

Elaine Cristina Brás de Freitas

Seleção de Tecnologias de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Dr. Francisco Javier Cuba Teran

GOIÂNIA

2020

Processo: 23070.013538/2020-16 Documento: 1341545



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Elaine Cristina Brás de Freitas

3. Título do trabalho

Seleção de Tecnologias de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Javier Cuba Teran, Professor do Magistério Superior**, em 21/05/2020, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ELAINE CRISTINA BRÁS DE FREITAS, Usuário Externo**, em 21/05/2020, às 12:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1341545** e o código CRC **1788A315**.

Elaine Cristina Brás de Freitas

Seleção de Tecnologias de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Dr. Francisco Javier Cuba Teran

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Freitas, Elaine Cristina Brás de
Seleção de Tecnologias de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério [manuscrito] / Elaine Cristina Brás de Freitas. - 2020.
CC, 200 f.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Javier Cuba Teran.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Goiânia, 2020.
Bibliografia. Anexos. Apêndice.
Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Tomada de Decisão. 2. Multicritério. 3. Tecnologias de Tratamento de Esgoto. 4. Electre I. I. Teran, Francisco Javier Cuba, orient. II. Título.

CDU 628

Processo:
23070.013538/2020-16Documento:
1234255

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 002 da sessão de Defesa de Dissertação de **Elaine Cristina Brás de Freitas**, que confere o título de Mestre em **Engenharia Ambiental e Sanitária**, na área de concentração em **Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**.

Aos **vinte dias do mês de março de dois mil e vinte**, a partir das **quatorze horas**, na **Sala de Reuniões do LABITECC**, da **Escola de Engenharia Civil e Ambiental**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto utilizando análise multicritério”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Francisco Javier Cuba Terán (PPGEAS/EECA)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Dirceu Scaratti (Universidade do Oeste de Santa Catarina)**, membro titular externo; Professora Doutora **Renata Medici Frayne Cuba (PPGEAS/EECA)**, membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Francisco Javier Cuba Terán**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Javier Cuba Teran, Professor do Magistério Superior**, em 21/03/2020, às 06:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Medici Frayne Cuba, Professora do Magistério Superior**, em 21/03/2020, às 07:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dirceu Scaratti, Usuário Externo**, em 21/03/2020, às 07:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ELAINE CRISTINA BRÁS DE FREITAS, Usuário Externo**, em 29/03/2020, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1234255** e o código CRC **2A966DB6**.

Referência: Processo nº 23070.013538/2020-16

SEI nº 1234255

AGRADECIMENTOS

A Deus que permitiu estar nessa vida, superando obstáculos e conquistando objetivos.

A Nossa Senhora Aparecida que sempre me fortalece e me guia pelos melhores caminhos.

A professora Renata M. Frayne Cuba, pela leveza em transmitir seus conhecimentos, sendo um exemplo de docente.

Ao meu orientador, Francisco J. Cuba Teran, que sempre me incentivou e cobrou para que o trabalho fosse realizado com excelência, várias pressões realizadas, mas no final o resultado foi satisfatório.

A minha filha Mariana Guimarães e ao meu esposo Gilberto Sousa, pela paciência e companheirismo.

Aos meus amigos e familiares que me auxiliaram de alguma forma nesse período.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pelo fornecimento da bolsa de estudos.

RESUMO

Entre as principais causas de poluição dos corpos hídricos, está o lançamento de esgotos sem nenhum tipo de tratamento. Para reduzir esse tipo de poluição é necessária a implantação de sistemas de tratamento de esgoto eficiente, sejam eles de responsabilidade dos prestadores de serviço público ou dos respectivos geradores. A escolha de tecnologias de tratamento de esgoto é um processo complexo, pois envolvem tanto variáveis quantitativas quanto variáveis qualitativas. Deste modo, para alcançar o objetivo definido neste trabalho, que é a seleção de tecnologias de tratamento de esgoto utilizando análise multicritério aplicáveis em municípios do Estado de Goiás que não possuem sistema de esgotamento sanitário, foi definido o método Electre I, para selecionar dentre as 37 tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas no Brasil, um conjunto composto com as melhores opções de tecnologias. Para isso, foram definidos três cenários e 16 critérios com características técnicas, econômicas, sociais e ambientais para o cenário 1, 10 critérios para cenário 2 e 8 critérios para o cenário 3. A aplicação do método apresentou-se adequada para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto. A seleção para o cenário 1 indicou um conjunto composto por 2 alternativas (lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação e infiltração lenta); para o cenário 2 um conjunto composto pelas 5 alternativas (tanques sépticos, lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, infiltração lenta e reator UASB) e para o cenário 3 um conjunto com 3 alternativas (tanques sépticos, lagoa aerada facultativa e reator UASB).

Palavras-chave: Tomada de Decisão. Multicritério. Tecnologias de Tratamento de Esgotos. Electre I.

ABSTRACT

Among the main causes of pollution of water bodies is the discharge of sewage without any type of treatment. To reduce this type of pollution, it is necessary to implement efficient sewage treatment systems, whether they are the responsibility of public service providers or the respective generators. The choice of sewage treatment technologies is a complex process, as they involve both quantitative and qualitative variables. Thus, to achieve the objective defined in this work, which is the selection of sewage treatment technologies using multicriteria analysis applicable in municipalities in the State of Goiás that do not have a sewage system, the Electre I method was defined, to select from among 37 sewage treatment technologies most used in Brazil, a set composed of the best technology options. For this, three scenarios were defined, and 16 criteria with technical, economic, social and environmental characteristics for scenario 1, 10 criteria for scenario 2 and 8 criteria for scenario 3. The application of the method was adequate for the selection of technologies sewage treatment. The selection for scenario 1 indicated a set consisting of 2 alternatives (anaerobic lagoon + optional lagoon + maturation pond and slow infiltration); for scenario 2 a set consisting of 5 alternatives (septic tanks, optional pond, optional aerated pond, slow infiltration and UASB reactor) and for scenario 3 a set with 3 alternatives (septic tanks, optional aerated pond and UASB reactor).

