamento sanitário .....	15
2.3 Formas de Tratamento de Esgotamento Sanitário.....	16
2.4 Panorama do Saneamento Básico.....	20
2.5 Gestão de Esgotamento Sanitário .....	24
2.5.1 Gestão centralizada de esgotamento sanitário .....	24
2.5.2 Gestão descentralizada de esgotamento sanitário.....	24
2.6 Gestão de Esgotamento Sanitário em Condomínios Horizontais.....	25
2.7 Método AHP.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Escolha da Área de Estudo .....	30
3.2 Levantamento das Características Físicas da Área de Estudo.....	32
3.3 Definição de Critérios e Subcritérios da Análise AHP.....	33
3.3.1 Critérios sócio-ambientais .....	35
3.3.1.1 Eficiência de tratamento .....	35
3.3.1.2 Odor e atração de insetos.....	35
3.3.1.3 Geração de ruídos .....	36
3.3.1.4 Desvalorização de terrenos próximos.....	36
3.3.2 Critérios técnicos .....	36
3.3.2.1 Dificuldade de movimentação de solo e fundação .....	36
3.3.2.2 Dificuldade de implantação da estrutura .....	37
3.3.2.3 Dificuldade de operação e manutenção .....	37
3.3.3 Critérios econômicos .....	37
3.3.3.1 Custo de movimentação de solo e fundação.....	38
3.3.3.2 Custo de implantação da estrutura.....	38
3.3.3.3 Custo de operação e manutenção.....	38
3.4 Procedimento de Cálculos – Método AHP.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41

4.1 Avaliação dos Critérios .....	41
4.2 Avaliação dos Subcritérios .....	45
4.3 Análise das Alternativas .....	50
4.3.1 Subcritérios sócio-ambientais .....	50
4.3.2 Subcritérios técnicos .....	61
4.3.2 Subcritérios econômicos .....	67
4.4 Prioridades Globais .....	73
5 CONCLUSÃO .....	80
6 REFERÊNCIAS .....	81

## 1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico se constitui como um dos principais requisitos para a perfeita manutenção da vida e saúde do homem. A lei nº 14.026/2020, alterou a lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, em seu art. 3º, definindo como saneamento básico, o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais e esgotamento sanitário. (BRASIL, 2020)

A falta de sistemas de coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários resulta em formas inadequadas para sua disposição, tais como: lançamento em corpos hídricos, disposição em terrenos, infiltração no solo e conseqüente poluição da água subterrânea. Com isso, favorece-se o contato, de forma indireta, das pessoas com os dejetos, ocasionando a proliferação de doenças de veiculação hídrica, desta forma, fazer a disposição adequada dos esgotos pode trazer grandes melhorias para a saúde pública.

Além disso, se a disposição final do esgoto for incorreta, pode acarretar prejuízos ao meio ambiente uma vez que a presença de matéria orgânica no esgoto pode propiciar a diminuição do oxigênio no corpo d'água provocando morte dos organismos aquáticos e odores ruins. A ausência, total ou parcial, de serviços públicos nas áreas urbanas, suburbanas e rurais exige a implantação de algum meio de disposição de esgotos locais, com o objetivo de evitar a contaminação do solo e da água. Ressalta-se então a necessidade da adoção de sistemas adequados para a destinação dos esgotos locais.

Segundo a Funasa – Fundação Nacional de Saúde (2008), um projeto de sistema de gestão esgotamento sanitário deve apresentar elementos e informações necessárias e suficientes para que a obra seja executada com segurança, funcionalidade, adequação, facilidade de construção, conservação e operação, durabilidade dos componentes e principalmente a possibilidade do emprego de mão-de-obra, material, matérias-primas e tecnologias existentes no local.

Segundo a lei complementar nº 5.318/2007 que dispõe sobre o plano diretor e o processo de planejamento do município de Rio Verde, art. 66, inciso I, são considerados serviços públicos de infraestrutura: coleta, tratamento e disposição do esgoto sanitário e segundo o art. 70, inciso VII da mesma, constituem diretrizes gerais relativas aos serviços de infraestrutura: garantia de qualidade na oferta necessária e eficiente de suprimento de água e esgoto da cidade (RIO VERDE, 2007). Logo, os serviços concernentes ao esgotamento sanitário são essenciais e devem estar à disposição da população.

Semelhantemente, é preciso que haja também uma gestão eficiente de esgotamento sanitário em condomínios horizontais. Os condomínios horizontais são compostos por casas, abrangem grandes extensões de terra e possuem uma considerável quantidade de equipamentos, serviços e segurança e são, frequentemente, direcionados às diferentes classes sociais.

A maior parte dos condomínios horizontais se encontram próximos a zonas de expansão, áreas verdes e de preservação permanente, distantes da rede, dificultando o acesso a serviços públicos de esgotamento sanitário e de abastecimento de água. A lei complementar nº 6148/2012 que dispõe sobre os loteamentos fechados e conjuntos residenciais fechados no município de Rio Verde – GO em seu art. 14, inciso III, aborda que o projeto de implantação do conjunto residencial fechado deverá prever um sistema de distribuição de água, coleta e disposição de esgoto conforme diretrizes da empresa concessionária dos serviços de água e esgoto (RIO VERDE, 2012).

A falta de legislação específica concernentes ao sistema de esgotamento sanitário para esses conjuntos residenciais fechados gera um desafio para a gestão urbana, uma vez que este empreendimento deve buscar um sistema que se adeque a necessidade no que tange ao SES.

Diante disso, se o condomínio localiza-se “dentro da malha urbana” e desta forma, próximo à rede pública de esgotamento, a solução mais viável será encaminhar o esgoto para a rede pública, de modo que haja uma comprovação desta viabilidade, mediante apresentação do Atestado de Viabilidade Técnico Operacional (AVTO), emitido pelo órgão responsável. Contudo, se situados em zonas periféricas e mais afastadas, cabe indagar, quais as possíveis alternativas para gestão de esgotamento sanitário e mediante estas, quais as melhores, considerando os indicadores sócio-ambientais, técnicos e econômicos.

Portanto, o presente trabalho visa efetuar uma aplicação do método AHP para auxiliar no processo decisório de implantação de alternativas para a gestão de esgotamento sanitário em uma possível área de condomínio horizontal do município de Rio Verde – GO.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo geral deste estudo consiste em desenvolver alternativas eficientes para a gestão de esgoto sanitário em uma potencial área de condomínio horizontal no município de Rio Verde – GO e avaliá-la segundo o método multicritério de seleção AHP considerando os indicadores socio-ambientais, técnicos e econômicos.

Os objetivos específicos são:

- Identificar áreas potenciais no município de Rio Verde para implantação de condomínios horizontais.
- Definir as possíveis propostas de gestão de esgoto sanitário que podem ser implementadas na área de estudo.
- Estabelecer critérios e subcritérios de acordo com a literatura denominados ideais para condomínios horizontais.
- Avaliar mediante método multicritério de seleção AHP as propostas de gestão estabelecidas.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Conceituação e Caracterização do Esgoto Sanitário**

O esgoto sanitário é uma combinação de líquidos, podendo originar-se da ação do homem, em residências, entidades comerciais e industriais, e em conjunto com águas superficiais, subterrâneas e águas pluviais (METCALF e EDDY, 2014)

O esgoto pode ser classificado de acordo com a sua origem, sendo: esgoto doméstico, esgoto industrial e águas pluviais. Segundo Von Sperling (2014), o esgoto denominado doméstico é originário apenas de atividades, como enxaguar as mãos, efetuar a lavagem de roupas, atividades fisiológicas, dentre outros. Já o esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitando os padrões de lançamento estabelecidos; e as águas pluviais são decorrentes da coleta da precipitação atmosférica e da lavagem das ruas (AISSE, 2000).

Segundo Aisse (2000), o esgoto é constituído de vasta porcentagem de água, cerca de 99%, e uma pequena parcela de impurezas, as quais são determinantes nas características deste. De forma geral, caracteriza-se o esgoto em função do uso da água. Sendo assim, normalmente, compreende-se que o esgoto doméstico é composto por substâncias orgânicas, e nutrientes como fósforo e nitrogênio. Os esgotos industriais são caracterizados em virtude do tipo da atividade industrial. Outros fatores que podem influenciar nesta classificação são os hábitos da população, o clima, a temperatura, dentre outros (VON SPERLING, 2014).

O esgoto sanitário pode ser identificado segundo as características físicas, químicas e biológicas, sendo as físicas: temperatura, cor, turbidez e odor; as químicas: nitrogênio total, pH, cloretos, óleos e graxas, fósforo, matéria orgânica e biológicas: vírus, bactérias, protozoários, fungos, helmintos, algas, entre outros (VON SPERLING, 2014).

Ainda segundo o autor, para se determinar quais destas características estarão presentes com maior intensidade na composição do esgoto é preciso avaliar qual a sua origem. Os impactos ao meio ambiente e a saúde pública podem ser catastróficos quando o esgoto é lançado sem tratamento na natureza, ou seja, disposto e destinado inadequadamente.

A proliferação de algas, denominado processo de eutrofização, e o consumo de oxigênio no corpo hídrico, devido presença de matéria orgânica no esgoto, afetam diretamente vida de orgânicos aeróbios, podendo ocasionar até mesmo a morte dos mesmos (VON SPERLING, 2014). Sendo assim, o ambiente pode ser alterado drasticamente quando não feita corretamente a gestão de esgotamento sanitário. “Isto é, torna-se impossível a manutenção da biodiversidade conhecida naquele local, bem como o seu equilíbrio natural” (PACHECO, 2011, p. 22).

Quanto aos malefícios à saúde humana, a inexistência do tratamento do esgoto sanitário desencadeia a promoção de inúmeras doenças de veiculação hídrica, tais como: Hepatite A, Leptospirose, febre tifoide, diarreia, cólera, esquistossomose, febre paratifoide, malária, amebíase, dengue, conjuntivite, entre outras (SINGH, 2008).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) aproximadamente 88% das mortes por diarreia no ano de 2009 foram decorrentes da precariedade na infraestrutura de saneamento básico (WARDLAW et al., 2010).

## **2.2 Sistema de Esgotamento Sanitário**

Para conceituar e caracterizar um sistema de esgotamento sanitário cabe destacar que este faz parte de um conjunto de serviços públicos compreendido como saneamento básico. O saneamento básico é uma infraestrutura essencial que promove uma melhora nas condições da qualidade de vida da população, tendo em vista que este compreende a eficiência do sistema de abastecimento de água, coleta, transporte e tratamento das águas residuárias, drenagem de águas pluviais e destinação final e acondicionamento adequado dos resíduos sólidos (COSTA, 2010).

Saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. Portanto, o saneamento não se restringe ao abastecimento de água limpa e a coleta e tratamento do esgoto sanitário, sendo um conjunto de ações que também incluem a coleta de lixo e a limpeza das vias públicas, proporcionando, assim, um meio ambiente saudável para a cidadania (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, 2015, p.1).

Segundo a lei nº 11.445/2007, o saneamento básico visa como principais objetivos: “o

desenvolvimento nacional, a salubridade ambiental, a adoção de mecanismos de planejamento, regulação e fiscalização e a sustentabilidade ambiental, econômica e financeira das intervenções” (HERREIRA, 2013, p.10).

Para efeitos desta mesma legislação, o sistema de esgotamento sanitário é definido como um conjunto de serviços, infraestruturas, instalações e sistemas operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição e destinação adequada dos efluentes sanitários, compreendendo as ligações prediais ao lançamento final na natureza. Zapparoli (2008), complementa que sendo assim, engloba, as estações elevatórias, a rede coletora e seus componentes e as estações de tratamento de esgoto.

Os sistemas de esgotos sanitários apresentam os seguintes objetivos e finalidades:

Coletar os esgotos individualmente ou coletivamente; afastamento rápido e seguro dos esgotos (fossas sépticas ou redes coletoras); tratamento e disposição sanitária dos efluentes; eliminação da poluição do solo; conservação dos recursos hídricos; eliminação de focos de poluição e contaminação; redução na incidência das doenças relacionadas com a água contaminada (COSTA, 2010, p. 22).

### 2.2.1 Componentes do sistema de esgotamento sanitário

Os principais componentes do sistema de esgotamento sanitário e suas respectivas definições estão descritas abaixo, sendo possível visualizá-los mediante esquema da figura 1.



**Figura 1** - Sistema convencional de esgotamento sanitário  
Fonte: Barros et al (1995)

Instalação hidrossanitária domiciliar: engloba as tubulações presentes no ambiente interno da casa e as peças sanitárias que recebem águas utilizadas e as conduzem até a tubulação de saída do ramal predial (COSTA, 2010).

Ligação intradomiciliar: abrange as tubulações que conecta cada uma das peças sanitárias ao ramal predial (COSTA, 2010).

Coletor predial: compreende o trecho de tubulação que capta as ligações intradomiciliares e as destina ao coletor secundário (COSTA, 2010).

Coletor secundário: “Tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento” (ABNT NBR 9649, 1986, p.1).

Rede coletora: é a combinação de canalizações e poços de visita que recebem efluentes dos coletores secundários ou ramais condominiais e os destina para um ponto de reunião (COSTA, 2010).

Estação elevatória de esgoto (EEE): trata-se de uma unidade que tem por objetivo recalcar os esgotos de um nível do poço de sucção até cotas adequadas ao funcionamento do sistema (COSTA, 2010).

Emissários: “trecho da tubulação que recebe contribuição exclusivamente na extremidade de montante” (ABNT NBR 9649, 1986, p.1).

Estação de tratamento de esgoto (ETE): realizada a coleta, os efluentes são destinados por estações elevatórias, caso necessário, e por emissários para uma unidade denominada estação de tratamento de esgoto, que tem por finalidade fornecer um tratamento adequado cuja qualidade atenda à legislação vigente para posterior disposição na natureza, seja no solo ou corpo hídrico (COSTA, 2010).

### **2.3 Formas de Tratamento de Esgotamento Sanitário**

As formas de tratamento de esgotamento sanitário estão divididas em níveis de tratamento, sendo: nível preliminar, primário, secundário e terciário, podendo apresentar o tratamento por princípios físicos, químicos e biológicos, conforme descritos na tabela 1 abaixo:

**Tabela 1** – Operações e processos decorrentes do tratamento de esgotos

Operação / Processo Unitário	Descrição	Exemplo
Operação físicas unitárias	Método de tratamento no qual predomina a aplicação de forças físicas	Gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação, filtração
Processos químicos unitários	Método de tratamento no qual a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas	Precipitação, adsorção, desinfecção
Processos biológicos unitários	Método de tratamento no qual a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica	Remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrificação, desnitrificação, digestão do lodo e oxidação biológica

Fonte: Goffi (2017)

O nível preliminar tem por objetivo remover: sólidos grosseiros, como por exemplo, galhos, panos, plástico, folhas, sólidos sedimentáveis inertes (areia). As unidades que atuam em nível preliminar são: gradeamento, peneiramento, caixa de areia ou denominado desarenador.

O nível primário tem por finalidade a remoção de sólidos sedimentáveis (orgânicos e inorgânicos), sólidos suspensos e material flotável. As unidades presentes em nível primário são: tanque séptico, decantador e flotador. Já o nível secundário objetiva a remoção de matéria orgânica biodegradável (suspensa e dissolvida) e nitrogênio. As unidades atuantes em nível secundário podem ser: lagoas de estabilização, lodos ativados, filtro biológico, wetlands construídas, entre outras.

O nível terciário compreende uma remoção mais avançada de poluentes específicos (patógenos, nutrientes, metais pesados, orgânicos tóxicos e outros), matéria orgânica remanescente (dissolvida e coloidal). Tendo como principais unidades: membranas, carvão ativado, desinfecção por UV, entre outros. A partir da tabela 2 abaixo é possível correlacionar os níveis de tratamento de esgotamento sanitário destacando o que se objetiva remover, o mecanismo predominante, aplicação e as principais unidades atuantes.

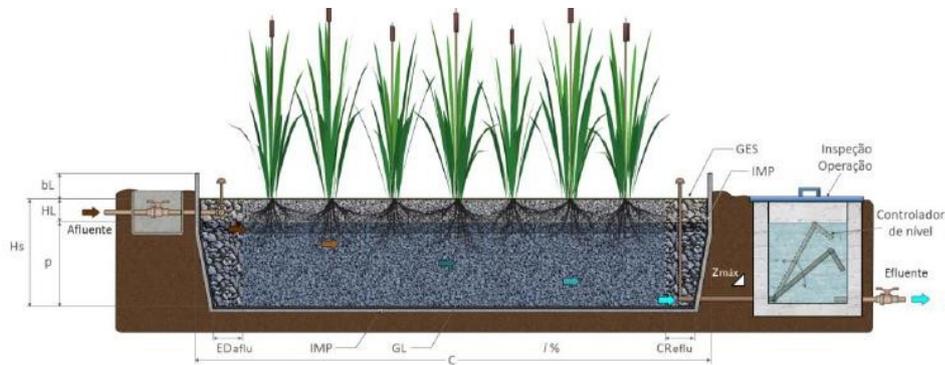
**Tabela 2** - Níveis de Tratamento de esgotos

<i>Nível</i>	<i>Remoção</i>	<i>Mecanismo Predominante</i>	<i>Aplicação</i>	<i>Unidade de Tratamento</i>
Preliminar	Sólidos em suspensão grosseiros Materiais de maiores dimensões Areia e gorduras	Físico	Montante de elevatória Etapa inicial de todos os processos de tratamento	Grade, Desarenador, Medidor de vazão
Primário	Sólidos em suspensão sedimentáveis DBO em suspensão (matéria orgânica em suspensão componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis)	Físico	Tratamento parcial Etapa intermediária de tratamento mais complexo	Tanques de decantação, tanques sépticos
Secundário	DBO em suspensão (DBO associada à matéria orgânica em suspensão) DBO em suspensão finamente particulada (DBO associada à matéria orgânica em suspensão não sedimentável) DBO solúvel (matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos) Eventualmente nutrientes Eventualmente patógenos	Biológico	Tratamento mais complexo objetivando a remoção de matéria orgânica	Lagoas de estabilização e variantes, Processos de disposição sobre o solo, reatores anaeróbios, lodos ativados e variantes, reatores aeróbios com biofilmes
Terciário ou avançado	Nutrientes Organismos patogênicos Compostos não biodegradáveis Sólidos inorgânicos dissolvidos Sólidos em suspensão remanescentes Substâncias tóxicas Metais pesados	Biológico ou Físico-químico	Tratamento avançado objetivando a remoção de nutrientes e patógenos	Lagoas de estabilização e variantes, Processos de disposição sobre o solo, lodos ativados e reatores aeróbios com biofilmes, lagoas de maturação e polimento, cloração, ozonização, radiação UV, membranas

Fonte: Adaptação Goffi (2017)

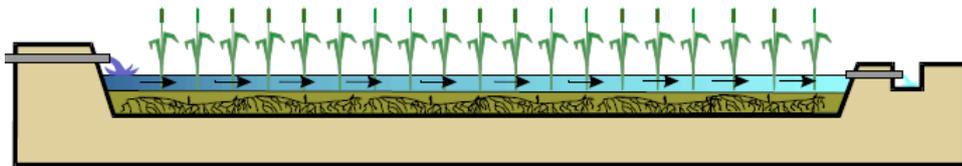
As wetlands são sistemas passivos e extensivos de tratamento biológico, ou seja, trabalham na degradação da matéria orgânica. A partir da figura 2 é possível notar o esquema representativo longitudinal de uma wetland construída. Consistem basicamente em lagoas com plantas macrófitas em seu interior. Estas plantas são utilizadas pois se adaptam aos diversos tipos de ambiente, desde totalmente submersos até em ambientes em que elas ficam com a folhagem exposta, como se pode observar na figura 3, podendo ser de fluxo horizontal superficial (A), horizontal subsuperficial (B), vertical (C).

São utilizadas plantas neste sistema pois elas servem de superfície para crescimento de microrganismos que atuarão na remoção dos nutrientes do efluente. A escolha do tipo de planta depende da profundidade da zona das raízes e a altura da planta.

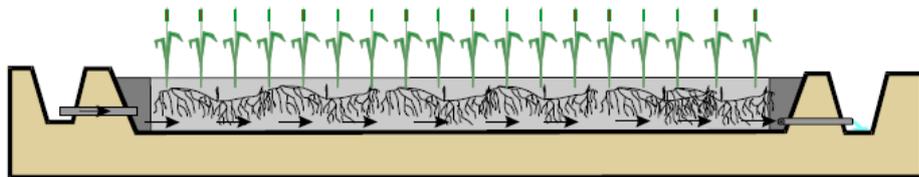


**Figura 2** - Esquema representativo do perfil longitudinal de uma wetland construída  
Fonte: Von Sperling e Sezerino (2018)

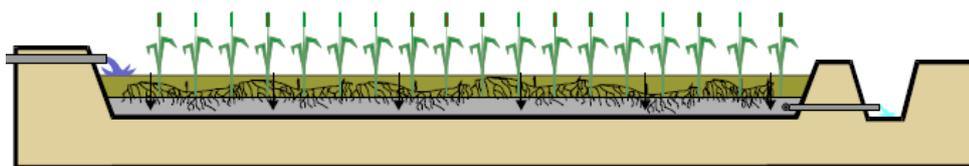
(A)



(B)



(C)



**Figura 3** - Tipos de Wetlands Construídos  
Fonte: Adaptação Salati (2009)

Segundo Vymazal (2009), as últimas três décadas promoveu-se um desenvolvimento acelerado dos sistemas de wetlands construídas, tendo por finalidade o tratamento de diversos tipos de efluentes, principalmente, domésticos, industriais e agrícolas.

Outro sistema eficiente é o flotor por ar dissolvido, que consiste em um dos mais efetivos para a remoção de sólidos, efluentes industriais e redução de DBO. Norteia-se em mecanismos de coagulação e floculação, onde acrescenta-se produtos químicos específicos, como por exemplo, cloreto de ferro ou sulfato de alumínio, entre outros, de modo que as partículas coloidais sejam desestabilizadas e ocorra a formação de flocos.

Esse mecanismo pode ser observado na figura 4, onde a água residuária é saturada com ar comprimido em um tanque de saturação, e, após, é direcionada para o tanque de flotação a uma pressão mais baixa, isso permite perda de ar da solução na forma de microbolhas. Essas bolhas colidem com as partículas, levando-as para a superfície formando um leito flutuante de lodo.

Esse lodo é direcionado para outro tratamento por meio de um raspador superficial. Por fim, o efluente tratado pode ser descartado ou continuar em outras etapas de tratamento.



**Figura 4** - Montagem de um sistema de flotação por ar dissolvido (FAD)  
Fonte: European (2021)

## 2.4 Panorama do Saneamento Básico

Desde a década de 1950, o investimento em saneamento básico no Brasil se deu em períodos específicos, especialmente nas décadas de 1970 e 1980, que segundo Soares (2002) existia um pensamento de que o desenvolvimento nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos países emergentes poderia resultar na minimização das taxas de

mortalidade. Nesse contexto, foi estabelecido o Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que impulsionou aos índices de atendimentos dos sistemas de abastecimentos de água. Porém, não colaborou para fomentar o desenvolvimento da coleta e tratamento de esgoto (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

No âmbito do esgotamento sanitário brasileiro, conforme o Quadro 1 abaixo, o SNIS (2019) aponta que cerca de 54,1% da população brasileira possui acesso à coleta de esgoto, a parcela restante, que é composta por aproximadamente 100 milhões de habitantes que não tem acesso a esse serviço. Analisando o percentual de tratamento do esgoto, cerca de 49,1% da população brasileira possui acesso ao tratamento adequado, demonstrando assim um cenário alarmante, tendo em vista que mais da metade da população não tem acesso a este serviço. Segundo Oliveira, Sczufca e Arouca (2018), dentre as 100 maiores cidades brasileiras, o percentual médio de tratamento de esgotos é de 54,3%, e em apenas 10 das 100 maiores cidades a média percentual de tratamento de esgoto é acima de 80%.

**Quadro 1** - Níveis de atendimento com água e esgotos dos municípios com prestadores de serviços participantes do SNIS em 2019, segundo macrorregião geográfica e Brasil

Macrorregião	Índice de atendimento com rede (%)				Índice de tratamento dos esgotos (%)	
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos gerados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
<b>Norte</b>	57,50	70,40	12,30	15,80	22,00	82,80
<b>Nordeste</b>	73,90	88,20	28,30	36,70	33,70	82,70
<b>Sudeste</b>	91,10	95,90	79,50	83,70	55,50	73,40
<b>Sul</b>	90,50	98,70	46,30	53,10	47,00	94,60
<b>Centro-Oeste</b>	89,70	97,60	57,70	63,60	56,80	93,20
<b>Brasil</b>	83,70	92,90	54,10	61,90	49,10	78,50

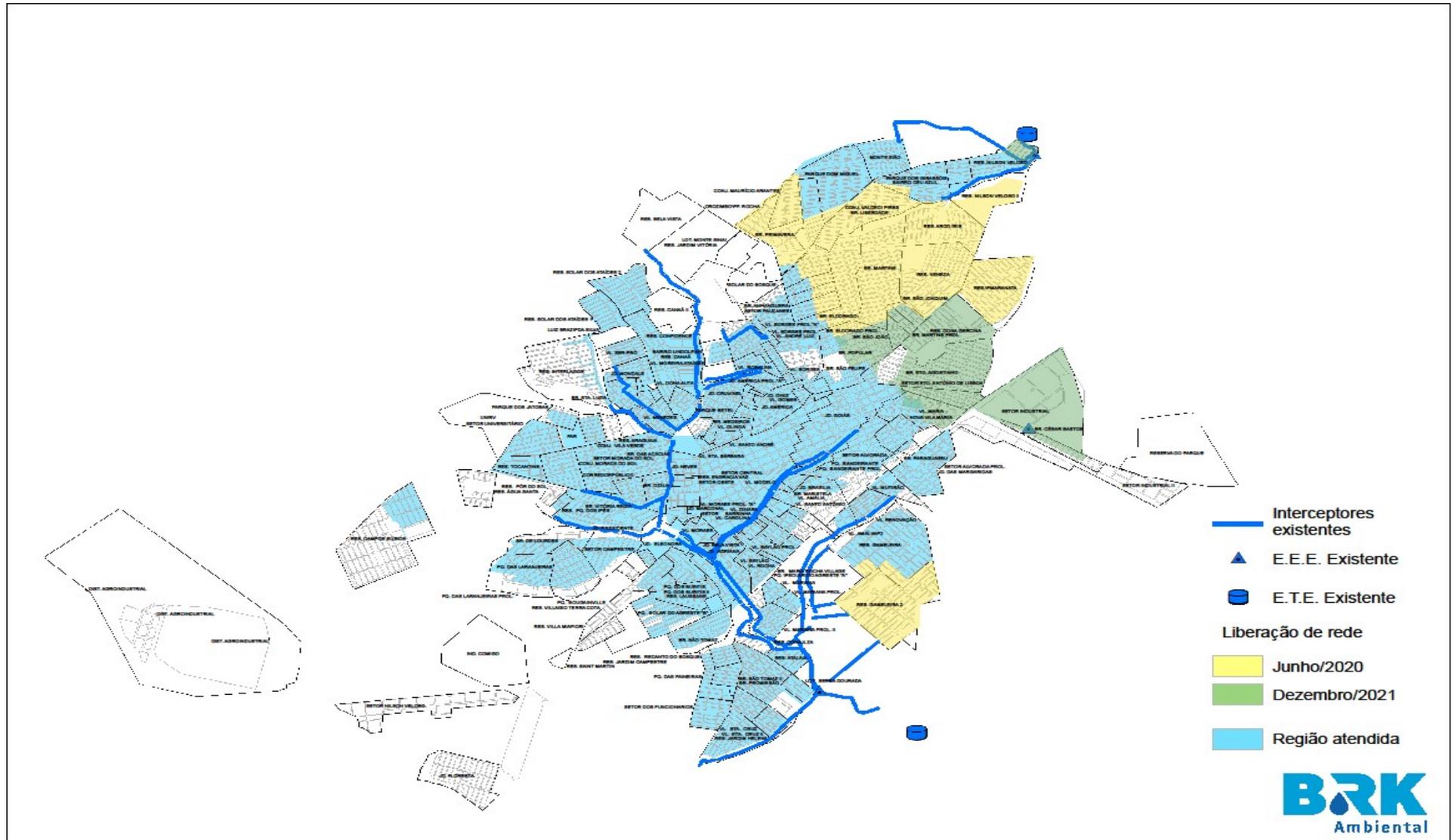
Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento Básico (SNIS) (2019)

Após mais de 10 anos da implantação da Política Nacional de Saneamento Básico, nota-se que há um déficit na realização de serviços voltados ao saneamento no país e de modo direto reflete na qualidade da prestação destes. Esse déficit do panorama nacional segundo Teixeira (2014) promove a disseminação de doenças de veiculação hídrica, principalmente nos locais onde o sistema se apresenta ineficiente ou até mesmo inexistente.

A falta de prestação dos serviços de saneamento básico provoca um estado de

fragilidade ambiental e social para as pessoas residentes nas regiões mais afetadas, como zonas rurais e periferias das metrópoles, regiões estas, desprovidas de sistema de coleta e tratamento de esgoto adequados (ALMEIDA, 2019). Sendo assim, analisando o quadro 1 acima, é possível notar que as regiões mais precárias em virtude de infraestrutura básica de saneamento são as regiões norte e nordeste.

Segundo dados fornecidos pela AMAE (2020) no que tange ao município de Rio Verde – GO, o percentual de atendimento de coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário situa-se entre 65 a 70%. A figura 5, demonstra as regiões atendidas pela rede pública municipal e a previsão de atendimento até os períodos de junho de 2020 e dezembro de 2021, também é possível observar o traçado da rede, bem como os interceptores existentes.



**Figura 5 -** Mapa de atendimento da rede de esgotamento sanitário do Município de Rio Verde – GO  
 Fonte: AMAE (2020)

## **2.5 Gestão de Esgotamento Sanitário**

### **2.5.1 Gestão centralizada de esgotamento sanitário**

A gestão centralizada, segundo Nuvolari (2003), é constituída por unidades de coleta, transporte, tratamento e disposição adequada no ambiente dos efluentes residenciais, comerciais e industriais. A coleta ocorre por meio de tubulações que recebe os efluentes e os destina as estações de tratamento. Sendo assim, a gestão centralizada está vinculada a uma concessionária, onde os habitantes geram o esgoto e a companhia de saneamento é responsável por geri-lo. Também é conhecida como “solução coletiva”.

A seleção de tecnologia presente na estação de tratamento é feita em razão das características e volume do efluente e da natureza do tratamento. Segundo Nhapi (2004), quando há necessidade do tratamento de esgotos industriais, o tratamento torna-se complexo, pois há padrões estabelecidos pela legislação para a disposição no ambiente.

Para atender a estes padrões de lançamentos exigidos faz-se o uso de um tratamento terciário, que conseqüentemente irá requerer um maior investimento para implantação, operação, manutenção e mão de obra especializado (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Portanto, quando se utiliza do esgotamento centralizado, o sistema separador tem sido o mais utilizado, graças a vantagens como a redução de custos iniciais e prazos de construção, menores dimensões de canalização de coleta e transporte das águas residuárias e melhoria nas condições de tratamento do esgoto sanitário (VON SPERLING, 2005). Segundo Libralato (2012) a gestão centralizada é propícia para amplas áreas urbanas com densidade populacional elevada, o controle da gestão é facilitado por ser centralizada.