Keywords: Decision making. Multicriteria. Sewage Treatment Technologies. Electre I.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do panorama do sistema de esgotamento sanitário em Goiás.	35
Figura 2 – Representação do conceito kernel (k).....	69
Figura 3 – Representação das relações de sobreclassificação com uso de grafo.....	74
Figura 4 – Incompatibilidade e indiferença	74
Figura 5 – Fluxograma metodologia do trabalho.....	87
Figura 6 – Fluxograma de aplicação método Electre I.	93
Figura 7 – Pesos dos critérios normalizados – Cenário 1.	101
Figura 8 – Pesos dos critérios normalizados – Cenário 2.	102
Figura 9 – Pesos dos critérios normalizados – Cenário 3.	103
Figura 10 – Escala de cada critério cenário 1.	108
Figura 11 - Relação de sobreclassificação das alternativas utilizando grafo com $c=0,6$ e $d=0,4$ cenário 1.....	124
Figura 12 – Escala de cada critério cenário 2.	130
Figura 13 - Relação de sobreclassificação das alternativas utilizando grafo com $c=0,6$ e $d=0,4$ Cenário 2.....	146
Figura 14 – Escala de cada critério cenário 3.	152
Figura 15 - Relação de sobreclassificação das alternativas utilizando grafo com $c=0,6$ e $d=0,4$ Cenário 3.....	168

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de tratamento de esgoto.	37
Quadro 2 - Concentrações médias de esgotos e eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse nos esgotos domésticos.	52
Quadro 3 - Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos: balanço de vantagens e desvantagens.	54
Quadro 4 – Padrões de lançamento de esgotos em corpos receptores.	59
Quadro 5 - Principais métodos de apoio multicritério.	61
Quadro 6 – Sistema fundamental de relações de preferências.	65
Quadro 7– Matriz de decisão.	68
Quadro 8 - Relações básicas de preferências.	69
Quadro 9 – Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto no cenário brasileiro.	82
Quadro 10 – Critérios nacionais observados para seleção de tecnologias de tratamento.	90
Quadro 11– Exemplo planilha com valores normalizados.	94
Quadro 12 – Exemplo de matriz de concordância.	94
Quadro 13– Exemplo de matriz de discordância.	94
Quadro 14 – Exemplo de matriz de superação.	95
Quadro 15 – Alternativas para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos.	96
Quadro 16 – Critérios selecionados para o estudo com características técnica, econômica, social e ambiental.	97
Quadro 17– Pesos dos critérios normalizados - cenário 1.	100
Quadro 18 - Pesos dos critérios normalizados – cenário 2.	100
Quadro 19 – Pesos dos critérios normalizados– cenário 3.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação de investimentos e déficit de acesso, na média de 2007 a 2017, segundo macrorregião geográfica.	32
Tabela 2- Nível de atendimento com abastecimento de água e esgotamento sanitário, SNIS em 2017.	33
Tabela 3- Nível de atendimento com serviços de água e esgoto em Goiás.	34
Tabela 4- Índices de abastecimento de água e coleta de tratamento de esgoto por UPGRH...	36
Tabela 5 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 1.....	104
Tabela 6 – Dados de entrada normalizados cenário 1.....	106
Tabela 7 – Valores de escala de cada critério cenário 1.	108
Tabela 8 – Matriz de concordância cenário 1.	110
Tabela 9 - Matriz de discordância cenário 1.	115
Tabela 10 – Matriz de superação cenário 1 $c=0,6$ $d=0,4$	120
Tabela 11 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 2.....	126
Tabela 12 – Dados de entrada normalizados cenário 2.....	128
Tabela 13 – Valores de escala de cada critério cenário 2.	130
Tabela 14 – Matriz de concordância cenário 2.	132
Tabela 15 - Matriz de discordância cenário 2.	137
Tabela 16 – Matriz de superação cenário 2 $c=0,6$ $d=0,4$	142
Tabela 17 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 3.....	148
Tabela 18 – Dados de entrada normalizados cenário 3.....	150
Tabela 19 – Valores de escala de cada critério cenário 3.	152
Tabela 20 – Matriz de concordância cenário 3.	154
Tabela 21 - Matriz de discordância cenário 3.	159
Tabela 22 – Matriz de superação cenário 3 $c=0,6$ $d=0,4$	164

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Network Processes (ANP)

Apoio Multicritério a Decisão (AMD)

Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD)

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

Biorretor de Membranas (BRM)

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)

Demanda Biológica de Oxigênio em 5 dias (DBO5)

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO)

Elimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE)

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

Fósforo (P)

Fundação Nacional da Saúde (FUNASA)

Fundo de Amparo ao Trabalhado (FAT)

Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS)

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Lei Orçamentária Anual (LOA)

Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
(MACBETH)

Membrane Bio-Reactor (MBR)

Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

Multiattribute Utility Theory (MAUT)

Nitrogênio (N)

Número Mais Provável (NMP)

Plano Nacional de Saneamento (PLANASA)

Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)

Plano Plurianual (PPA)

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation
(PROMETHEE)

Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)

Programação por Compromisso (CP)

Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO)

Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA)

Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART)

Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG)

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

Sólidos Suspenso (SS)

Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT)

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

LISTA DE SÍMBOLOS

0 - ano que foi tomado como referência para o cálculo da projeção

a_i = valor do critério i antes da normalização

aIb - se b for não preferível à alternativa a

a_{ij} - avaliação da alternativa i em relação ao critério j

aPb - se a seja indiferente a b

aQb - preferência fraca de a em relação à b

aRb - se a é preferível em detrimento de b

c - limiar de concordância, relativamente grande

$C(a,b)$ - índice de concordância que representa o quanto a sobreclassifica b

d - limiar de discordância, relativamente pequeno

$D(a,b)$ - índice de discordância que corresponde ao quão a alternativa a é inferior a alternativa b

$g_j(a)$ - desempenho da alternativa a no critério j

$g_j(b)$ - desempenho da alternativa b no critério j

i – alternativa

I - indiferença

j – critérios

k – kernel

K - preferência estrita ou incomparabilidade entre duas ações

m - quantidade de alternativas

n - quantidade de critérios

N - ano em que se deseja obter a projeção populacional

N - resultado normalizado do critério i

p - limiar de preferência

p_j - peso normalizado do critério j

p_j - corresponde ao limite de estrita preferência para o critério j

P - preferência estrita

P^+ - somatório dos pesos dos critérios quando b é preferível a a

$P. \alpha$ - problemática alfa

$P. \beta$ - problemática beta

$P. \gamma$ - problemática gama

$P. \delta$ - problemática delta

P^+ - somatório dos pesos dos critérios em que a alternativa a é preferível a b

P_0 - população do ano que foi tomada como referência para cálculo da projeção

P_n - projeção populacional para o ano em que se deseja

q - limiar de indiferença

q_j - limite de indiferença para j

Q - preferência fraca

rg - Razão de crescimento populacional

R - incomparabilidade

S - sobreclassificação

Tg - Taxa de crescimento populacional em porcentagem

δ - escala de critérios

$\forall a, b \in A$ - a, b é verdadeiro se pertencer a A

$\sum a_i$ - somatório de todos os valores do critério i

\sim - indiferença

$>$ - preferência no sentido amplo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	OBJETIVOS	29
2.1	OBJETIVO GERAL	29
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	30
3.1	PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL.....	30
3.2	PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO ESTADO DE GOIAS	34
3.3	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	40
3.3.1	Tratamento de Esgoto Sanitário.....	41
3.3.2	Tecnologias de Tratamento de Esgoto	42
3.3.2.1	Lagoas de Estabilização	42
3.3.2.2	Disposição no Solo.....	44
3.3.2.3	Sistemas Alagados Construídos	45
3.3.2.4	Sistemas Anaeróbios	46
3.3.2.5	Lodos Ativados	47
3.3.2.6	Reatores Aeróbios com Biofilmes	49
3.3.3	Análise e Seleção do Processo de Tratamento de Esgoto	50
3.3.4	Disposição do Esgoto e Padrões de Lançamento	58
3.4	TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	59
3.4.1	Metodologia Multicriterial	60
3.4.2	Processo de Decisão.....	62
3.4.3	Elementos do Processo de Decisão.....	62
3.4.4	Modelagem das Preferências.....	65
3.4.4.1	Informações Intercritérios	65
3.4.4.2	Principais Estruturas de Preferências	66
3.4.4.3	Modelagem das Consequências	67
3.4.4.4	Combinação das Situações Fundamentais	68

3.4.5	Considerações sobre a Escolha do Método	70
3.4.6	Família Electre (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité).....	70
3.4.7	Electre I	71
3.4.8	Electre II.....	74
3.4.9	Electre III	76
3.4.10	Electre IV.....	77
3.4.11	Electre IS	77
3.4.12	Electre TRI.....	78
3.4.13	Análise de Sensibilidade e Estabilidade.....	78
3.4.14	Vantagens da Utilização do Apoio Multicritério à Decisão	78
3.4.15	Aplicação de Metodologias de Análise Multicritério em Esgotamento Sanitário	79
3.4.16	Aplicação de Metodologias de Análise Multicritério em Seleção de Sistemas de Tratamento de Esgotos.....	82
4	MATERIAL E MÉTODO	87
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS E DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS.....	88
4.2	DEFINIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ALTERNATIVAS).....	89
4.3	DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	90
4.3.1	DEFINIÇÃO DOS PESOS E LIMIARES	91
4.4	APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE I.....	92
4.5	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	95
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	96
5.1	TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ALTERNATIVAS).....	96
5.2	CRITÉRIOS.....	97
5.3	PESOS E LIMIARES	99
5.4	CENÁRIO 1: POPULAÇÃO ACIMA DE 50.000 HABITANTES	103
5.5	CENÁRIO 2: POPULAÇÃO ENTRE 10.000 E 50.000 HABITANTES	125
5.6	CENÁRIO 3: POPULAÇÃO ABAIXO DE 10.000 HABITANTES	147
5.7	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	169
5.7.1	Cenário 1: População Acima de 50.000 Habitantes	169
5.7.2	Cenário 2: População Entre 10.000 e 50.000 Habitantes.....	170

5.7.3	Cenário 3: População Abaixo de 10.000 Habitantes.....	171
6	CONCLUSÕES.....	173
7	SUGESTÕES.....	174
8	REFERÊNCIAS.....	175
9	APÊNDICE.....	181
9.1	APÊNDICE 1 – CENÁRIO 1.....	181
9.2	APÊNDICE 2 - CENÁRIO 2	184
9.3	APÊNDICE 3 – CENÁRIO 3.....	186
9.4	APÊNDICE 4 – ESTUDO POPULACIONAL HORIZONTE DE PROJETO 2020-2040 – MÉTODO GEOMÉTRICO	188
10	ANEXO	193
10.1	ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS, EXPRESSOS VALORES PER CAPITA	193
10.2	ANEXO 2 – AVALIAÇÃO RELATIVA DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICOS.....	196

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a urbanização das cidades apresentam relação direta com a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas ao uso. As ações antrópicas promovem alterações no ambiente, principalmente na poluição dos corpos hídricos. O lançamento de esgoto sem tratamento altera os parâmetros físicos, químicos e biológicos e compromete seus usos múltiplos, favorecendo também o surgimento de doenças de veiculação hídrica o que o torna uma das principais causas de contaminação das águas.

A Lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico no país, traz no seu Art. 19º, que a prestação de serviços públicos deve trazer em seu planejamento objetivo e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização dos serviços de saneamento básico, dentre eles o esgotamento sanitário.

Segundo os dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referente ao Diagnóstico realizado em 2017, essa meta está longe de ser alcançada. No Brasil, 46% dos esgotos gerados são tratados, 73,7% dos esgotos coletados recebem tratamento, ficando evidente a falta de sistemas de tratamento de esgotos implantados na maioria das cidades brasileiras (SNIS, 2019).

No Estado de Goiás, segundo os dados divulgados em 2019 pelo SNIS referente ao Diagnóstico realizado em 2017, 48% dos esgotos gerados e 87% dos esgotos coletados no estado recebem tratamento. Ademais, aproximadamente 67% dos municípios não possuem sistema de esgotamento sanitário implantado (SNIS, 2019).

O déficit de coleta e tratamento de esgotos nas cidades brasileiras tem resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos corpos d'água, causando implicações negativas aos usos múltiplos dos recursos hídricos (BRASIL, 2017).

Para o tratamento desses despejos líquidos, existe na literatura uma grande variedade de tecnologias, que se implantadas podem reduzir os impactos provocados pelo lançamento do esgoto bruto nos corpos hídricos.

O tratamento de esgoto é classificado por níveis: preliminar, primário, secundário e terciário, que quando utilizados separadamente ou combinados resultam em diferentes configurações de processos de tratamento de esgoto (VON SPERLING, 2014). Após o tratamento, a disposição final pode ser realizada em corpos de água, no solo ou encaminhada para reuso, desde que

atenda as regulamentações legais. Da mesma forma, é necessário realizar a correta destinação do lodo gerado no processo.

Decidir qual processo de tratamento de esgoto adotar pode ser tarefa complexa. A escolha do processo de tratamento de esgoto não se restringe apenas às exigências ambientais, de saúde pública e/ou legais. Também são avaliados aspectos econômicos, sociais, operacionais, políticos e até os anseios da comunidade (BRASIL, 2017; CASTRO, 2007).

Para Von Sterling (2014) a seleção da alternativa mais adequada à realidade analisada, deve ser realizada por meio da atribuição de critérios e/ou pesos.

Nas últimas décadas vem sendo desenvolvidos diversos métodos de apoio à tomada de decisão. Com a variedade e quantidade de métodos disponíveis, a seleção do método, depende do problema particular considerado e das preferências dos tomadores de decisão.

Em vista dos critérios a serem considerados na seleção de tecnologias de tratamento de esgoto e suas subjetividades, neste trabalho será utilizada a metodologia de análise multicritério ELECTE I, que tem como intuito lidar com vários critérios quantitativos e qualitativos simultaneamente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é selecionar tecnologias de tratamento de esgoto utilizando análise multicritério aplicáveis em municípios do estado de Goiás que não possuem sistema de esgotamento sanitário.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar quais são as tecnologias de tratamento de esgoto sanitário mais utilizadas no Brasil.
- Identificar os principais critérios utilizados no Brasil para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto sanitário.
- Realizar análise de sensibilidade para o método adotado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para estabelecer a base teórica necessária ao desenvolvimento do trabalho, nesta seção, serão apresentadas as contribuições científicas de autores de forma a obter conhecimento sobre o estado atual da pesquisa científica relacionadas ao tema e suas lacunas.

3.1 PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O direito ao saneamento básico é assegurado pela Constituição Federal de 1988, sendo definido pela Lei 11.445/2007, como o conjunto de serviços de infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. No trabalho será utilizado o termo saneamento básico para o sentido mais restrito de seu significado, que é o atendimento em sistema de abastecimento de água e sistema de esgotamento sanitário.