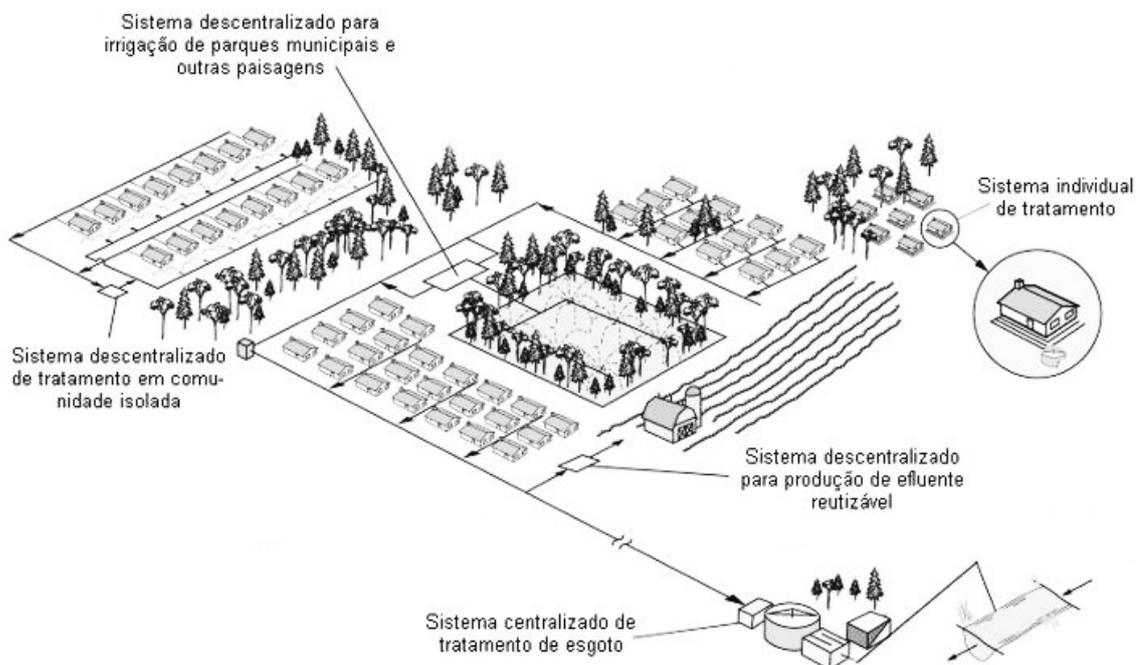
### **2.5.2 Gestão descentralizada de esgotamento sanitário**

De acordo com o manual de gerenciamento On-Site e em Clusters (blocos) de sistemas de tratamento de águas residuárias da USEPA (2005), o sistema descentralizado apresenta-se com uma série de sistemas processadores de esgotos domésticos e comerciais. Sendo assim diferentemente do sistema centralizado, os sistemas descentralizados requerem a separação dos efluentes industriais. No sistema descentralizado, o esgoto é gerenciado pelo gerador. Ele é responsável por coletar, afastar e tratar, não está ligado a uma concessionária. Também conhecido como “solução individual”. Logo, a rede coletora tem menor extensão e a vazão de tratamento.

Normalmente, os efluentes são enviados a tanques sépticos e dispostos no solo, ou corpos hídricos. Os sistemas descentralizados possuem inúmeros benefícios, dentre os quais se destacam: proteção de valor da propriedade, tendo em vista prover tratamento equivalente ao de sistemas centralizados; em custo benefício mais acessível; conservação de água, colaborando direta e indiretamente na recarga de aquífero; minimização de custos no ciclo de vida e planejamento efetivo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Segundo Libralato (2012), o sistema descentralizado é indicado para comunidades rurais, áreas suburbanas, industriais, comerciais ou residenciais; pois contribui para o progresso de cidades isoladas; o efluente tratado apresenta maior valorização, normalmente, as estações descentralizadas são compactas, com condições de operação bastante flexíveis e reduzido impacto paisagístico.

Por meio da figura 6 é possível visualizar alguns sistemas de gestão centralizada e descentralizada de esgotamento sanitário.



**Figura 6** - Gestão centralizada e descentralizada de esgotamento sanitário  
Fonte: GESAD (2020)

## 2.6 Gestão de Esgotamento Sanitário em Condomínios Horizontais

Os condomínios horizontais são um conjunto de casas que abrangem grandes extensões de terra e, normalmente, apresentam uma infraestrutura básica no que tange a aquisição de equipamentos, serviços e segurança, podem ser direcionados as diferentes classes sociais, porém, frequentemente atende as de maior poder aquisitivo (QUADROS, 2008). A

população residente neste tipo de moradia anseia por uma outra forma de padrão de vida, diferente dos convencionais da zona urbana.

Os condomínios horizontais se destacaram nas duas últimas décadas em diversas metrópoles do planeta. Segundo Genis (2007) apud Sousa (2008), a maior concentração se dá em continente americano, contudo tem se difundido em algumas cidades da Europa e metrópoles na Índia, África do Sul, Ásia e Oriente Médio.

Segundo Sousa (2008), os condomínios horizontais normalmente localizam-se próximos a subúrbios, áreas verdes e de preservação permanente, dificultando o acesso a serviços públicos de esgotamento sanitário e de abastecimento de água. As legislações ambientais e de uso e ocupação do solo, outorga para a captação de água, padrões de qualidade de lançamento e disposição dos esgotos devem ser premissas destes empreendimentos.

A lei complementar nº6148/2012 que dispõe sobre os loteamentos fechados e conjuntos residenciais fechados no município de Rio Verde – GO em seu art. 14, inciso III aborda que o projeto de implantação do conjunto residencial fechado deverá prever um sistema de distribuição de água, coleta e disposição de esgoto conforme diretrizes da empresa concessionária dos serviços de água e esgoto. (RIO VERDE, 2012)

Dessa forma, não há uma legislação específica para gestão urbana em condomínios horizontais, frequentemente atende-se de maneira ampla as legislações federais, como por exemplo, a lei nº. 6.938 – Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, que estabelece algumas normativas importantes como o licenciamento ambiental; avaliações de impacto de vizinhança; o zoneamento ambiental e a criação de espaços territorialmente protegidos. (BRASIL, 1981)

Emprega-se o licenciamento ambiental a empreendimentos ou atividades potencialmente poluidoras. O objetivo dessa normativa é verificar se o projeto adequa-se para a promoção da preservação do meio ambiente, sendo aplicado em todas as suas etapas, na localização, instalação e operação (SILVA, 2014). Desta forma, para aprovação do licenciamento ambiental é indispensável a apresentação de uma gestão de esgoto sanitário.

Os condomínios horizontais precisam atender as infraestruturas básicas de saneamento básico, as quais se dividem nos sistemas de abastecimento de água, drenagem de águas pluviais, sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários (MEDEIROS, 2017). Para implementação destes serviços é preciso levar em consideração a busca de melhores alternativas dos pontos de vistas técnicos, ambientais e econômicos.

Para casos que os esgotos advindo destes condomínios horizontais ofereçam

viabilidade de destinação a rede pública, o empreendedor deve providenciar um Atestado de Viabilidade Técnico Operacional – AVTO, que trata-se de um documento emitido pela Saneago que atesta as condições ambientais, técnicas e operacionais necessárias para que empreendimento seja atendido pelos Sistema de Abastecimento de Água - SAA e/ou Sistema de Esgotamento Sanitário – SES existentes, ou ainda, notifica ao Empreendedor a impossibilidade da interligação solicitada.

Segundo Sousa (2008), caso não seja possível o atendimento pela rede de coleta pública de esgotamento sanitário, cabe ao empreendedor implantar um sistema privado de rede coletora de esgoto e estações de tratamento, podendo estas serem individuais ou coletivas. “A operação e manutenção do sistema de coleta e tratamento esgotos são de responsabilidades do condomínio” (MEDEIROS, 2017, p. 56).

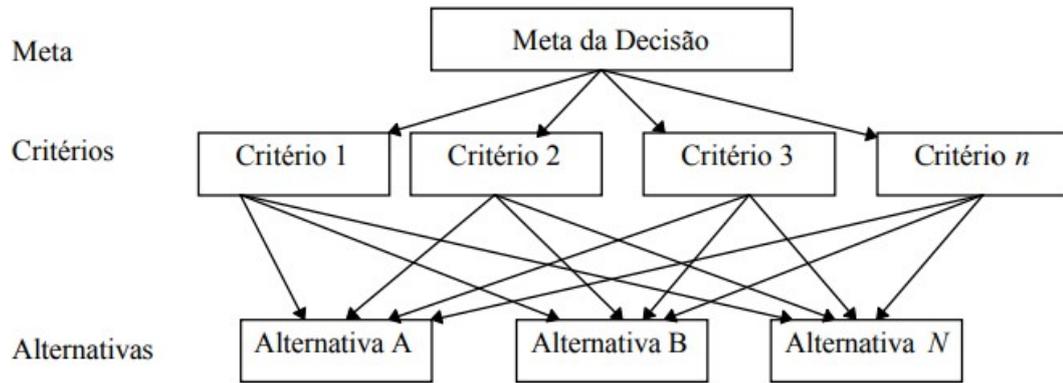
Um dos sistemas que podem ser empregados para o tratamento dos efluentes são as wetlands construídas. Atendendo aos quesitos legais e características funcionais, as wetlands podem ser computadas como áreas verdes do condomínio. Desta forma, segundo Medeiros (2017, p. 56) “a locação de wetlands computando como área verde poderia favorecer sua potencialidade de aplicação por empreendedores”.

## **2.7 Método AHP**

O Método AHP – Analytic Hierarchy Process foi criado por Saaty na década de 1970. Este método é destinado para auxiliar em tomadas de decisão. Pode ser aplicado em diversas áreas, sendo estas: planejamento estratégico, marketing, avaliação do nível de consenso do grupo, escolha de financiamento de transporte aéreo programas de qualidade e produtividade, análise de projetos, dentre outros (ABREU et al., 2000).

Segundo Vargas (2010), a utilização do Método AHP para tomada de decisões de um problema consiste em duas fases: a primeira trata-se de uma construção hierárquica e a segunda da avaliação. Na primeira fase é possível estruturar o problema em níveis e posteriormente classificá-los em uma ordem hierárquica conforme sua complexidade, conforme a figura 7, podendo estabelecer as relações entre as metas, critérios e alternativas, fatores indispensáveis no processo decisório.

Segundo Abreu et al. (2000), depois da hierarquização começa-se a segunda fase, denominada de avaliação, em conjunto com um mecanismo chamado comparação paritária, ou seja, a avaliação se dará par a par, entre os critérios e caso haja também, entre subcritérios. Através da comparação é possível estabelecer a relevância de cada critério e estipular pesos.



**Figura 7** - Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão  
Fonte: Abreu et al. (2000)

Para realizar a comparação entre os critérios utiliza-se uma escala de julgamentos, apresentada na tabela 3 abaixo:

**Tabela 3**-Escala de julgamento de importância do método AHP

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância fraca de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida em relação a outra e sua dominância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência, favorecendo uma atividade em relação a outra, é do mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando é necessária uma condição de compromisso
Recíprocos	Se a atividade i tem uma das intensidades de importância ou de preferência de 1 a 9 quando comparada com a atividade j então j tem o valor recíproco quando comparado com i	

Fonte: Vargas (2010)

Os resultados destas comparações são expressos em um sistema matricial, obtendo um auto-vetor de prioridades, onde se expressa os pesos de cada critério. Segundo Abreu et al. (2000, p. 259) a resolução desta matriz:

Consiste em se elevar a matriz a potências arbitrariamente altas, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, ou seja, normalizando-se os resultados; isto resulta no auto-vetor de prioridades para ordenação.

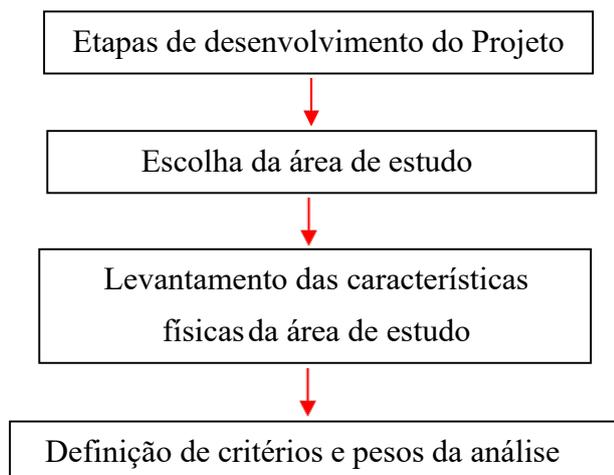
A metodologia empregada resulta em ordenar e mensurar os critérios e subcritérios, caso eles existam. O processo de avaliação continua com a comparação paritária entre as alternativas de cada critério. Para se determinar o nível de importância das alternativas realiza-se de maneira análoga aos critérios (ABREU et al., 2000).

Em posse dos pesos, ou seja, das importâncias relativas dos critérios e dos níveis de preferência das alternativas, calcula-se a priorização global de cada uma das alternativas. Posteriormente, através da razão de consistência é verificado se há veracidade nos julgamentos efetuados. Desta forma, a aplicação do método AHP pode auxiliar na escolha da melhor alternativa de gestão de esgotamento sanitário mediante cálculos da seleção dos critérios sociais, ambientais e técnico-econômicos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração deste estudo, inicialmente houve a realização de uma pesquisa bibliográfica, que utilizou fontes secundárias, como, livros, publicações periódicas científicas e sites da internet, que continham natureza científica, fundamentando o desenvolvimento do tema escolhido.

Posteriormente, através do programa Google Earth efetuou-se a escolha da área de estudo pertencente ao município de Rio Verde – GO que possuía potencialidade para possíveis condomínios horizontais e mediante análise pelo método AHP determinou-se quais as melhores alternativas para a gestão de esgotamento sanitário nesta área. O desenvolvimento das etapas que foram realizadas estão elencadas conforme o fluxograma da figura 8 abaixo:



**Figura 8** - Fluxograma de desenvolvimento do projeto  
Fonte: Autor (2021)

### 3.1 Escolha da Área de Estudo

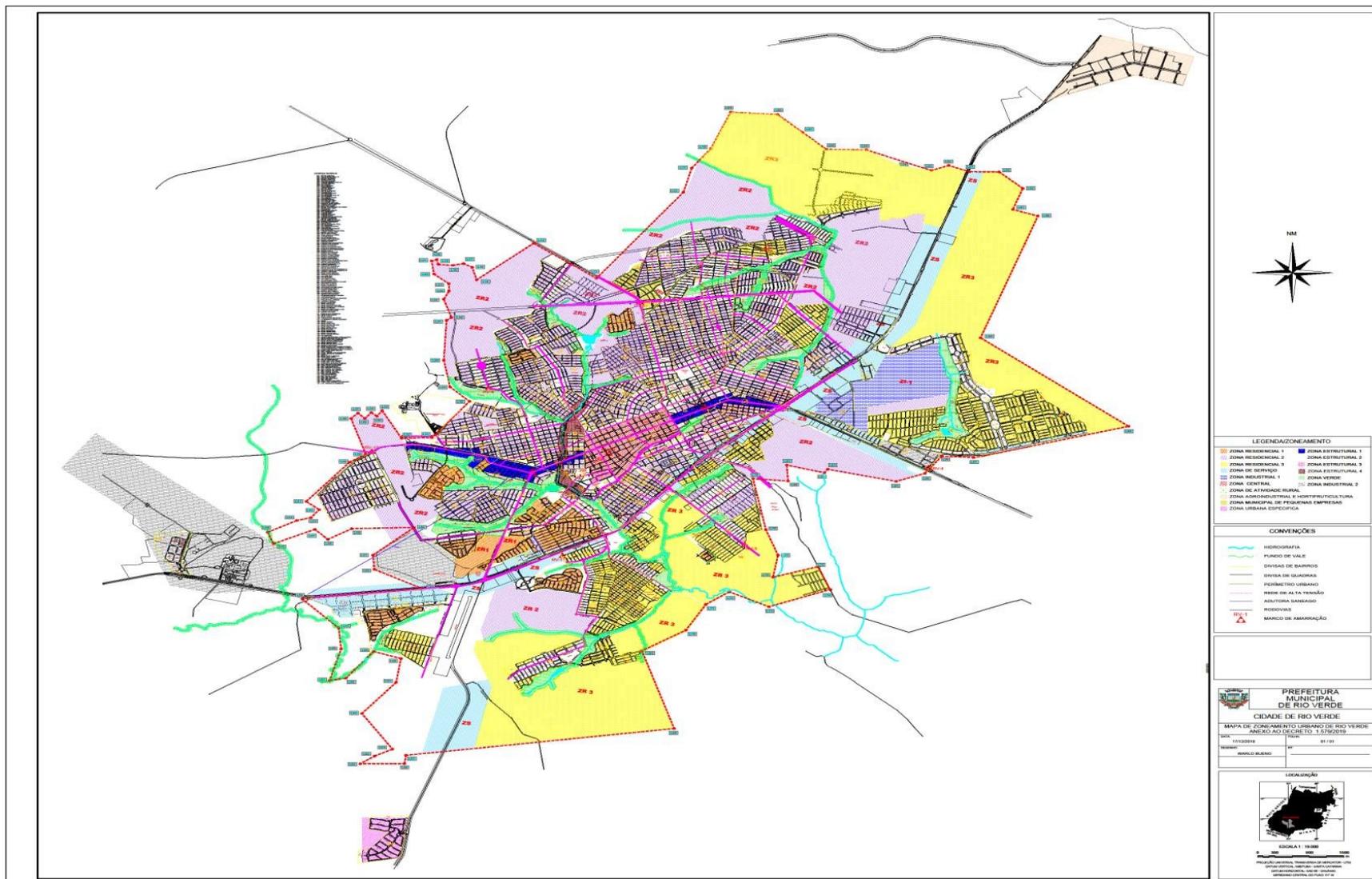
A escolha da área de estudo adveio mediante uso da ferramenta Google Earth Pro, que tem como finalidade apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, conforme a figura 9, sendo assim, é possível obter imagens de satélite e identificar diversas paisagens, países, cidades, lugares, entre outros, existentes no planeta Terra.



**Figura 9** - Tela de abertura do programa Google Earth Pro  
Fonte: Google Earth Pro (2020)

A área escolhida encontra-se localizada no município de Rio Verde – GO, uma das maiores cidades do estado de Goiás, em extensão territorial e densidade populacional, que conta com 8.386,831 km<sup>2</sup> e 235.647 habitantes (IBGE, 2019). A cidade é referência em desenvolvimento, sendo um dos polos econômicos que mais se destaca no estado e no país, advindo da atração de inúmeras indústrias e sua atividade principal: a agropecuária, que com o passar dos anos foi modernizando e sofisticando. A infraestrutura do município para serviços de saneamento básico é boa, tendo em vista que apenas 1,15% dos domicílios apresentam abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados (PNUD, 2013).

A busca pela área embasou-se na análise da lei complementar n° 132/2018, que aborda a distribuição de zonas do município e do mapa de zoneamento em anexo, conforme a figura 10. Por meio destes materiais foi possível destacar as principais zonas de expansão urbana (ZEU) existente no município. Sendo assim, neste estudo optou-se pela área compreendida na figura 11.



**Figura 10** - Mapa de zoneamento do município de Rio Verde – GO  
Fonte: Prefeitura Municipal de Rio Verde (2019)



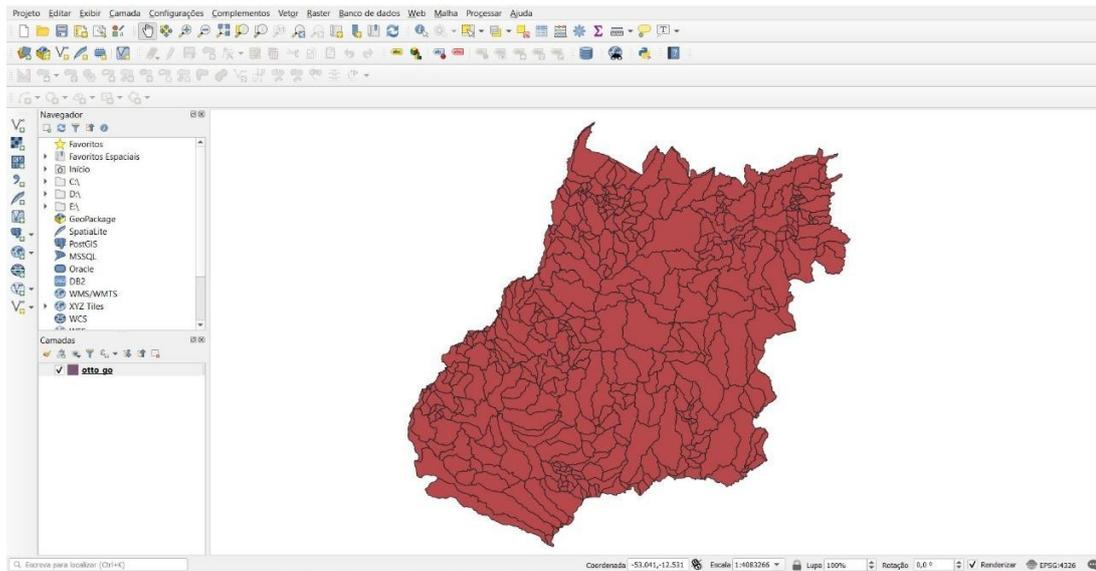
**Figura 11 - Área de Estudo**  
Fonte: Google Earth Pro (2020)

### 3.2 Levantamento das Características Físicas da Área de Estudo

Para determinação das características físicas da área de estudo foi realizado o download de arquivos shapefiles de cada tipo de característica desejada, como por exemplo, solo, hidrografia, dentre outros no site do SIEG (Sistema Estadual de Geoinformação), conforme figura 15 e realizada a inserção de tais arquivos no software de geoprocessamento Qgis (Figura 16), no qual através da inserção das coordenadas obtidas pelo Google Earth de da área de estudo foram obtidas as respectivas características físicas.



**Figura 12 - Página de acesso do Sistema Estadual de Geoinformação**  
Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação (2020)



**Figura 13** - Tela de acesso do software Qgis  
Fonte: Qgis (2020)

A área de estudo encontra-se nas coordenadas  $17^{\circ}44'54.72''S$   $50^{\circ}53'18.11''O$ . De maneira geral, nas áreas estudadas predominam solos do tipo latossolo vermelho escuro com texturas argilosa e areno-argilosa. A vegetação é constituída de cerrado e matas residuais. Por meio da figura 11 nota-se uma grande proximidade da área de estudo com a Estação de Tratamento “Chapadinha”, contudo a área de estudo encontra-se em níveis mais baixos que a ETE.

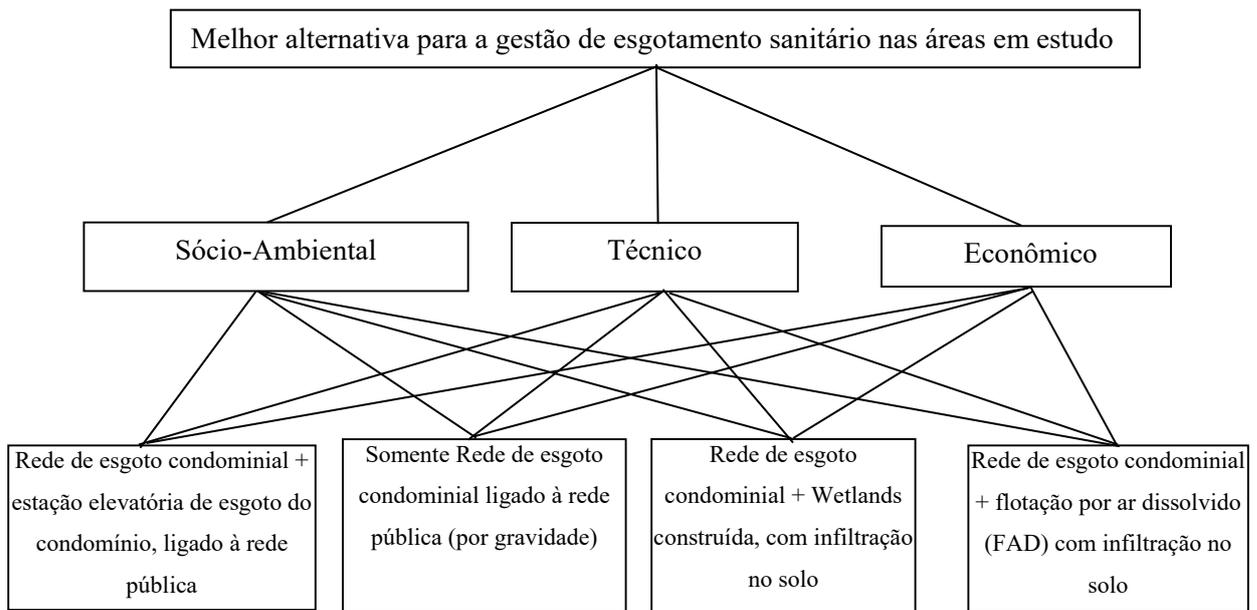
### 3.3 Definição de Critérios e Subcritérios da Análise AHP

O uso do Método AHP para escolha da melhor alternativa para a gestão de esgotamento sanitário nas áreas em estudo consiste em duas fases: inicialmente estabelece-se uma construção hierárquica e depois a avaliação. Sendo assim, na primeira fase estrutura-se o problema em níveis e classifica-o, originando-se relações entre a meta a ser atingida, os critérios e alternativas, conforme figura 14 abaixo.

A definição de critérios e de subcritérios ocorre por meio dos impactos gerados que interferem de forma direta ou indiretamente na tomada de decisão. Quando trata-se da gestão de esgotamento sanitário segundo Alsina et. al (2008) é importante ponderar critérios econômicos, ambientais e sociais, atentando-se também aos critérios técnicos.

Tendo em vista quais as principais variáveis que influenciam nesta tomada de decisão optou – se pelos critérios sócio-ambientais, técnicos e econômicos, analogamente à definição dos critérios se subdividiu estes nas principais características que promovem êxito na meta a

ser estabelecida (figura 15), deste modo, no critério sócio-ambiental, têm-se a avaliação da eficiência de tratamento do sistema, níveis de odor e atração de insetos, níveis de ruído e desvalorização de terrenos próximos; no critério técnico, observou-se a dificuldade de movimentação de solo e fundação, dificuldade de implantação da estrutura, além da dificuldade de operação e manutenção do sistema, por fim, no critério econômico, avaliou-se os custos provenientes da movimentação de solo e fundação, da implantação da estrutura e da operação e manutenção do sistema.



**Figura 14** - Árvore Hierárquica para o Processo de Decisão da melhor alternativa para a gestão de esgotamento sanitário na área em estudo  
Fonte: Autor (2021)



**Figura 15** - Definição dos subcritérios  
Fonte: Autor (2021)

Cabe ressaltar como estes critérios e subcritérios são definidos e quais incógnitas serão avaliadas neste processo de decisão.

### **3.3.1 Critérios sócio-ambientais**

Os critérios sócio-ambientais tratam-se de variáveis que impactam socialmente e ambientalmente em sistemas de esgotamento sanitário. Neste estudo, optou-se em avaliar ambientalmente a eficiência do tratamento, que pode ser observada por meio do parâmetro DBO e socialmente, as incógnitas nortearam-se pelo odor, ruídos e desvalorização de terrenos próximos.

#### **3.3.1.1 Eficiência de tratamento**

Conforme destacado ao longo deste estudo, os esgotos sanitários apresentam características e componentes que se destinados e dispostos no meio ambiente de forma inadequada, seja no solo ou em um corpo hídrico, impacta negativamente. Um dos principais objetivos deste tratamento é a remoção de matéria orgânica, que se disposta em um corpo hídrico pode acarretar a morte de muitos organismos aquáticos, uma vez que consome grande parte do oxigênio existente neste ambiente.

A caracterização qualitativa de matéria orgânica, pode ser avaliada através do parâmetro DBO. A demanda bioquímica de oxigênio avalia a quantidade de oxigênio que é necessária para oxidar esta matéria orgânica presente em esgotos sanitários. Logo considerar-se como subcritério sócio-ambiental a eficiência de remoção de DBO, ou seja, a eficiência em termos percentuais de tratamento.

Esta eficiência é regida pela Resolução CONAMA 430 que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, e ainda preconiza remoção mínima de 60% de DBO, sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor. No tange a legislação municipal norteia-se à pela lei 5090/2005 que institui o Código Ambiental Municipal e dispõe sobre a administração do uso dos recursos naturais, da proteção da qualidade de vida e do controle das fontes poluidoras e degradadoras do meio ambiente.

#### **3.1.1.2 Odor e atração de insetos**

Um dos principais fatores sociais que impactam na gestão de esgotamento sanitário são problemas relacionados ao odor e a atração de insetos. Tais subcritérios foram unidos em um só, uma vez que estão extremamente associados. Se um sistema de tratamento é ineficiente ou mal executado ou mesmo, ocorrendo a ausência deste, pode acarretar em grande problemas sanitários, entre estes a atração de insetos, que muitas das vezes são vetores que causam diversas doenças que podem levar até a morte. Tais vetores podem ser atraídos pelo odor existente, que pode estar presente em diversas etapas do tratamento.

O odor é detectado pelo sistema olfativo do ser humano. Segundo diversos estudos realizados, o principal gás que destaca na caracterização de odores advindos dos esgotos sanitários é o  $H_2S$ , também denominado gás sulfídrico.

### **3.3.1.3 Geração de ruídos**

Segundo Goffi (2017, p.38) ruídos são quaisquer tipos de poluição sonora que o processo venha ocasionar, especialmente, em áreas urbanas. Os ruídos podem ser provenientes da implantação e principalmente da operação de alguns sistemas de tratamentos de esgotamento sanitário.

### **3.3.1.4 Desvalorização de terrenos próximos**

O último subcritério abordado no critério sócio-ambiental é a desvalorização de terrenos próximos aos sistemas de esgotamento sanitário, que pondera e leva em consideração os demais subcritérios acima explanados, tendo em vista que os mesmos são responsáveis pela valorização e desvalorização destes terrenos. Logo, os parâmetros como a eficiência do tratamento, desempenho da tecnologia e questões operacionais, além de problemas de odor, atração de insetos, ruídos na vizinhança são extremamente importantes neste subcritério.

## **3.3.2 Critérios técnicos**

Os critérios técnicos estão associados aos procedimentos necessários para o funcionamento do sistema, neste estudo, avaliar-se-á as dificuldades provenientes da movimentação do solo e fundação, instalação, operação e manutenção de todo o processo.

### **3.3.2.1 Dificuldade de movimentação de solo e fundação**

Para que ocorra a implantação dos diversos sistemas de esgotamento sanitário, normalmente inicia-se com a movimentação de solos que contribuem para a fundação das estruturas dos sistemas. Geralmente, um dos principais processos levados em consideração é escavação mecânica para abertura de valas, para passagem de tubulações de esgoto na rede, entre outros sistemas que necessitam de retirada de terra para sua implantação.

As dificuldades encontradas na movimentação de solos são advindas das características dos tipos solos existentes. Neste sentido, é fundamental que haja um reconhecimento destas características, que normalmente ocorre por meio de uma sondagem. Para terrenos com o nível do lençol freático próximo a superfície, procede-se a abertura em pequenos lances, compatíveis com a natureza do solo. Em vias com declividades acentuadas, deve-se prever o escoramento das águas pluviais e/ou de infiltração, de modo a evitar o comprometimento da estabilidade dos escoramentos.

#### **3.3.2.2 Dificuldade de implantação da estrutura**

As dificuldades encontradas na implantação da estrutura estão associadas a disponibilidade de matéria-prima, equipamentos, entre outros, que compoem o sistema. É fundamental verificar a viabilidade desta implantação de modo que se atente a todas as condicionantes necessárias, em casos de ligação à rede pública, por exemplo, isso se dá por meio da AVTO, avaliando as condições como cotas que permitam que o esgoto flua por gravidade, distância da rede existente, entre outros.

#### **3.3.2.3 Dificuldade de operação e manutenção**

As dificuldades encontradas na operação e manutenção são avaliadas mediante o tipo de caracterização do sistema, seja uma operação manual ou automatizada e a frequência da periodicidade de manutenção.

#### **3.3.3 Critérios econômicos**

Nos critérios econômicos leva-se em consideração os custos em todo o sistema. Martins (2000) define que o custo está estritamente ligado ao conceito do preço original de aquisição de bem ou serviço, como por exemplo, o custo de uma obra.

Os custos representam o valor da soma dos insumos (mão-de-obra, materiais e equipamentos) necessários à realização de um dado produto ou serviço, compondo no valor pago por estes insumos. Neste trabalho verificar-se-á os custos de movimentação de solo e fundação, implantação, operação e manutenção das alternativas adotadas.

### **3.3.3.1 Custo de movimentação de solo e fundação**

Os custos de movimentação de solo e fundação estão ligados diretamente aos ensaios necessários para que se conheça as características geológicas do terrenos, bem como a necessidade de corte e aterro para composição da fundação.

### **3.3.3.2 Custo de implantação da estrutura**

Os custos de implantação, por sua vez, tratam-se do somatório dos gastos referentes a construção de todas as partes constituintes dos sistemas, como: máquinas, equipamentos, instalações e tubulações.

### **3.3.3.3 Custo de operação e manutenção**

Os custos de operação e manutenção estão relacionados à gestão da rede e dos sistemas individuais, onde normalmente se inserem custos com energia, mão de obra, reposição de matéria prima e manutenção de resíduos.