Os serviços de saneamento básico dentre outros benefícios proporcionam melhorias das condições sanitárias locais, conservação e preservação dos recursos naturais, eliminação de focos de poluição e redução dos casos de doenças de veiculação hídrica. Entre os benefícios proporcionados pelo saneamento básico está a melhora da qualidade de vida da população beneficiada.

“O Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), elaborado na década de 1970, foi o primeiro plano brasileiro do setor que ampliou a oferta de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário” (LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013).

Desde a elaboração do Plano Nacional de Saneamento as principais fontes de investimento disponíveis para o setor de saneamento básico no Brasil são provenientes do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) - Caixa Econômica Federal, Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT) do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), recursos derivados da Lei Orçamentária Anual (LOA), orçamentos dos estados e municípios, recursos provenientes de empréstimos internacionais como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), recursos próprios dos prestadores de serviços, e recursos dos Fundos Estaduais de Recursos Hídricos, oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos (BRASIL, 2013).

Com a criação do Ministério das Cidades e da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) desse Ministério, a partir de 2003, “no campo das intervenções do governo federal, o Ministério das Cidades passou a se constituir no principal gestor dos programas e ações de saneamento básico no Brasil, considerando-se, neste caso, o número de contratos e valores envolvidos” (BRASIL, 2013, p.70).

O planejamento tornou-se ponto central na formulação de políticas públicas do saneamento básico após a reestruturação assumida pela SNSA. Como resultado dessa formulação houve a aprovação da Lei 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, estabelecendo como um dos objetivos e metas de planejamento a universalização dos serviços de saneamento básico. A Lei prevê a elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), planejado e coordenado pelo Ministério das Cidades com horizonte de planejamento para 20 anos, com revisão periódica em prazo não superior a 4 anos, anteriormente à elaboração do Plano Plurianual (PPA).

Nos PPA's que sucederam a aprovação da Lei 11.445/2007 (PPA 2008-2011, PPA 2012-2015 e PPA 2016-2019), foram identificados programas do Governo Federal voltados para ações em saneamento básico. O programa de maior impacto implementado para ações em saneamento básico foi o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) criado em 2007, e sua segunda fase em 2011, PAC 2 que promoveu a retomada do planejamento e contribuiu para o desenvolvimento sustentável do Brasil. A gestão dos programas e ações do PAC ficaram sob responsabilidade do Ministério das Cidades, da Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), que é vinculada ao Ministério da Saúde, Ministério da Integração Nacional e Ministério do Meio Ambiente.

O SNIS, desde 1995, ano de referência, coleta dados sobre a prestação de serviços de água e esgoto.

O SNIS se constitui no maior e mais importante sistema de informações do setor saneamento no Brasil, apoiando-se em um banco de dados que contém informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos e de manejo de resíduos sólidos urbanos. (BRASIL, 2020).

A Tabela 1 apresenta os dados divulgados pelo SNIS, que mostra a média do déficit de acesso e a relação de investimentos em sistema de abastecimento de água e sistema de esgotamento sanitário segundo as macrorregiões brasileiras no período de 2007 a 2017.

Tabela 1- Relação de investimentos e déficit de acesso, na média de 2007 a 2017, segundo macrorregião geográfica.

Macrorregião	Participação no déficit de acesso, em %		Participação nos investimentos realizados, em %	
	Água	Esgotos	Água	Esgotos
Norte	28,5	13,4	5,0	3,0
Nordeste	31,5	32,9	22,0	13,7
Sudeste	33,0	28,4	51,8	58,0
Sul	4,8	16,5	12,5	16,7
Centro-Oeste	2,2	8,8	8,8	8,5
Brasil	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Brasil (2019, p. 60) SNIS.

Para o sistema de abastecimento de água, a participação nos investimentos realizados nas macrorregiões Sudeste, Sul e Centro Oeste foram maiores que os déficits de acesso. A realidade apresentada para as regiões Norte e Nordeste foi bem diferente, onde a participação nos investimentos foram bem menores que o déficit de acesso apresentado. A situação que mais merece atenção é da macrorregião Norte, onde o déficit é 5,7 vezes maior que a participação em investimentos.

Em relação ao sistema de esgotamento sanitário, as macrorregiões Sudeste e Sul apresentaram participação em investimentos realizados maiores que a participação em déficits de acesso. A macrorregião Sudeste se destacou com participação em investimentos cerca de 2 vezes maior que a participação em déficit. Já as macrorregiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste a participação em déficit é maior que a participação em investimentos realizados. A diferença de investimentos realizados em relação ao déficit de acesso para as macrorregiões Sul e Centro-Oeste é bem pequena, por outro lado à macrorregião Norte apresenta participação em investimentos realizados cerca de 4,5 vezes menor que o déficit de acesso.

Como pode ser observada, a participação nos investimentos realizados para as macrorregiões Norte e Nordeste, tanto para abastecimento de água quanto para esgotamento sanitário, foram bem menores que a participação no déficit de acesso, o que mostra uma realidade onde a aplicação dos recursos não é compatível com a necessidade de cada macrorregião.

No Brasil, a universalização de atendimento em esgotamento sanitário ainda está longe de ser atingido principalmente para as populações de baixa renda em áreas distantes dos grandes centros urbanos.

A Tabela 2 apresenta o nível de atendimento com serviços de água e esgoto, conforme diagnóstico realizado pelo SNIS em 2017 e divulgados em 2019.

Tabela 2- Nível de atendimento com abastecimento de água e esgotamento sanitário, SNIS em 2017.

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
Norte	57,5	70,0	10,2	13,0	22,6	84,6
Nordeste	73,3	88,8	26,9	34,8	34,7	80,8
Sudeste	91,3	95,9	78,6	83,2	50,4	67,3
Sul	89,7	98,4	43,9	50,6	44,9	93,3
Centro-Oeste	90,1	98,1	53,9	59,5	52,0	92,6
Brasil	83,5	93,0	52,4	60,2	46,0	73,7

Fonte: Brasil (2019, p. 27) SNIS.

Os dados mostram que a cobertura com esgotamento sanitário é bem inferior ao acesso à água. Os índices de atendimento total em nível nacional com rede em sistema de água (83,5%) são bem maiores se comparados com atendimento de redes em sistemas de esgotamento sanitário (52,4%). Para esgotos coletados 73,7% são tratados e apenas 46 % dos esgotos gerados recebem tratamento.

Dentre as macrorregiões brasileiras, a região que possui melhor cobertura total com rede para sistema de água e esgoto é a região Sudeste com 91,3% e 78,6 % respectivamente. Já para área urbana, a macrorregião com melhor cobertura com rede para sistema de água é a Sul com 98,4%. Já para atendimento com esgoto a macrorregião que apresentou melhor cobertura foi a Sudeste com 83,2 %.

A região que possui o pior índice de cobertura total para sistema de água e esgoto é a região Norte, com 57,5% e 10,2% respectivamente. A macrorregião Norte, também, apresentou, pra área urbana, o pior índice de cobertura de rede tanto para sistema de água (70,0%), quanto para sistema de esgoto (13,0%).