## **3.4 Procedimento de Cálculos – Método AHP**

Prosseguindo com o aplicação do método AHP, é necessário que se faça a avaliação por meio de uma comparação, estipulando-se pesos para cada critério e posteriormente para cada subcritério. Os pesos para cada critério e subcritério serão definidos pelo autor do projeto considerando sua avaliação baseada na literatura. A comparação entre os critérios ocorre por meio da tabela 4 de escala de julgamento simplificada.

**Tabela 4** - Escala de importância simplificada de Saaty

Escala qualitativa	Escala numérica	Recíproco
Igualmente preferido	1	1
Moderadamente preferido	3	1/3
Fortemente preferido	5	1/5
Muito fortemente preferido	7	1/7
Extremamente preferido	9	1/9

Fonte: Adaptação de Vargas (2010)

Os resultados destas comparações devem ser expressos em um sistema matricial, como no exemplo da figura 16 abaixo, uma matriz de dominância quadrada recíproca ( $N \times N$ ), na forma onde cada  $a_{ij}$  é o valor correspondente à dominância do critério  $i$  frente ao critério  $j$ , ( $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ) (NUNES, 2018), ou seja, nota-se a intensidade das preferências. Se W é 3 vezes mais preferido do que X, então X é 1/3 vezes preferido do que W.

A	W	X	Y	Z
W	$a_{ww} = 1$	$a_{wx}$	$a_{wy}$	$a_{wz}$
X	$a_{xw} = 1/a_{wx}$	$a_{xx} = 1$	$a_{xy}$	$a_{xz}$
Y	$a_{yw} = 1/a_{wy}$	$a_{yx} = 1/a_{xy}$	$a_{yy} = 1$	$a_{yz}$
Z	$a_{zw} = 1/a_{wz}$	$a_{zx} = 1/a_{xz}$	$a_{zy} = 1/a_{yz}$	$a_{zz} = 1$

**Figura 16** - Matriz comparativa exemplo

Fonte: Nunes (2018)

Por conseguinte é feita a divisão de cada peso atribuído aos critérios pelo somatório dos pesos por coluna, obtendo uma matriz comparativa de critérios normalizada. A partir da matriz normalizada é possível calcular o vetor de prioridades médias locais (PML's) aproximado para cada critério estabelecido, ou seja, quanto cada critério representa para a obtenção da meta.

Para se determinar o nível de importância das alternativas realiza-se de maneira análoga aos critérios e subcritérios. Em posse das PML's, ou seja, das importâncias relativas dos subcritérios e dos níveis de preferência das alternativas, calcula-se a valor da prioridade global de cada uma das alternativas.

Para finalizar, o método AHP calcula a Razão de Consistência dos julgamentos, que objetiva verificar se os pesos atribuídos aos critérios têm consistência. Para obtê-la primeiramente é necessário calcular o Índice de Consistência, definido pela equação 01 abaixo:

$$\text{Equação 01: } IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

Onde:

IC: índice de consistência;

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : maior autorvalor;

$n$ : número de critérios avaliados.

O  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é obtido através da multiplicação da matriz comparativa dos quaisquer níveis hierárquicos que se deseja avaliar e o vetor de prioridades (PML's), em seguida divide-se seus elementos por seu valor correspondente no vetor de prioridades, sendo assim, soma-se todos os elementos desse vetor e divide-se pela ordem da matriz.

A razão de consistência, por sua vez, é calculada através da equação 02:

$$\text{Equação 02: } RC = \frac{IC}{IR}$$

Onde:

RC: razão de consistência

IC: índice de consistência;

IR: Índice de Consistência Randômico

O Índice de Consistência Randômico foi estabelecido e tabelado por meio de estudos de Saaty para matrizes de ordem 0 a 10, conforme tabela 5.

**Tabela 5** - Índices de Consistência Randômico

N	IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41

9 1,45

10 1,49

Fonte: Adaptado de Vargas (2010)

Desta forma, aplicando-se estes valores nas suas respectivas equações, têm-se os resultados de IC e RC. A tolerância recomendada para a Razão de Consistência está descrita na tabela 6:

**Tabela 6** - Tolêrancia recomendada para a Razão de Consistência

N	RC
$\leq 2$	0 %
3	5 %
4	9 %
$\geq 5$	10 %

Fonte: Adaptado de Vargas (2010)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Avaliação dos Critérios

Desenvolvendo o método AHP, *a priori*, é necessário com base na Escala de Saaty (conforme tabela 4) atribuir os pesos a cada critério, como mostra a tabela 7 a seguir:

**Tabela 7** - Matriz comparativa entre critérios sócio-ambiental; técnico e econômico para escolha da melhor alternativa

Critérios	Sócio-ambiental	Técnico	Econômico
Sócio-ambiental	1	1/3	1/5
Técnico	3	1	1/3
Econômico	5	3	1

Fonte: autor (2021)

A partir destes pesos atribuídos é possível notar que:

- O critério técnico é moderadamente preferido quando comparado ao critério sócio-ambiental;
- O critério econômico é fortemente preferido quando comparado ao critério sócio-ambiental;
- O critério econômico é moderadamente preferido quando comparado ao critério técnico;

Realizada a atribuição de pesos entre os critérios, é necessário que a matriz comparativa gerada (tabela 7) seja normalizada, para isso, primeiramente, os valores obtidos em cada coluna são somados, como mostra a tabela 8:

**Tabela 8** - Primeiro passo para normalização da matriz comparativa

<b>Critérios</b>	<b>Sócio-ambiental</b>	<b>Técnico</b>	<b>Econômico</b>
<b>Sócio-ambiental</b>	1,000	0,333	0,200
<b>Técnico</b>	3,000	1,000	0,333
<b>Econômico</b>	5,000	3,000	1,000
<b>Soma</b>	9,000	4,333	1,533

Fonte: autor (2021)

Por conseguinte é feita a divisão de cada peso atribuído aos critérios pelo somatório dos pesos por coluna, como pode ser percebido na tabela 9 abaixo, obtendo a matriz comparativa de critérios normalizada.

**Tabela 9** – Procedimento de Cálculo de normalização da matriz comparativa

<b>Critérios</b>	<b>Sócio-ambiental</b>	<b>Técnico</b>	<b>Econômico</b>
<b>Sócio-ambiental</b>	$\frac{1,000}{9,000} = 0,111$	$\frac{0,333}{4,333} = 0,077$	$\frac{0,200}{1,533} = 0,130$
<b>Técnico</b>	$\frac{3,000}{9,000} = 0,333$	$\frac{1,000}{4,333} = 0,231$	$\frac{0,333}{1,533} = 0,217$
<b>Econômico</b>	$\frac{5,000}{9,000} = 0,556$	$\frac{3,000}{4,333} = 0,692$	$\frac{1,000}{1,533} = 0,652$

Fonte: autor (2021)

A partir da matriz normalizada é possível calcular o vetor de prioridades médias locais (PML's) aproximado para cada critério estabelecido, ou seja, quanto cada critério representa para a obtenção do objetivo. Para isso, calcula-se a média aritmética para o peso normalizado de cada critério, como observa-se na tabela 10 abaixo:

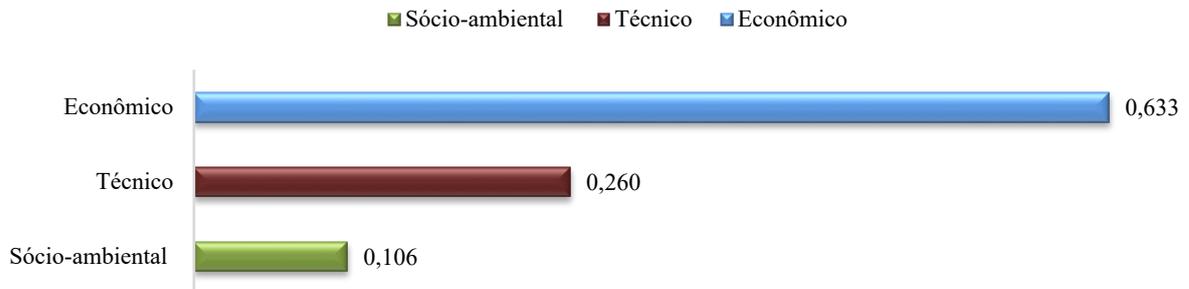
**Tabela 10** - Cálculo das PML's dos critérios sócio-ambiental; técnico e econômico

<b>Critérios</b>	<b>Cálculo</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Sócio-ambiental</b>	$(0,111 + 0,077 + 0,13) / 3$	0,106
<b>Técnico</b>	$(0,333 + 0,231 + 0,217) / 3$	0,260
<b>Econômico</b>	$(0,556 + 0,692 + 0,652) / 3$	0,633

Fonte: autor (2021)

Os resultados obtidos estão descritos graficamente na figura 17 abaixo. A partir deles nota-se que o critério de econômico é o mais importante, representando 57,4% de importância para o atingimento da meta, seguido pelo critério técnico e, por fim, sócio-ambiental.

### PML's Critérios



**Figura 17** - PML's dos Critérios sócio-ambiental; técnico e econômico  
 Fonte: autor (2021)

Diversos estudos envolvendo tais critérios comprovam este resultado encontrado. Hunt (2013) abordou estes critérios em seu estudo de seleção de sistema de tratamento de esgoto para pequenos municípios e concluiu que o fator econômico é prioritário no Brasil. Segundo a autora, nos países desenvolvidos, os critérios que são considerados críticos são a eficiência, a confiabilidade, a disposição do lodo e a área necessária, e em contrapartida nos países em desenvolvimento, como o Brasil, os itens críticos são os custos de construção, a sustentabilidade, os custos operacionais e a simplicidade da tecnologia, conforme pode ser visualizado na figura abaixo:



**Figura 18** -Aspectos críticos e importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgoto em regiões desenvolvidas e em desenvolvimento  
 Fonte: Von Sperling (2005)

No estudo desenvolvido por Leoneti (2009) denominado “Avaliação de modelo de tomada de decisão para escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário”, constatou-se que acrescentando novos critérios para análise, em 40 % das vezes não se alterou a escolha da alternativa que continha menor custo, evidenciando a representatividade do critério econômico.

Por meio de um levantamento bibliográfico realizado por Goffi (2017) analisando a representatividade em termos percentuais de critérios sociais, ambientais, técnicos e econômicos, foi observado que há elevada predominância dos critérios econômicos na tomada de decisão. Outros autores também enfatizam que tratando-se de alternativas de tratamento de efluentes, o fator econômico é decisório, onde as decisões tomadas e adotadas são baseadas em sistemas que ofertem o menor custo considerando todos os seus fatores, seja com o custo de implantação e/ou custo com operação e manutenção do sistema.

Para finalizar a análise entre critério, o método AHP calcula a Razão de Consistência dos julgamentos, que objetiva verificar se os pesos atribuídos aos critérios têm consistência, ou seja, se há coerência. Para obtê-la primeiramente é necessário calcular o Índice de Consistência, definido pela equação 01.

Conforme pode ser observado na tabela 11, o  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é obtido através da multiplicação da matriz comparativa dos critérios (tabela 7) e o vetor de prioridades (PML's), em seguida divide-se seus elementos por seu valor correspondente no vetor de prioridades, sendo assim, soma-se todos os elementos desse vetor e divide-se pela ordem da matriz.

**Tabela 11** - Cálculo do  $\lambda_{m\acute{a}x}$

<b>Soma dos Pesos</b>	<b>PML's</b>	<b>Total</b>
$(1 \times 0,106) + (0,333 \times 0,260) + (0,200 \times 0,106) = 0,320$	0,106	3,011
$(3 \times 0,106) + (1 \times 0,260) + (0,333 \times 0,106) = 0,790$	0,260	3,033
$(5 \times 0,106) + (3 \times 0,260) + (1 \times 0,106) = 1,946$	0,633	3,072
Soma Total		9,116
$\lambda_{m\acute{a}x}$	$9,116 / 3$	3,039

Fonte: autor (2021)

A razão de consistência, por sua vez, é calculada através da equação 02. O Índice de Consistência Randômico foi estabelecido e tabelado por meio de estudos de Saaty para matrizes de ordem 0 a 10, conforme tabela 5. Desta forma, aplicando-se estes valores nas suas respectivas equações, têm-se os resultados de IC e RC, conforme a tabela 12 abaixo.

**Tabela 12** - Cálculo do Índice de Consistência e da Razão de Consistência

Índices	Cálculo	Resultado
IC	$(3,039 - 3) / (3-1)$	0,019
RC	$0,019 / 0,58$	0,037

Fonte: autor (2021)

A tolerância recomendada para a Razão de Consistência está descrita na tabela 6. Nota-se que a Razão de Consistência obtida é inferior a 5%, logo, os julgamentos e as comparações encontram-se válidos e consistentes.

#### 4.2 Avaliação dos Subcritérios

Prosseguindo o desenvolvimento, faz-se as comparações par a par bem como os cálculos efetuados no tópico anterior agora para as matrizes dos subcritérios sócio-ambientais, técnicos e econômicos do modelo. Nas tabelas 13 e 14 estão os resultados obtidos para avaliação dos subcritérios sócio-ambientais.

**Tabela 13** - Matriz comparativa entre subcritérios sócio-ambientais para escolha da melhor alternativa para o estudo

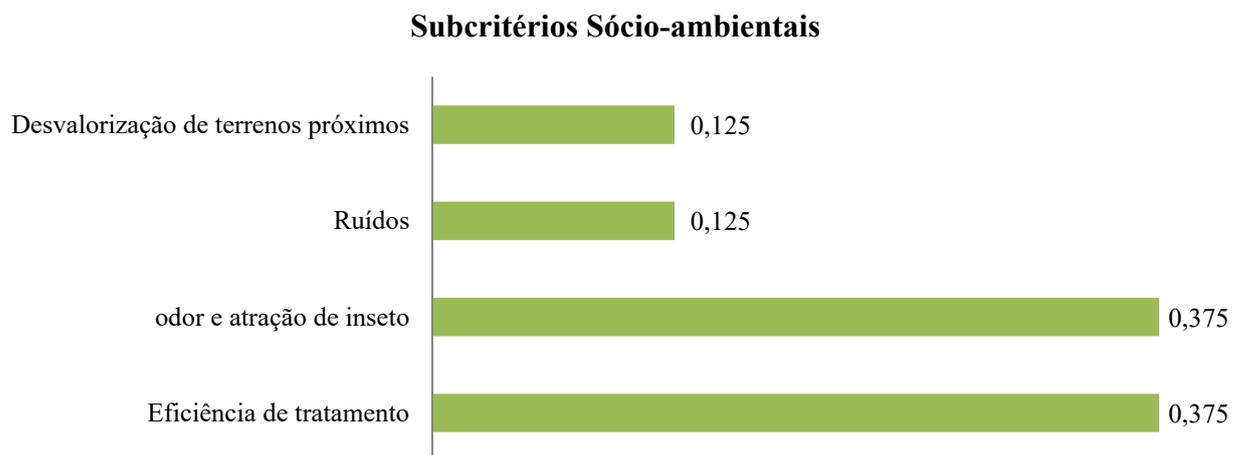
Sócio-ambiental	Eficiência de tratamento	odor e atração de inseto	Ruídos	Desvalorização de terrenos próximos
<b>Eficiência de tratamento</b>	1	1	3	3
<b>odor e atração de insetos</b>	1	1	3	3
<b>Ruídos</b>	1/3	1/3	1	1
<b>Desvalorização de terrenos próximos</b>	1/3	1/3	1	1
<b>Soma</b>	2,667	2,667	8,000	8,000

Fonte: autor (2021)

**Tabela 14** - Matriz comparativa normalizada entre subcritérios sócio-ambientais e suas respectivas PML's

Sócio-ambiental	Eficiência de tratamento	odor e atração de inseto	Ruídos	Desvalorização de terrenos próximos	PML's
<b>Eficiência de tratamento</b>	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
<b>odor e atração de inseto</b>	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
<b>Ruídos</b>	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
<b>Desvalorização de terrenos próximos</b>	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
<b>Soma</b>	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
				Total	1,000

Fonte: autor (2021)



**Figura 19** - PML's dos Subcritérios Sócio-ambientais

Fonte: autor (2021)

Os resultados obtidos na figura 19 acima mostram o quanto cada subcritério sócio-ambiental representa para o alcance do objetivo. Assim, nota-se que os subcritérios eficiência de tratamento, o odor e atração de insetos são os mais importantes, representando cada 37,5% de importância para o atingimento da meta, seguidos pelos subcritérios ruídos e desvalorização de terrenos próximos.