Para os índices de tratamento de esgoto, a macrorregião que possui melhor cobertura relacionada aos esgotos coletados é a Sul, com 92,6%, já a macrorregião Centro-Oeste, com 52,0%, possui o melhor índice de tratamento para esgotos gerados. Os piores índices de cobertura para tratamento de esgoto são das macrorregiões Norte, com 22,6% em relação aos esgotos gerados, e Sudeste, com 67,3 % para esgotos coletados.

Apesar do crescente investimento em saneamento nas últimas décadas, a desigualdade de atendimento com os serviços de esgotamento sanitário ainda é muito grande, demonstrando fragilidade na realização de um planejamento uniforme (BRASIL, 2019).

3.2 PANORAMA DO SANEAMENTO BÁSICO NO ESTADO DE GOIÁS

Pode-se dizer que a história do saneamento no Estado de Goiás teve início com a empresa Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO), fundada no ano de 1967, a partir da Lei Estadual nº 6680/67, com o objetivo de distribuir água tratada, coletar e tratar os esgotos domésticos (BANDEIRA, 2017).

Dos 246 municípios do Estado de Goiás, a empresa SANEAGO opera em 225 municípios do Estado, tendo a atribuição para realização de estudos e projetos, construção de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, além da operação e manutenção dos sistemas implantados. Nas outras 21 cidades, as atividades ficam a cargo das prefeituras. Apenas 81 municípios possuem sistema de tratamento de esgoto, sendo 73 municípios operados pela SANEAGO e 8 operados pelas Prefeituras (SNIS, SANEAGO, 2019).

A Tabela 3 apresenta o nível de atendimento com serviços de água e esgoto no Estado de Goiás, conforme diagnóstico realizado pelo SNIS em 2017 e divulgados em 2019.

Tabela 3- Nível de atendimento com serviços de água e esgoto em Goiás.

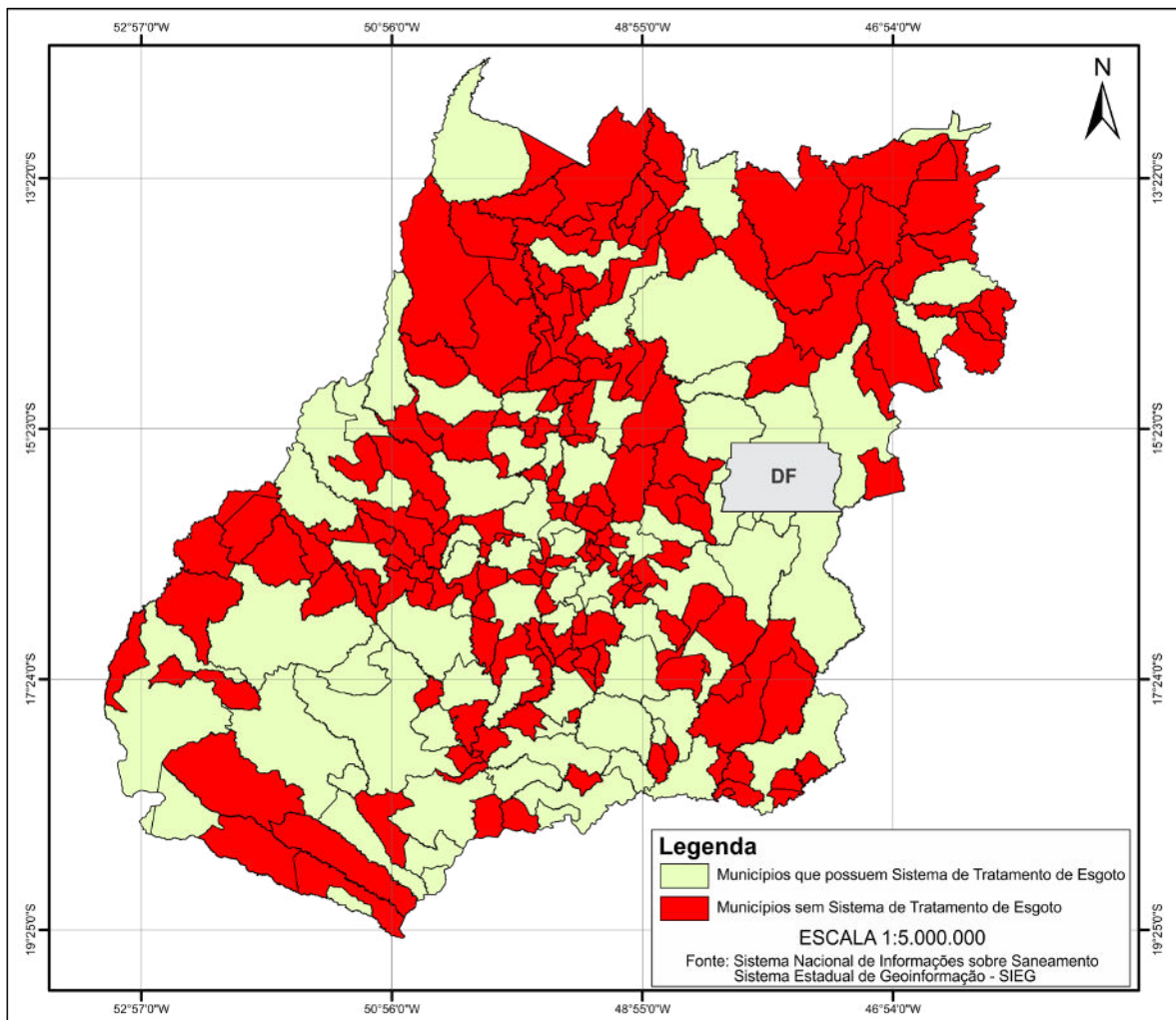
Índice de Atendimento com Rede (%)				Índice de Tratamento dos Esgotos (%)	
Água		Coleta de Esgotos		Esgotos Gerados	Esgotos Coletados
Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Total
88,9	97,5	52,3	57,5	48,0	87,3

Fonte: Brasil, 2019 SNIS.

Quanto ao atendimento desses serviços, segundo o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) de 2017, Goiás ocupa o 5º lugar dentre os estados brasileiros em abastecimento de água, com índice de 88,9%, atrás apenas do Distrito Federal, São Paulo, Paraná e Rio de Janeiro, com índices de 98,7%, 96,3%, 93,7% e 92,5% respectivamente. Já o índice de atendimento de esgoto é de 52,3%, ocupando a 6ª posição entre as unidades da federação, atrás de São Paulo com 89,7%, Distrito Federal 85,1%, Minas Gerais 70,0%, Paraná 69,5% e Rio de Janeiro com 65,8%.

A Figura 1 ilustra os municípios do Estado de Goiás que possuem sistema esgotamento sanitário e os municípios que não são atendidos com sistema de esgotamento sanitário.

Figura 1 – Mapa do panorama do sistema de esgotamento sanitário em Goiás.



Fonte: Adaptado de SIEG 2019 e SNIS 2017.

Como pode ser observado na Figura 1, de um total de 246 municípios, 165 não contam com sistema de tratamento de esgoto, o que corresponde a um percentual de 67,07% das cidades Goianas.

Os índices de atendimento com abastecimento de água em todas as unidades ultrapassam os 98%, índices bem próximos à universalização, já para coleta e tratamento de esgoto os índices não são satisfatórios, indicando que os serviços com esgotamento sanitário do Estado necessitam de maior investimento.

Visando orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos no Estado de Goiás, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, por meio da Resolução nº 26 de 05 de Dezembro de 2012, aprovou a divisão hidrográfica em 11 Unidades de Planejamento e Gerenciamento de

Recursos Hídricos: Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba, Afluentes Goianos do Médio Araguaia, Afluentes Goianos do Médio Tocantins, Afluentes Goianos do Rio Paraná, Afluentes Goianos do Rio São Francisco, Corumbá, Veríssimo e Porção Goiana do Rio São Marcos, Corumbá, Veríssimo e porção Goiana do Rio São Marcos, Rio das Almas e Afluentes Goianos do Rio Maranhão, Rio dos Bois, Rio Meia Ponte e Rio Vermelho.

No Produto 5 do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás, revisado em setembro de 2015, foram apresentados os índices de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto do Estado por Unidade de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos (UPGRH), conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4- Índices de abastecimento de água e coleta de tratamento de esgoto por UPGRH.

Unidade de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos (UPGRH)	Índice de Abastecimento de Água (%)	Índice de Coleta de Esgoto (%)	Índice de Tratamento de Esgoto (%)
Afluentes Goianos do Alto Araguaia	99,6	10,2	16,7
Afluentes Goianos do Médio Araguaia	94,5	6,5	12,0
Afluentes Goianos do Médio Tocantins	99,6	24,0	42,9
Afluentes Goianos do Rio Paraná	99,6	6,8	11,1
Afluentes Goianos do Rio São Francisco	98,5	23,1	50,0
Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba	98,3	26,8	31,2
Corumbá, Veríssimo e Porção Goiana do São Marcos	98,1	19,0	32,5
Meia Ponte	95,6	21,7	36,2
Rio das Almas e Afluentes Goianos do Rio Maranhão	96,9	15,7	22,8
Rio Vermelho	99,0	18,1	33,3
Rio dos Bois	97,8	22,2	30,6

Fonte: Goiás, Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás, 2015.

A bacia hidrográfica que possui melhor índice de tratamento de esgoto é a bacia do Rio São Francisco (50%), em contrapartida a bacia do Rio Paraná possui o menor índice de tratamento (11,1%).

O Quadro 1 apresenta as cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de esgotamento sanitário, sua localização hidrográfica e a população segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), segundo o censo 2010.

Quadro 1 – Cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de tratamento de esgoto.

Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica	Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica
Anhanguera	955	Rio Corumbá	Mossâmedes	3.275	Alto Araguaia
Santa Cruz De Goiás	981	Rio Corumbá	Castelândia	3.344	Rio dos Bois
Sítio D Abadia	994	Médio Paraná	Santa Tereza De Goiás	3.355	Médio Araguaia
Baliza	1.094	Alto Araguaia	Aracu	3.357	Rio dos Bois
Gameleira De Goiás	1.094	Rio Corumbá	Santo Antônio Da Barra	3.372	Rio dos Bois
Amaralina	1.101	Médio Araguaia	Divinópolis De Goiás	3.491	Médio Paraná
Santa Rita Do Novo Destino	1.113	Rio das Almas	Vila Boa	3.502	Médio Paraná
Guarinos	1.131	Médio Araguaia	Formoso	3.607	Médio Araguaia
Moiporá	1.133	Alto Araguaia	Caturai	3.664	Rio dos Bois
Cachoeira De Goiás	1.171	Alto Araguaia	Itajá	3.740	Rio Paranaíba
São Patrício	1.171	Rio das Almas	Mundo Novo	3.767	Médio Araguaia
Pilar De Goiás	1.201	Rio das Almas	Santa Fe De Goiás	3.811	Rio Vermelho
Ipiranga De Goiás	1.272	Rio das Almas	Faina	3.849	Médio Araguaia
Bonópolis	1.301	Médio Araguaia	Alto Horizonte	3.863	Médio Araguaia
Montividiu Do Norte	1.347	Médio Araguaia	Turvânia	3.891	Rio dos Bois
Santa Isabel	1.367	Rio das Almas	Gouvelândia	3.895	Rio dos Bois
Davinópolis	1.400	Rio Corumbá	São Luiz Do Norte	3.908	Rio das Almas
Água Limpa	1.426	Rio Corumbá	Itaguari	3.968	Rio das Almas
Nova Roma	1.426	Rio Paranaíba	Fazenda Nova	4.078	Alto Araguaia
Guaraita	1.442	Rio das Almas	Itarumã	4.078	Rio Paranaíba
Uirapuru	1.464	Médio Araguaia	Rianópolis	4.081	Rio das Almas
Vila Propício	1.504	Rio das Almas	Jandaia	4.154	Rio dos Bois
Diorama	1.506	Alto Araguaia	Santo Antônio De Goiás	4.271	Rio Meia Ponte
Ivolândia	1.535	Alto Araguaia	São Francisco De Goiás	4.464	Rio das Almas
Mairipotaba	1.570	Rio dos Bois	Campos Verdes	4.476	Médio Araguaia

Fonte: IBGE 2019, SIEG 2019 e SNIS 2017.

Quadro 1 - Cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de tratamento de esgoto (Continuação).

Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica	Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica
Córrego Do Ouro	1.633	Alto Araguaia	Campo Alegre De Goiás	4.481	Rio Corumbá
Nova América	1.647	Rio das Almas	Itaguaru	4.521	Rio das Almas
Morro Agudo De Goiás	1.649	Rio das Almas	Goiandira	4.538	Rio Corumbá
Buriti De Goiás	1.735	Rio Vermelho	Americano Do Brasil	4.718	Rio dos Bois
Guarani De Goiás	1.763	Médio Paraná	Cavalcante	4.742	Médio Paraná
Aloândia	1.769	Rio Meia Ponte	Mambaí	4.802	Médio Paraná
Marzagão	1.804	Rio Corumbá	Ouvidor	4.810	Rio Corumbá
Jesupolis	1.834	Rio das Almas	Inaciolândia	4.815	Rio dos Bois
Damianópolis	1.853	Médio Paraná	Leopoldo De Bulhões	4.843	Rio Corumbá
Perolândia	1.859	Rio Paranaíba	Doverlândia	4.916	Alto Araguaia
Nova Aurora	1.873	Rio Corumbá	Santa Barbara De Goiás	5.206	Rio dos Bois
Avelinópolis	1.877	Rio dos Bois	Alto Paraiso De Goiás	5.219	Médio Paraná
Buritinópolis	1.885	Médio Paraná	Campo Limpo De Goiás	5.289	Rio Meia Ponte
Caldazinha	1.918	Rio Meia Ponte	Simolândia	5.378	Médio Paraná
Arenópolis	1.919	Alto Araguaia	Cabeceiras	5.505	Rio Paranaíba
Nova Iguaçu De Goiás	2.024	Rio Corumbá	Aragoiânia	5.528	Rio Meia Ponte
Panamá	2.035	Rio Meia Ponte	Serranópolis	5.534	Rio Paranaíba
São Miguel Do Passa Quatro	2.074	Rio Corumbá	Itapirapuã	5.536	Rio Vermelho
Teresina De Goiás	2.134	Médio Paraná	Cezarina	5.595	Rio dos Bois
Água Fria De Goiás	2.137	Rio das Almas	Nova Gloria	5.730	Rio das Almas
Urutaí	2.162	Rio Corumbá	São Domingos	5.774	Médio Paraná
Brazabrantes	2.170	Rio Meia Ponte	Santa Rita Do Araguaia	6.159	Rio Paranaíba
Amorinópolis	2.171	Alto Araguaia	Nazário	6.187	Rio dos Bois
Campinaçu	2.173	Médio Tocantins	Barro Alto	6.251	Rio das Almas
Santa Rosa De Goiás	2.177	Rio das Almas	Vicentinópolis	6.321	Rio dos Bois
Palestina De Goiás	2.180	Alto Araguaia	Bom Jardim De Goiás	6.349	Alto Araguaia