Levou-se em consideração na atribuição dos pesos, os impactos provenientes do respectivo subcritério, onde a eficiência do tratamento é de suma importância para que a disposição do efluente em corpos hídricos não altere a manutenção da vida dos seres aquáticos, bem como a qualidade da água. O odor e atração de insetos representam um aspecto de grande importância social, pois o mau cheiro pode incomodar grandemente o

sistema olfativo de modo que afete a qualidade a vida e a atração de insetos provoque diversas doenças.

Quanto aos ruídos, os danos são decorrentes das lesões que podem ser geradas pelo grande impacto acústico ao sistema auditivo, propiciando perda de audição, contudo, em muitos sistemas de esgotamento sanitários, os ruídos ocorrem em pouca frequência. E a desvalorização de terrenos próximos é o somatório de todas essas outras variáveis sociais.

Nas tabelas 15 e 16 estão os resultados obtidos para avaliação dos subcritérios técnicos.

**Tabela 15** - Matriz comparativa entre subcritérios técnicos para escolha da melhor alternativa para o estudo

<b>Técnicos</b>	<b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	<b>Dificuldade de implantação a estrutura</b>	<b>Dificuldade de operação e manutenção</b>
<b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	1	1/3	1/5
<b>Dificuldade de implantação a estrutura</b>	3	1	1/3
<b>Dificuldade de operação e manutenção</b>	5	3	1
<b>Soma</b>	9,000	4,333	1,533

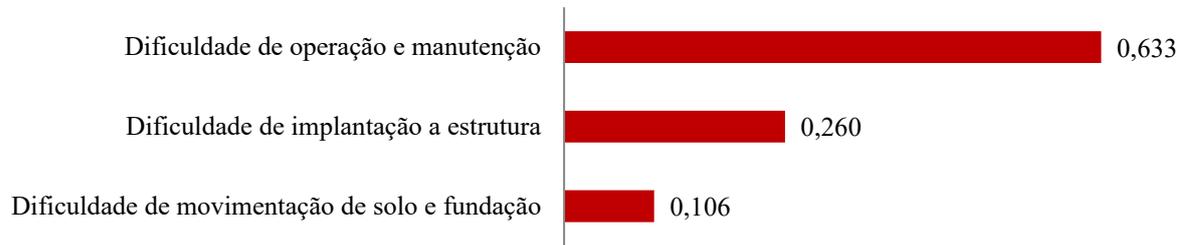
Fonte: autor (2021)

**Tabela 16** - Matriz comparativa normalizada entre subcritérios técnicos e suas respectivas PML's

<b>Técnicos</b>	<b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	<b>Dificuldade de implantação a estrutura</b>	<b>Dificuldade de operação e manutenção</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	0,111	0,077	0,130	0,106
<b>Dificuldade de implantação a estrutura</b>	0,333	0,231	0,217	0,260
<b>Dificuldade de operação e manutenção</b>	0,556	0,692	0,652	0,633
			<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

## Subcritérios Técnicos



**Figura 20** - PML's dos Subcritérios Técnicos

Fonte: autor (2021)

Os resultados obtidos na figura 20 acima mostram o quanto cada subcritério técnico representa para o alcance do objetivo. Assim, nota-se que o subcritério dificuldade de operação e manutenção é o mais importante, representando cada 63,3% de importância para o atingimento da meta, seguidos pelos subcritérios dificuldade de implantação da estrutura e dificuldades de movimentação de solo e fundação, respectivamente.

Levou-se consideração na atribuição dos pesos, que as dificuldades de movimentação e fundação podem ser minimizadas ou até mesmas inexistentes se houver uma avaliação criteriosa do solo, realizada por meio de uma sondagem.

Nas dificuldades de implantação deve-se atentar a fatores que favoreçam a viabilidade técnica do processo, contudo, que se findam assim que o sistema é totalmente implantado, logo, dificuldades a curto prazo. Já as dificuldades de operação e manutenção se perpetuam por toda utilização e vida-útil do sistema, a médio e longo prazo.

Nas tabelas 17 e 18 estão os resultados obtidos para avaliação dos subcritérios econômicos.

**Tabela 17** - Matriz comparativa entre subcritérios econômicos para escolha da melhor alternativa para o estudo

Econômicos	Custo de movimentação de solo e fundação	Custo de implantação a estrutura	Custo de operação e manutenção
Custo de movimentação de solo e fundação	1	1/3	1/5
Custo de implantação a estrutura	3	1	1/3
Custo de operação e manutenção	5	3	1
<b>Soma</b>	<b>9,000</b>	<b>4,333</b>	<b>1,533</b>

Fonte: autor (2021)

**Tabela 18** - Matriz comparativa normalizada entre subcritérios econômicos e suas respectivas PML's

Econômicos	Custo de movimentação de solo e fundação	Custo de implantação a estrutura	Custo de operação e manutenção	Vetor Prioridade
Custo de movimentação de solo e fundação	0,111	0,077	0,130	0,106
Custo de implantação a estrutura	0,333	0,231	0,217	0,260
Custo de operação e manutenção	0,556	0,692	0,652	0,633
			Total	1,000

Fonte: autor (2021)

### Subcritérios Econômicos

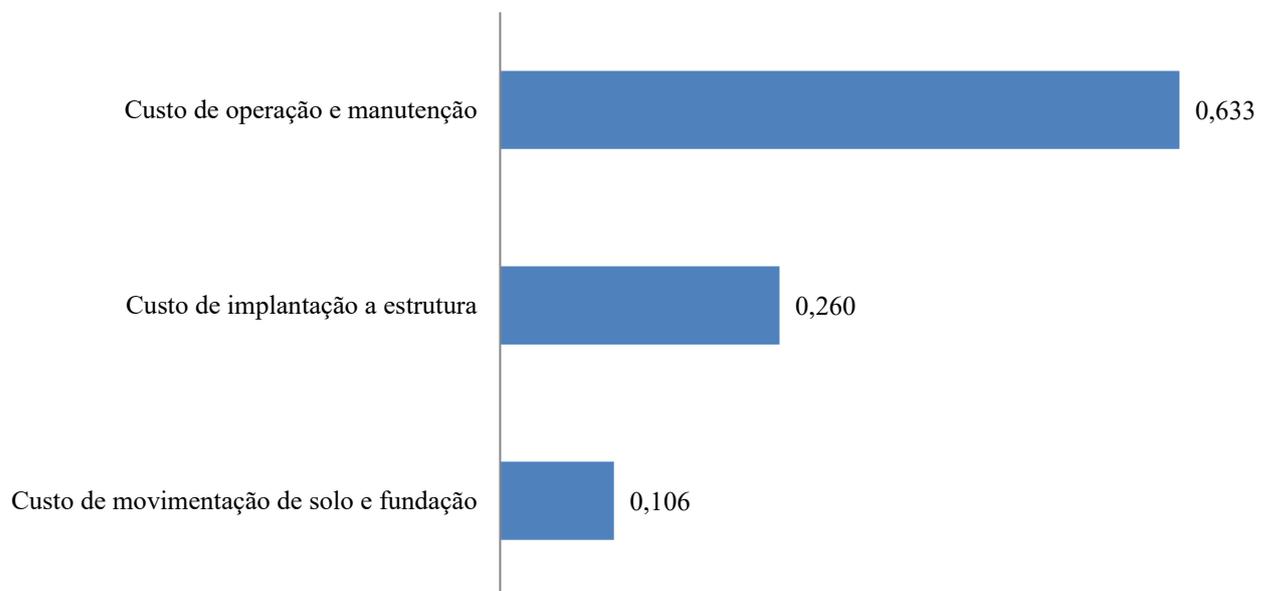


Figura 21 - PML's dos Subcritérios econômicos

Fonte: autor (2021)

Os resultados obtidos na figura 21 acima mostram o quanto cada subcritério econômico representa para o alcance do objetivo. Assim, nota-se que o custo de operação e manutenção, é o mais importante, representando cada 63,3% de importância para o atingimento da meta, seguidos pelos custos de implantação da estrutura e de movimentação de solo e fundação, respectivamente.

Analogamente aos subcritérios técnicos, na avaliação dos subcritérios econômicos, nota-se que os custos de movimentação e fundação e de implantação são custos a curto prazo. Evidenciando-se que, de maneira indireta, os custos de movimentação de solo e fundação

compreendem-se como um parcela da implantação. Entretanto, os custos de operação e manutenção permanecem constantes a médio e longo prazo, resultando em maiores custos ao longo do tempo.

Findando-se a avaliação dos subcritérios, realizou-se a análise de consistência, encontrando-se os valores do índices IC e RC conforme a tabela 19 abaixo. Observa-se a razão de consistência de todas estas análises estão menores que 5% resultando na confiabilidade das ponderações realizadas.

**Tabela 19** - Consistência dos julgamentos das matrizes de subcritérios

<b>Consistência dos Julgamentos</b>	<b>IC</b>	<b>RC</b>
<b>Subcritérios sócio-ambientais</b>	0,000	0,000
<b>Subcritérios técnicos</b>	0,019	0,033
<b>Subcritérios econômicos</b>	0,019	0,033

Fonte: autor (2021)

### 4.3 Análise das Alternativas

Por conseguinte, é realizada a análise das alternativas, par a par, a partir de cada um dos subcritérios estabelecidos.

#### 4.3.1 Subcritérios sócio-ambientais

Nas tabelas 20 e 21 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério eficiência de tratamento.

**Tabela 20** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante eficiência de tratamento

<b>SUBCRITÉRIO: Eficiência de tratamento</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	1	9	1/3	1
<b>Soma</b>	5,111	28,000	1,778	5,111

Fonte: autor (2021)

**Tabela 21** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante eficiência de tratamento e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b> <b>Eficiência de tratamento</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,022	0,036	0,063	0,022	0,035
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,587	0,321	0,563	0,587	0,514
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Total</b>				<b>1,000</b>	

Fonte: autor (2021)

Como a finalidade deste estudo permeia-se em efluentes provenientes de condomínios, e estes são um conjunto de habitações residenciais, pode-se caracterizar que trata-se de efluentes domésticos, neste sentido, a principal eficiência a ser analisada é o índice de remoção de DBO.

Para os julgamentos mediante a eficiência de tratamento, observou-se quanto a

alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + estação elevatória de esgoto (condomínio), ligado à rede pública”, a eficiência será proveniente do sistema de tratamento de esgoto advindo dos serviços públicos haja visto que o efluente da rede do condomínio será destinado a rede pública, ínterim, o município de Rio Verde conta com a operação de 2 estações de tratamentos de esgotos: a ETE do Sapó e a ETE Chapadinha, através da figura 11, nota-se que a área de estudo encontra-se próxima a ETE Chapadinha, desta forma seria o destino mais acessível.

A ETE Chapadinha está localizada na Região Norte do município de Rio Verde. Segundo AMAE (2020) a Estação de Tratamento Chapadinha possui uma vazão média de 8 L/s. Após o tratamento, o efluente é destinado ao córrego da Chapadinha, localizado nas coordenadas S 17° 44' 54,1” 50° 53' 29,5”. De acordo com o último relatório de fiscalização da AMAE (2020) verificou-se que a ETE Chapadinha opera com uma eficiência de 87,2% de remoção de DBO, em um período contínuo de 24 horas.

Esta também seria a eficiência correspondente à alternativa “Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade)”, contudo, as cotas do terreno não propiciam que o efluente flua por gravidade, não acessando a rede pública, e consequentemente não sendo tratado.

Concernente ao sistema de Wetlands, levando-se em consideração que o sistema seria subsuperficial, Goffi (2017) realizou uma pesquisa bibliográfica e verificou que as wetlands apresentam alta capacidade de remoção de matéria orgânica. No trabalho de Alves (2018) por meio de um levantamento bibliográfico constatou-se uma remoção satisfatória de DBO. Zanella (2008) observou em sua pesquisa que os sistemas de wetlands construídos apresentam 90% de remoção de DBO. Na pesquisa desenvolvida por Tonetti et al (2018) têm-se alta remoção de matéria orgânica nos sistemas Wetlands.

Sezerino (2015) observou em sua pesquisa que o sistema de wetland construído atingiu 98% de eficiência na remoção de DBO. Nos diversos catálogos que fornecem materiais para composição do sistema verificou-se eficiências de remoção de DBO superiores a 90%. Quanto aos Flotadores, os diversos catálogos que fornecem este sistema, especificam eficiências de remoção de DBO variando entre 80 a 85%.

Nas tabelas 22 e 23 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério odor e atração de insetos.

**Tabela 22** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante odor e atração de insetos

<b>SUBCRITÉRIO: Odor e Atração de insetos</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	1	9	1/3	1
<b>Soma</b>	5,111	28,000	1,778	5,111

Fonte: autor (2021)

**Tabela 23** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante odor e atração de insetos e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b> <b>Odor e atração de insetos</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,022	0,036	0,063	0,022	0,035
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,587	0,321	0,563	0,587	0,514
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Total</b>					<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Para estas ponderações, em um estudo de revisão da literatura, notou-se que a alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + estação elevatória de esgoto (condomínio), ligado à rede pública” apresenta considerável percentual de odor e riscos de atração de insetos, como pode ser observado na figura 22 abaixo.

Unidade do sistema	Concentrações médias ou faixas de variação		Referência
	mg/m <sup>3</sup>	ppm	
Tubulação de esgoto	0 a 417	0 a 300	Matos e Aires (1995)
	70 a 556	50 a 400	Jobbágy et al (1994)
Estação elevatória	4,8	3,3	Bohn (1993)
	0,57	0,4	Silva et al (2007)
	1 a 3	0,7 a 2,0	Antunes e Mano (2004) apud Silva et al (2007)
Unidade pré-tratamento	3,5	2,4	Bohn (1993)
	2,8 a 51,5	2 a 37	Al-Shammiri (2004)
Desidratação lodo	6,5	4,5	Bohn (1993)
Gás residual <sup>1</sup>	0 a 73	0 a 50	Pagliuso, Passig e Villela (2002), Souza (2010), Souza, Chernicharo e Melo (2010)
Gás residual <sup>2</sup>	146 a 730	100 a 500	Pagliuso, Passig e Villela (2002), Souza (2010),

<sup>1</sup> Gás oriundo do compartimento de decantação de reator UASB  
<sup>2</sup> Gás oriundo de caixa de dissipação localizada na linha de coleta do efluente de reator UASB

**Figura 22** - Concentrações típicas de  $H_2S$  na atmosfera de diferentes unidades de estações de tratamento de esgoto doméstico e do sistema de esgotamento sanitário  
 Fonte: Chernicharo et al (2010)

Já a alternativa “Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade)” apresenta poucos percentuais, pois a tubulação encontra-se em sua maior parte enterrada, não sendo possível exalação de mau cheiro, vistos apenas em casos de extravasamento da rede, entretanto, pela impossibilidade de ser implantada, o efluente não seria tratado e nem direcionado para um local ambientalmente adequado, o que acarretaria na exposição de odor.

Nos sistemas de Wetlands, Goffi (2017) verificou baixa produção de odores. Mello (2016) em sua pesquisa observou que um sistema de wetlands construídas possui baixa ou nenhuma produção de maus odores. Os flotadores apresentam considerável percentual de odores.

Nas tabelas 24 e 25 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério ruídos.

Tabela 24 - Matriz comparativa entre as alternativas mediante ruídos

<b>SUBCRITÉRIO: Ruídos</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	1/5	1/5	1/3
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	5	1	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	5	1	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	3	1/3	1/3	1
<b>Soma</b>	14,000	2,533	2,533	7,333

Fonte: autor (2021)

**Tabela 25** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante ruídos e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO: Ruídos</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,071	0,079	0,079	0,045	0,069
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,357	0,395	0,395	0,409	0,389
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,357	0,395	0,395	0,409	0,389
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,214	0,132	0,132	0,136	0,153
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Para estes julgamentos, considerou-se que na alternativa em um estudo de revisão da literatura, notou-se que a alternativa “Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade)”, não ocorreria ruídos, pois toda o fluxo ocorre de forma subterrânea.

Concernente as Wetlands, Subtil et al (2018) em sua pesquisa destaca que os sistemas de wetlands construídos apresentam ausência de vibração e ruídos, o que também pode ser observado por Silva e Borges (2019) em seus estudos. Já as alternativas “Rede de esgoto (condomínio) + estação elevatória de esgoto (condomínio), ligado à rede pública” e os flotores são sistemas que apresentam uso de equipamentos elétricos, desta forma,

apresentam considerável percentual de ruídos.

Nas tabelas 26 e 27 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério desvalorização de terrenos próximos.

**Tabela 26** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante desvalorização de terrenos próximos

<b>SUBCRITÉRIO: Desvalorização de Terrenos Próximos</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	1	9	1/3	1
<b>Soma</b>	5,111	28,000	1,778	5,111

Fonte: autor (2021)

**Tabela 27** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante desvalorização de terrenos próximos e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO: Desvalorização de Terrenos próximos</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,022	0,036	0,063	0,022	0,035
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,587	0,321	0,563	0,587	0,514
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Como já mencionado anteriormente, a desvalorização de terrenos próximos ocorre por meio dos impactos dos subcritérios anteriores. De modo geral, considerou-se grande desvalorização por parte da alternativa “Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade)”, pois sem o tratamento o efluente ficaria exposto. As intempéries apresentadas pela estação elevatória e pelo flotador são passíveis de atenuações e não impactam de forma agressiva na desvalorização do terreno. As wetlands, por sua vez, é a

alternativa que apresentam menores impasses, além de valorizar o aspecto paisagístico que o sistema fornece.

#### 4.3.2 Subcritérios técnicos

Nas tabelas 28, 29 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério dificuldades de movimentação de solo e fundação.

**Tabela 28** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante dificuldade de movimentação de solo e fundação

<b>SUBCRITÉRIO:</b> <b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	1/5	1/3	1/5
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	5	1	3	1
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	1/3	1	1/3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	5	1	3	1
<b>Soma</b>	14,000	2,533	7,333	2,533

Fonte: autor (2021)

**Tabela 29** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante dificuldade de movimentação de solo e fundação e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b> <b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,071	0,079	0,045	0,079	0,069
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,357	0,395	0,409	0,395	0,389
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,214	0,132	0,136	0,132	0,153
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,357	0,395	0,409	0,395	0,389
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Nestas ponderações, considerou-se que as alternativas rede + estação elevatória e wetlands, requerem mais dificuldades de movimentação de solo e fundação, pois em ambas, há uma maior necessidade de retirada de terra para implantar o sistema. A alternativa que considera somente a rede coletora do condomínio não apresenta grandes movimentações ao passo que as aberturas no solo são pequenas para passagem das tubulações, o que é similar no sistema de flotores, onde se necessita do acesso das tubulação ao equipamento e um solo resistente para suportar a estrutura.

Nas tabelas 30 e 31 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério dificuldades de implantação.

Tabela 30 - Matriz comparativa entre as alternativas mediante dificuldade de implantação

<b>SUBCRITÉRIO: Dificuldade de implantação</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1/3
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	1
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	3	9	1	1
<b>Soma</b>	7,111	28,000	2,444	2,444

Fonte: autor (2021)

**Tabela 31** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante dificuldade de implantação e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,141	0,321	0,136	0,136	0,184
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,016	0,036	0,045	0,045	0,036
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,422	0,321	0,409	0,409	0,390
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,422	0,321	0,409	0,409	0,390
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Nestes julgamentos, atentou-se que a implantação da alternativa que considera somente a rede coletora + rede pública (por gravidade) é impossível de ocorrer, pois o terreno não propicia este escoamento. Na alternativa rede + estação elevatória, a dificuldade de implantação é regular, havendo necessidade de uma área requerida considerável que deve ser escolhida de modo a facilitar que não haja interrupção do sistema, sendo necessário o conhecimento das condições topográficas, hidrológicas e geológicas do terreno, além da dependência de oferta de equipamentos constituintes do processo: poço de sucção; válvulas, grades, tubulações de recalque, boias de nível e sistema de bombas, que geralmente são

encontrados com facilidade no mercado.

Concernente ao sistema de Wetlands, nota-se que as principais dificuldades de implantação são advindas do fornecimento da matéria-prima que compõe este sistema, como material filtrante e as plantas que realizam o tratamento biológico, de modo geral, observa-se as condições climáticas da região e adaptabilidade da espécie, bem como a disponibilidade desta planta para aquisição.

Nos Flotadores, a implantação é simples sendo necessário atentar-se para os equipamentos constituintes do processo, como compressor, vasos de saturação, bombas, dispositivos de controle, válvulas, entre outros e sua disponibilidade em mercado, requerem uma área menor para instalação.

Nas tabelas 32 e 33 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério dificuldades de operação e manutenção.

**Tabela 32** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante dificuldades de operação e manutenção

<b>SUBCRITÉRIO: Dificuldade de operação e manutenção</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	1	9	1/3	1
<b>Soma</b>	5,111	28,000	1,778	5,111

Fonte: autor (2021)

**Tabela 33** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante dificuldades de operação e manutenção e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,022	0,036	0,063	0,022	0,035
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,587	0,321	0,563	0,587	0,514
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Para esta avaliação, verificou-se que a operação e manutenção da alternativa que considera somente a rede coletora + rede pública (por gravidade) não ocorrerá, pois a mesma não pode se quer ser implantada. A alternativa rede + estação elevatória, exige manutenção contínua e cuidadosa, pois trata-se de uma operação automatizada, é necessário que o operador siga as instruções de manutenção dos equipamentos, fornecidos pelo fabricante e cheque as bombas, sensores de alimentação e comandos elétricos com periodicidade diária, pois em caso de falha no sistema, todo o processo é prejudicado. Esse procedimento de

operação e manutenção é similar aos flotores com manutenção periódica frequente.

Já as wetlands, segundo Goffi (2017) apresentam simplicidade de operação e manutenção com pouca frequência. De modo geral, observa-se se o sistema está funcionando corretamente e quando necessário retirar ervas daninhas que eventualmente possam brotar ocasionando a mortes das plantas que realizam o tratamento.

#### 4.3.2 Subcritérios econômicos

Nas tabelas 34 e 35 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério custo de movimentação de solo e fundação.

**Tabela 34** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante custo de movimentação de solo e fundação

<b>SUBCRITÉRIO:</b> Custo de movimentação de solo e fundação	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	1/5	1/3	1/5
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	5	1	3	1
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	1/3	1	1/3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	5	1	3	1
<b>Soma</b>	14,000	2,533	7,333	2,533

Fonte: autor (2021)

**Tabela 35** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante custo de movimentação de solo e fundação e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b> <b>Custo de movimentação de solo e fundação</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,071	0,079	0,045	0,079	0,069
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,357	0,395	0,409	0,395	0,389
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,214	0,132	0,136	0,132	0,153
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,357	0,395	0,409	0,395	0,389
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Nestes julgamentos, considerou-se que todas as alternativas terão custos com ensaio de sondagem para avaliação da características do solo. As alternativas rede + estação elevatória e wetlands, vão requerer maiores custos de movimentação de solo para suas fundações, pois em ambas, há uma maior necessidade de retirada de terra para implantar o sistema. A alternativa que considera somente a rede coletora do condomínio não apresentaria grandes custos de movimentações ao passo que as aberturas no solo são pequenas para passagem das tubulações, o que é similar no sistema de flotores, onde se necessita do acesso das

tubulações aos equipamentos.

Nas tabelas 36 e 37 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério custo de implantação do sistema.

**Tabela 36** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante custo de implantação

<b>SUBCRITÉRIO: Custo de implantação do sistema</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	1	9	1/3	1
<b>Soma</b>	5,111	28,000	1,778	5,111

Fonte: autor (2021)

**Tabela 37** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante custo de implantação e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b> <b>Custo de</b> <b>implantação do</b> <b>sistema</b>	<b>Rede de esgoto</b> <b>(condomínio) + EEE</b> <b>(condomínio), ligado</b> <b>à rede pública;</b>	<b>Somente rede de</b> <b>esgoto (condomínio),</b> <b>ligado à rede pública</b> <b>(por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto</b> <b>(condomínio) +</b> <b>wetland</b> <b>construída,</b> <b>com infiltração</b> <b>no solo;</b>	<b>Rede de esgoto</b> <b>(condomínio) +</b> <b>flotação por ar</b> <b>dissolvido (FAD), com</b> <b>infiltração no solo.</b>	<b>Vetor</b> <b>Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto</b> <b>(condomínio) +</b> <b>EEE (condomínio),</b> <b>ligado à rede</b> <b>pública;</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Somente rede de</b> <b>esgoto</b> <b>(condomínio),</b> <b>ligado à rede</b> <b>pública (por</b> <b>gravidade);</b>	0,022	0,036	0,063	0,022	0,035
<b>Rede de esgoto</b> <b>(condomínio) +</b> <b>wetland</b> <b>construída, com</b> <b>infiltração no solo;</b>	0,587	0,321	0,563	0,587	0,514
<b>Rede de esgoto</b> <b>(condomínio) +</b> <b>flotação por ar</b> <b>dissolvido (FAD),</b> <b>com infiltração no</b> <b>solo.</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Nestas ponderações, considerou-se na avaliação que todas as alternativas serão muito mais importantes que a alternativa “somente a rede coletora + rede pública (por gravidade)”, uma vez, que não sendo possível a implantação, considerar os custos seria um julgamento inviável. Na alternativa rede + estação elevatória, os custos de implantação são elevados, dependendo do tipo de bomba, vazão de entrada, altura manométrica, tipo e capacidade da estação elevatória de esgoto.

Os Flotadores apresentam custos moderados de implantação , também a depender da

potência dos equipamentos adquiridos. O sistema de Wetlands, segundo Goffi (2017) apresenta baixo custo de implantação, o que pode ser verificado também em outras diversas literaturas, custos estes que variam com escolha da macrófita, o material filtrante e dimensão da área utilizada.

Nas tabelas 38 e 39 estão os resultados obtidos para avaliação das alternativas mediante o subcritério custo de operação e manutenção.

**Tabela 38** - Matriz comparativa entre as alternativas mediante custo de operação e manutenção

<b>SUBCRITÉRIO: Custo de operação e manutenção</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	1	9	1/3	1
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	1/9	1	1/9	1/9
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	3	9	1	3
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	1	9	1/3	1
<b>Soma</b>	5,111	28,000	1,778	5,111

**Tabela 39** - Matriz comparativa normalizada entre as alternativas mediante custo de operação e manutenção e suas respectivas PML's

<b>SUBCRITÉRIO:</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	<b>Vetor Prioridade</b>
<b>Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
<b>Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);</b>	0,022	0,036	0,063	0,022	0,035
<b>Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;</b>	0,587	0,321	0,563	0,587	0,514
<b>Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.</b>	0,196	0,321	0,188	0,196	0,225
				<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)

Nesta avaliação, considerou-se que todas as alternativas serão muito mais importantes que a alternativa “somente a rede coletora + rede pública (por gravidade)”, uma vez, que não sendo possível a implantação, de mesmo modo, não é possível operar e manter, considerar os custos seria um julgamento inviável. Na alternativa rede + estação elevatória, os custos de operação e manutenção são elevados, considerando que a operação é automatizada e um fluxo ininterrupto, atenta-se para o gasto com energia elétrica e com a necessidade de uma manutenção frequente, há o custo de uma mão-de-obra especializada.

Os Flotadores apresentam custos de operação e manutenção moderados similares ao da estação elevatória, pois há um elevado gasto com energia elétrica e manutenção periódica. Já o sistema de Wetlands apresentam baixo custo de operação e manutenção.

Por fim, realizou-se a análise de consistência, encontrando-se os valores do índices IC e RC conforme a tabela 40 abaixo. Observa-se a razão de consistência de todas estas análises estão menores que 5% resultando na confiabilidade das ponderações realizadas.

**Tabela 40** - Consistência dos julgamentos das matrizes das alternativas segundo os subcritérios

<b>Subcritérios</b>	<b>IC</b>	<b>RC</b>
<b>Eficiência de Tratamento</b>	0,052258617	0,05806513
<b>Odor e atração de insetos</b>	0,052258617	0,05806513
<b>Geração de Ruídos</b>	0,014626645	0,016251828
<b>Desvalorização de terrenos próximos</b>	0,052258617	0,05806513
<b>Dificuldade de movimentação de solo e fundação</b>	0,014626645	0,016251828
<b>Dificuldade de implantação do processo</b>	0,052962024	0,058846693
<b>Dificuldade de operação e manutenção</b>	0,052258617	0,05806513
<b>Custo de movimentação de solo e fundação</b>	0,014626645	0,016251828
<b>Custo de implantação do processo</b>	0,052258617	0,05806513
<b>Custo de operação e manutenção</b>	0,052258617	0,05806513

Fonte: autor (2021)

#### **4.4 Prioridades Globais**

Finalizadas todas as comparações com base nos subcritérios do nível hierárquico serão geradas as prioridades globais de cada alternativa de solução. Cada conjunto de subcritérios

deve ser ponderado usando o peso do critério hierarquicamente acima. No cálculo do desempenho global, as pontuações das alternativas são ponderadas usando os pesos dos subcritérios. Nas tabelas 41, 42, 43 e 44 encontram-se os cálculos das prioridades globais de cada alternativa.

**Tabela 41** – Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + estação elevatória de esgoto (condomínio), ligado à rede pública;”

**Rede de esgoto (condomínio) + estação elevatória de esgoto (condomínio), ligado à rede pública;**

Subcritério	Peso do Subcritério	Peso da Alternativa	Prioridade Global
Eficiência de tratamento	0,040	0,225	0,009
odor e atração de inseto	0,040	0,225	0,009
Ruídos	0,013	0,069	0,001
Desvalorização de terrenos próximos	0,013	0,225	0,003
Dificuldade de movimentação de solo e fundação	0,028	0,069	0,002
Dificuldade de implantação a estrutura	0,068	0,184	0,012
Dificuldade de operação e manutenção	0,165	0,225	0,037
Custo de movimentação de solo e fundação	0,067	0,069	0,005
Custo de implantação a estrutura	0,165	0,225	0,037
Custo de operação e manutenção	0,401	0,225	0,090
Soma	1,000	Total	0,205

Fonte: autor (2021)

**Tabela 42** – Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);”

**Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);**

<b>Subcritério</b>	<b>Peso do Subcritério</b>	<b>Peso da Alternativa</b>	<b>Prioridade Global</b>
Eficiência de tratamento	0,040	0,035	0,001
odor e atração de inseto	0,040	0,035	0,001
Ruídos	0,013	0,389	0,005
Desvalorização de terrenos próximos	0,013	0,035	0,000
Dificuldade de movimentação de solo e fundação	0,028	0,389	0,011
Dificuldade de implantação a estrutura	0,068	0,036	0,002
Dificuldade de operação e manutenção	0,165	0,035	0,006
Custo de movimentação de solo e fundação	0,067	0,389	0,026
Custo de implantação a estrutura	0,165	0,035	0,006
Custo de operação e manutenção	0,401	0,035	0,014
<b>Soma</b>	<b>1,000</b>	<b>Total</b>	<b>0,074</b>

Fonte: autor (2021)

**Tabela 43** - Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;”

**Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;**

Subcritério	Peso do Subcritério	Peso da Alternativa	Prioridade Global
Eficiência de tratamento	0,040	0,514	0,020
odor e atração de inseto	0,040	0,514	0,020
Ruídos	0,013	0,389	0,005
Desvalorização de terrenos próximos	0,013	0,514	0,007
Dificuldade de movimentação de solo e fundação	0,028	0,153	0,004
Dificuldade de implantação a estrutura	0,068	0,390	0,026
Dificuldade de operação e manutenção	0,165	0,514	0,085
Custo de movimentação de solo e fundação	0,067	0,153	0,010
Custo de implantação a estrutura	0,165	0,514	0,085
Custo de operação e manutenção	0,401	0,514	0,206
Soma	1,000	Total	0,470

Fonte: autor (2021)

**Tabela 44** - Cálculo de Prioridade Global da Alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.”

**Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.**

Subcritério	Peso do Subcritério	Peso da Alternativa	Prioridade Global
Eficiência de tratamento	0,040	0,225	0,009
odor e atração de inseto	0,040	0,225	0,009
Ruídos	0,013	0,153	0,002
Desvalorização de terrenos próximos	0,013	0,225	0,003
Dificuldade de movimentação de solo e fundação	0,028	0,389	0,011
Dificuldade de implantação a estrutura	0,068	0,390	0,026
Dificuldade de operação e manutenção	0,165	0,225	0,037
Custo de movimentação de solo e fundação	0,067	0,389	0,026
Custo de implantação a estrutura	0,165	0,225	0,037
Custo de operação e manutenção	0,401	0,225	0,090
Soma	1,000	Total	0,251