Fonte: IBGE 2019, SIEG 2019 e SNIS 2017.

Quadro 1 - Cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de tratamento de esgoto (Continuação).

Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica	Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica
Damolândia	2.182	Rio Meia Ponte	Corumbá De Goiás	6.416	Rio Corumbá
Trombas	2.194	Médio Araguaia	Cocalzinho De Goiás	6.444	Rio Corumbá
Adelândia	2.207	Rio dos Bois	Petrolina De Goiás	6.683	Rio das Almas
Palmelo	2.216	Rio Corumbá	São Joao D Aliança	6.724	Médio Tocantins
Varjão	2.243	Rio dos Bois	Bonfinópolis	7.021	Rio Meia Ponte
Israelândia	2.249	Alto Araguaia	Nova Veneza	7.026	Rio Meia Ponte
Professor Jamil	2.261	Rio Meia Ponte	Carmo Do Rio Verde	7.054	Rio das Almas
Novo Brasil	2.274	Rio Vermelho	Nova Crixas	7.728	Rio Corumbá
Jaupaci	2.358	Alto Araguaia	Santa Terezinha De Goiás	7.768	Médio Araguaia
Campestre De Goiás	2.376	Rio dos Bois	Orizona	7.975	Rio Corumbá
Cumari	2.419	Rio Corumbá	Cachoeira Alta	8.382	Rio Paranaíba
Cristianópolis	2.472	Rio Corumbá	Firminópolis	8.778	Rio dos Bois
Três Ranchos	2.488	Rio Corumbá	Campinorte	8.995	Médio Tocantins
Colinas Do Sul	2.525	Médio Tocantins	Piranhas	9.071	Alto Araguaia
Mutunópolis	2.540	Médio Araguaia	Vianópolis	9.170	Rio Corumbá
Aporé	2.541	Rio Paranaíba	Iaciara	9.300	Médio Paraná
Edealina	2.569	Rio dos Bois	Goianápolis	9.691	Rio Meia Ponte
Novo Planalto	2.587	Rio Corumbá	Rialma	9.798	Rio das Almas
Heitorai	2.645	Rio das Almas	Hidrolândia	10.470	Rio Meia Ponte
Cromínia	2.675	Rio Meia Ponte	Maurilândia	11.120	Rio dos Bois
Ouro Verde De Goiás	2.683	Rio Meia Ponte	Indiara	11.654	Rio dos Bois
Palminópolis	2.699	Rio dos Bois	Mozarlândia	12.161	Médio Araguaia
Aurilândia	2.800	Alto Araguaia	Crixas	12.318	Médio Araguaia
Taquaral De Goiás	2.881	Rio das Almas	Pirenópolis	15.563	Rio das Almas
Porteirão	2.929	Rio dos Bois	Itapaci	16.675	Rio das Almas
Estrela Do Norte	2.931	Médio Araguaia	Aragarças	17.617	Alto Araguaia
Hidrolina	2.980	Rio das Almas	Alexânia	19.676	Rio Corumbá
Matrincha	2.995	Rio Vermelho	Ipameri	21.336	Rio Corumbá
Portelândia	3.110	Rio Paranaíba	Nerópolis	23.229	Rio Meia Ponte

Fonte: IBGE 2019, SIEG 2019 e SNIS 2017.

Quadro 1 - Cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de tratamento de esgoto (Continuação).

Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica	Cidade	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Bacia Hidrográfica
Turvelândia	3.138	Rio dos Bois	Porangatu	35.731	Médio Araguaia
Monte Alegre De Goiás	3.164	Médio Paraná	Senador Canedo	84.111	Rio Meia Ponte
Flores De Goiás	3.170	Médio Paraná			

Fonte: IBGE 2019, SIEG 2019 e SNIS 2017.

Conforme apresentado no Quadro 1, são 18 cidades localizadas na Bacia hidrográfica do Alto Araguaia, 18 cidades na Bacia hidrográfica do Médio Araguaia, 15 cidades na Bacia hidrográfica do Médio Paraná, 4 cidades na Bacia hidrográfica do Médio Tocantins, 26 cidades na Bacia hidrográfica do Rio Corumbá, 27 cidades na Bacia hidrográfica do Rio das Almas, 25 cidades na Bacia hidrográfica do Rio dos Bois, 17 cidades na Bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte, 10 cidades na Bacia hidrográfica do Rio Paranaíba e 5 cidades na Bacia hidrográfica do Rio Vermelho.

Das 165 cidades do Estado de Goiás que não possuem sistema de esgotamento sanitário, considerando a população divulgada pelo censo IBGE 2010, 92% das cidades possuem população abaixo de 10.000 hab., 7% possuem população entre 10.000 e 50.000 hab. e apenas 1% possui população acima de 50.000 habitantes.

A geração de esgotos na área urbana está diretamente associada à população (Brasil, 2017). A população compreende um dos elementos fundamentais para quantificação das cargas poluidoras e das vazões afluentes na escolha do processo e tratamento de esgoto e devem compor os estudos preliminares para implantação de estações de tratamento de esgoto. O conhecimento da população de final de plano e sua evolução ao longo do tempo também são importantes para projetos de estações de tratamento de esgoto para estudo das etapas de implantação (VON SPERLING, 2014).

3.3 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O esgoto sanitário é constituído por despejos líquidos provenientes de atividades domésticas, industriais, contribuição pluvial ou água de infiltração.

O sistema de esgotamento sanitário é composto por unidades responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final do esgoto, respeitando os padrões de lançamento estabelecidos pelas legislações vigentes.

Há basicamente duas soluções de sistemas de esgotamento sanitário: sistema individual ou estático (solução local, individual ou para poucas residências) e sistema coletivo ou dinâmico (com afastamento dos esgotos da área servida), (VON SPERLING, 2014).