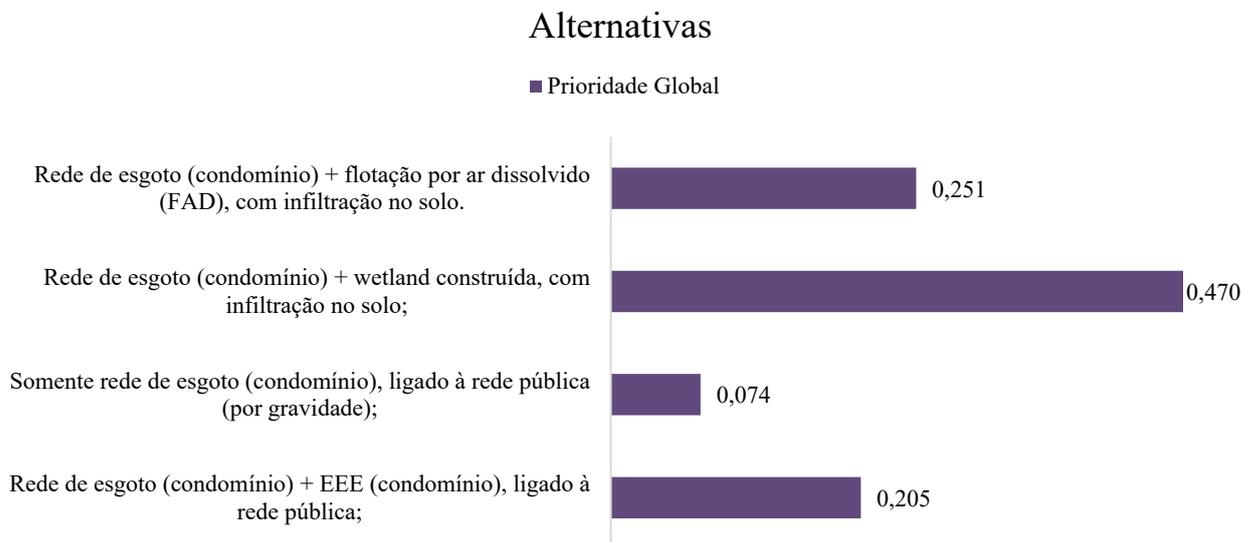
Fonte: autor (2021)

De modo simplificado, pode-se observar na tabela 45 abaixo e na figura 23 a representatividade em prioridade de cada alternativa.

**Tabela 45 - Prioridade Global das Alternativas**

Alternativas	Prioridade Global
Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio), ligado à rede pública;	0,205
Somente rede de esgoto (condomínio), ligado à rede pública (por gravidade);	0,074
Rede de esgoto (condomínio) + wetland construída, com infiltração no solo;	0,470
Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo.	0,251
<b>Total</b>	<b>1,000</b>

Fonte: autor (2021)



**Figura 23 - Prioridade Global das Alternativas**

Fonte: autor (2021)

Neste íterim, pode-se constatar por meio da figura 23 acima, mediante aplicação do método AHP para esta área de estudo, que a alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + Wetland Construída, com infiltração no solo” é considerada mais apropriada com 47% de representatividade, seguida da “Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo” e Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio) ligado à rede pública”.

Outra constatação importante e válida, é que a alternativa Somente rede de esgoto + rede pública (por gravidade) encontrou-se como a alternativa de menor prioridade, haja vista que as condicionantes técnicas não propiciam a implantação desta alternativa.

Nota-se ainda que o critério econômico e o subcritério custos de operação e manutenção com maiores valores de prioridades globais foram determinantes neste resultado, uma vez que, a alternativa Rede de esgoto (condomínio) + Wetland Construída, foi a com maiores prioridades.

## 5 CONCLUSÃO

Destarte, os condomínios horizontais precisam estabelecer a melhor gestão de esgoto em virtude de sua necessidade. O método AHP é uma ferramenta que auxiliou positivamente neste processo para área de estudo selecionada, obtendo-se a alternativa “Rede de esgoto (condomínio) + Wetland Construída, com infiltração no solo” a mais viável com 47% de representatividade, seguida da “Rede de esgoto (condomínio) + flotação por ar dissolvido (FAD), com infiltração no solo” e Rede de esgoto (condomínio) + EEE (condomínio) ligado à rede pública”.

Cabe ressaltar que a escolha dos critérios, subcritérios e alternativas são de suma importância para uma melhor efetividade do método, ou seja, a adição ou maior preferência por parte dos julgamentos impacta diretamente na alternativa adotada, o que pode ser observado nesta pesquisa, onde a maior preferência nos critérios econômicos e subcritérios custos de operação e manutenção foram determinantes para o resultado encontrado.

Outro aspecto relevante e possível de execução em trabalhos futuros é a avaliação entre estes níveis hierárquicos por diversos campos técnicos por meio de questionários, possibilitando interação entre as diversas opiniões.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABREU, Lucijaine Monteiro de et al. Escolha De Um Programa De Controle Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano: Aplicação do Método AHP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 257–262, 2000.
- AISSE, M. M.; **Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2000.
- ALMEIDA, Ian Rocha de. **Análise de vulnerabilidade à carência de esgotamento sanitário e sua gestão em municípios do rio grande do sul**. p. 1–141, 2019. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- ALSINA F. X.; GALLEGRO, A.; FEIJOO, G.; RODRIGUEZ, R. I. Multiple-objective evaluation of wastewater treatment plant control alternatives. **Journal of Environmental Management**. 2010;91(5):1193-1201. 2008.
- ALVES, Nicole Lambert. **Proposta de implantação de um sistema de wetland construída para o tratamento de esgoto, na zona rural do município de Toledo-MG**. Minas Gerais, 2018, 44p. Monografia (Curso Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade de extrema - FAEX, Extrema – MG, 2018.
- AMAE - Agência Municipal de Regulação dos Serviços de Água e Esgoto. **Mapa de atendimento da rede de esgotamento sanitário do Município de Rio Verde – GO**. Rio Verde, 2020.
- AMAE - Agência Municipal de Regulação dos Serviços de Água e Esgoto. **Relatório de Fiscalização ETE Chapadinha**. Rio Verde, 2020. Disponível em: <[https://www.rioverde.go.gov.br/AMAE/wp-uploads/sites/4/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o-004\\_2020-1.pdf](https://www.rioverde.go.gov.br/AMAE/wp-uploads/sites/4/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o-004_2020-1.pdf)>. Acesso em: 15 de agosto de 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9.648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9.649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.
- BARROS, Raphael T. de V. et all. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte, MG: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário [da] República Federativa do Brasil**. Brasília - DF, 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 15 de abril de 2020.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Diário [da] República Federativa do Brasil**. Brasília-DF, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-)

2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Diário [da] República Federativa do Brasil**. Brasília-DF, 2020. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm)>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 mai. 2011.

COSTA, Danilo Reis Valois. **Avaliação De Custos De Implantação De Sistemas De Esgotamento Sanitário Em Comunidades De Pequeno Porte**. Feira de Santana, p. 1–76, 2010.

EUROPEAN. **Flotadores por Ar Dissolvido**. Disponível em: <<https://www.eurocomercio.com.br/flotadores-ar-dissolvido>>. Acesso em: 20 de setembro de 2020.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Apresentação de projetos de sistemas de esgotamento sanitário**. Brasília, 2008.

GESAD – Grupo de Estudos em Saneamento Descentralizado. **Diferentes modais de esgotamento sanitário**. 2020.

GOFFI, Andreia dos Santos. **Uso da análise multicritério para a seleção de tecnologias de tratamento de efluentes**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

GOOGLE EARTH PRO. **Tela de abertura do programa Google Earth Pro**. Versão 7.3.3.7699. Google Earth Pro, 2020.

GOOGLE EARTH PRO. **Área de estudo**. Versão 7.3.3.7699. Google Earth Pro, 2020.

HERREIRA, Michael Espinosa. **A urbanização com ênfase em condomínios horizontais: uma alternativa para universalização do esgotamento sanitário com menores investimentos públicos**. 2013. 96p. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HUNT, Camilla Carolina. **Modelo Multicritério de Apoio à Decisão Aplicado à Seleção de Sistema de Tratamento de Esgoto para Pequenos Municípios**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – 2019**. Rio Verde - GO: IBGE.

LEONETI, A. B. **Avaliação de modelo de tomada de decisão para escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. Dissertação de Mestrado em Administração de

Organizações – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP). Ribeirão Preto. 2009.

LEONETI, A. B.; DO PRADO, E. L.; DE OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: Considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331–348, 2011.

LIBRALATO, L., GHIRARDINI, A.V., AVEZZU, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of Environmental Management**. 94, 2012. p 61-68.

MARTINS, E., **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, 2000.

MEDEIROS, Danilo Martins de. **Estudo sobre a aplicação de wetlands construídos para o tratamento de esgoto em loteamentos, condomínios e comunidades isoladas**. Florianópolis, 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina.

METCALF & EDDY/AECOM. **Wastewater engineering: treatment and resource recovery. 5th ed.** New York: McGraw-Hill. 2014.

NHAPI, I. A Framework for the decentralized management of wastewater in Zimbabwe. **Elsevier: Physics and Chemistry of the Earth**, v.29. p.1265 – 1273, 2004.

NUNES, Guilherme Silva; Leal, José Eugênio (Orientador). **Aplicação do Método AHP para Auxílio à Tomada de Decisão de Localidade para Instalação de Operação de Apoio Logístico Offshore**. Rio de Janeiro, 2017 74p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

NUVOLARI, A. (COORD.) Esgoto Sanitário. **Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, vários autores. 1º edição. 2003. ISBN 85-212-0314-4. 520 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, JL. **Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social**. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, pp. 213-232.

OLIVEIRA, G.; SCAZUFCA, P.; AROUCA, L. F. A. F. **Ranking do Saneamento -Instituto Trata Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking-2018/realatoriocompleto.pdf>>. Acesso em 29 abr. 2020.

PACHECO, Rodrigo Pinheiro. **Custos Para Implantação De Sistemas De Esgotamento Sanitário**. Curitiba, p. 112, 2011.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – Agenda de Desenvolvimento Post-2015**. Nova York: PNUD, 2015. Disponível em: <<http://www.undp.org/content/undp/es/home/mdgoverview/post-2015-development->

agenda/goal-6.html>. Acesso em: 20 abril de 2020.

PNUD. **Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil. Rio Verde - GO**. Disponível em: [http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/rio-verde\\_go](http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/rio-verde_go). Acesso em 08 de junho de 2020.

Qgis. **Tela de acesso do software Qgis**. 2020.

QUADROS, C. S. **A vida em separado: estudo de um condomínio fechado de Porto Alegre**. 2008. 65p. Monografia (Bacharelado em Ciências Sociais), Departamento de Sociologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RIO VERDE. **Lei Municipal N° 5.318, de 6 de setembro de 2007**. Dispõe sobre o Plano Diretor e o Processo de Planejamento do Município de Rio Verde e dá outras providências. Rio Verde, 2007.

RIO VERDE. **Lei Municipal N° 5489, de 23 de setembro de 2008**. Dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano - zoneamento da sede do Município de Rio Verde. Rio Verde, 2008.

RIO VERDE. **Lei Municipal N° 6148, de 22 de maio de 2012**. Dispõe sobre loteamentos fechados e conjuntos residenciais fechados no município de Rio Verde – GO. Rio Verde, 2012.

RIO VERDE. **Lei Complementar n. 138, de 05 de julho de 2018**. Altera a Lei Complementar n. 5.478, de 03 de setembro de 2008, que dispõe sobre o uso e ocupação do solo urbano – zoneamento da sede do município de Rio Verde. Rio Verde, 2018.

RIO VERDE. **Lei Municipal N° 5090, de 28 de dezembro de 2005**. Institui o Código Ambiental Municipal e dispõe sobre a administração do uso dos recursos naturais, da proteção da qualidade de vida e do controle das fontes poluidoras e degradadoras do meio ambiente e das utilizadoras ou modificadoras dos recursos naturais e, da ordenação do uso do solo do território do Município de Rio Verde - Estado de Goiás, de forma a garantir o desenvolvimento sustentável, e dá outras providências. Rio Verde, 2005.

SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; SALATI E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. Piracicaba: Instituto Terramax, 2009.

SEZERINO, Pablo Heleno et al. Experiências brasileiras com *wetlands* construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. vol.20 n.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2015/. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/esa/v20n1/1413-4152-esa-20-01-00151.pdf> >. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação. **Página de acesso do Sistema Estadual de Geoinformação**. SIEG, 2020.

SILVA, José Daniel Jales. **Descrição dos sistemas de tratamento de esgoto de condomínios residenciais horizontais da cidade de Mossoró/RN**. Mossoró-RN. p.129, 2014.

SILVA, Raul Augusto Garcete. **Dimensionamento Otimizado Do Sistema De Drenagem De Esgoto: O Caso De Um Condomínio Horizontal Fechado Na Cidade De**

**Hernandarias.** Foz do Iguaçu, PR, p.96, 2016.

SILVA, Rodrigo Coelho e; BORGES, Luan de Alencar. Análise experimental da viabilidade técnica do sistema de tratamento tipo *wetlands* construído combinado o qual utiliza macrófitas para depuração de águas residuais oriundas de caminhão limpa fossa. **Revista Científica Semana Acadêmica.** 181<sup>o</sup> ed, v. 01, 2019. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/02\\_-\\_artigo\\_-\\_rodrigo\\_coelho\\_-\\_wetlands\\_construido\\_0.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/02_-_artigo_-_rodrigo_coelho_-_wetlands_construido_0.pdf). Acesso em: 25 de setembro de 2020.

SINGH, R. **Wastewater Problems and Social Vulnerability in Megacity Delhi/India.** Thesis submitted to the Department of Geography, University of Cologne. 2008. Disponível em: <<http://core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/12010419.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2020.

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto.** Brasília: SNIS, 2019.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública,** Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

SOUSA, A. F. S. **Diretrizes para a implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle.** Estudo de caso Residencial Valville. 2008. 176p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica – Saneamento Ambiental), Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SUBTIL, Eduardo Lucas et al. **Manual de sistemas de Wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitário: implantação, operação e manutenção.** Editora UFABC, Mai. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/326352770\\_Manual\\_de\\_sistemas\\_de\\_Wetlands\\_construidas\\_para\\_o\\_tratamento\\_de\\_esgotos\\_sanitario\\_implantacao\\_operacao\\_e\\_manutencao](https://www.researchgate.net/publication/326352770_Manual_de_sistemas_de_Wetlands_construidas_para_o_tratamento_de_esgotos_sanitario_implantacao_operacao_e_manutencao)>. Acesso em: 23 de novembro de 2020.

TEIXEIRA, J. C. E. Al. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental,** 2014. v. 19, n. 1, pp. 87–96.

TONETTI, Adriano Luiz. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.** Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. - Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

USEPA. United States environmental protection agency. Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) wastewater treatment systems. Na introduction to management tools and information for implementing EPA’s Management guidelines. 2005. **USEPA:** EPA No. 832-B-05-001. Cópia eletrônica. Disponível em:<[www.epa.gov/owm/onsite](http://www.epa.gov/owm/onsite)>

VARGAS, Ricardo. **Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio.** In: PMI GLOBAL CONGRESS, 2010,

Washington DC. Washington DC: PMI, 2010. p. 1 - 23.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 2014. v. 7, 2ª Ed, Editora UFMG. Belo Horizonte.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, 2014. v. 1, 4ª Ed., Editora UFMG. Belo Horizonte.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos** (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol. 1. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P.H. (2018). Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil. **Boletim Wetlands Brasil**, Edição Especial, dezembro/2018. 65 p. ISSN 2359-0548.

VYMAZAL, J. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. **Ecological Engineering**, v.35, n.1, p.1-17, 2009.

WARDLAW, T. et al. **Diarrhoea: why children are still dying and what can be done**. World Health Organization, 2010. v. 375.

ZANELLA, Luciano. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2008. 213p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2008.

ZAPPAROLI, I.D. Saneamento Básico: Um Estudo para Comunidades de Pequeno Porte. **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. 2008.