A primeira solução é indicada para locais com pouca densidade populacional como zona rural, pequenas comunidades, ou ainda locais onde a topografia da região não permite o atendimento por sistema coletivo. É uma solução onde, usualmente, envolve infiltração em solo, como fossas sépticas e sumidouros. A segunda solução é indicada para área urbana com elevada densidade populacional, onde o esgoto é coletado, transportado e tratado de forma adequada para disposição final. Os sistemas coletivos possuem unidades de tratamentos denominadas estações de tratamento de esgoto (ETE), que possuem várias tecnologias (VON SPERLING, 2014).

A coleta, o tratamento e a disposição adequada do esgoto gerado, devem atender à legislação ambiental vigente, uma vez que essas atividades são importantes para preservação e conservação do ambiente e redução da proliferação de organismos patogênicos, que favorecem o surgimento de doenças.

3.3.1 Tratamento de Esgoto Sanitário

Para evitar o contato direto da população com dejetos, é preciso de forma geral, à implantação de sistemas adequados de coleta, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários. O tratamento de esgoto sanitário consiste na redução de matéria orgânica, dos microrganismos patogênicos, dos sólidos em suspensão e, em circunstâncias especiais, dos nutrientes presentes nos esgotos sanitários, supondo-se ausência de resíduos tóxicos antes de seu lançamento nos cursos d'água ou reuso (BRASIL, 2015; BRASIL, 2017).

Para se definir o processo de tratamento de esgotos em estudos de concepção de um determinado local, de acordo com Von Sperling (2014), é preciso estabelecer e compreender os seguintes aspectos: objetivos do tratamento, impacto ambiental, eficiência de remoção e impacto ambiental do lançamento do esgoto no corpo receptor.

O tratamento dos Esgotos é classificado por meio dos seguintes níveis:

- Preliminar: remove apenas os sólidos grosseiros e areia;

- Primário: removem apenas sólidos sedimentáveis e demanda biológica de oxigênio (DBO) particulada (associada à matéria orgânica que pode ser proveniente dos sólidos sedimentáveis) que estão em suspensão;
- Secundário: remove DBO solúvel, DBO particulada (caso não haja tratamento primário) e eventualmente nutrientes como o nitrogênio e o fósforo, por meio de mecanismos biológicos;
- Terciário: remove poluentes específicos ou o que ainda não foram removidos no tratamento secundário, como outros nutrientes, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, sólidos inorgânicos dissolvidos e em suspensão remanescentes, e metais pesados.

3.3.2 Tecnologias de Tratamento de Esgoto

Os principais sistemas de tratamento consistem em lagoas de estabilização, disposição no solo, sistemas alagados construídos (Wetlands), sistemas anaeróbios, lodos ativados e reatores anaeróbios com biofiltros (VON SPERLING, 2014). A seguir esses sistemas serão descritos detalhadamente.

3.3.2.1 Lagoas de Estabilização

Lagoas de estabilização é a forma mais simples de tratamento de esgoto, tem o objetivo de remover matéria carbonácea e remoção de organismos patogênicos (VON SPERLING, 1986, 2014). A seguir é apresentado um breve conceito das variantes das lagoas de estabilização.

Lagoa Facultativa

Ocorre por ambos os processos biológico, aeróbio e anaeróbio, sendo que o primeiro é realizado na camada superior e o segundo na camada inferior. Os esgotos permanecem na lagoa por vários dias.

A DBO solúvel e a DBO particulada finamente se estabiliza aerobiamente por meio de bactérias facultativas dispersas no meio líquido, já a DBO suspensa sedimenta no fundo da lagoa, sendo decomposta por microrganismos anaeróbios. O oxigênio requerido pelas bactérias aeróbias é fornecido pelas algas, através da fotossíntese. É um processo natural que não necessita de equipamentos, sendo assim, a matéria orgânica é estabilizada em taxas mais lentas, implicando em um tempo de detenção mais elevado usualmente superior a 20 dias (VON SPERLING, 1986, 2014).

Lagoa Anaeróbia – Lagoa Facultativa

Sistema composto por uma lagoa anaeróbia seguido de uma lagoa facultativa (denominada lagoa secundária).

A primeira lagoa (anaeróbia) que recebe o esgoto bruto possui menores dimensões e maior profundidade em torno de 4 a 5 m. Nessa lagoa predominam condições anaeróbias, em função do consumo de oxigênio ser bem superior à produção. A remoção de DBO é da ordem de 50 a 70%. A lagoa facultativa recebe a DBO remanescente da lagoa anaeróbia, portanto, pode ter dimensões bem menores se comparada a uma lagoa facultativa única (VON SPERLING, 2014).

Lagoa Aerada Facultativa

Para remover a DBO, os mecanismos são semelhantes aos de uma lagoa facultativa convencional, porém o oxigênio é fornecido por aerador de forma mecânica, ao invés de fotossíntese. O tempo de detenção é menor da ordem de 5 a 10 dias e requer menor área para instalação se comparada a uma lagoa facultativa convencional. No entanto devido à introdução da mecanização, a operação e manutenção são menos simples (VON SPERLING, 1986, 2014).

Lagoa Aerada de Mistura Completa – Lagoa de Decantação

A primeira lagoa (aerada mistura completa) possui menor volume se comparado a uma lagoa aerada facultativa, em função do aumento do nível de aeração, onde é mantida uma turbulência de tal forma que além de garantir a oxigenação permite que todos os sólidos sejam mantidos em suspensão no meio líquido. Possui tempo de detenção da ordem de 2 a 4 dias. Já a lagoa de decantação, que recebe os sólidos em suspensão, possui tempo de detenção em torno de 2 dias. Esse sistema de lagoas possui elevada eficiência na remoção de matéria orgânica, menor área requerida dentre os sistemas de lagoas e requisitos de energia similares aos demais sistemas de lagoas aeradas (VON SPERLING, 1986, 2014).

Lagoas de Alta Taxa

O objetivo desse tipo de lagoa é maximizar a produção de algas, em um ambiente totalmente aeróbio. Para tanto, as lagoas possuem reduzidas profundidades, garantindo a penetração da energia luminosa em toda a massa líquida. Em função disso, a atividade fotossintética é elevada, proporcionando altas concentrações de oxigênio dissolvido e a elevação de potencial hidrogeniônico (pH). Estes fatores contribuem para o aumento na taxa de mortalidade de

microrganismos patogênicos e para a remoção de nutrientes. Nesse tipo de lagoa, há a introdução de agitação por meio de rotores de eixo horizontal que tem a função de movimentar suavemente a massa líquida, reduzindo as zonas mortas e permitindo maior contato entre as algas com a luz solar (VON SPERLING, 2014).

Lagoas de Maturação

Processo de tratamento biológico usado como polimento do tratamento prévio por lagoas, ou qualquer sistema de tratamento de esgoto. O principal objetivo é a remoção de organismos patogênicos, podendo alcançar a remoção de amônia. Possuem profundidades menores se comparadas aos demais tipos de lagoas (menores de 1 m). As lagoas de maturação devem atingir eficiências de remoção de coliformes na ordem de 99,999%. São projetadas com três ou quatro lagoas em série ou única com chicanas (VON SPERLING, 1986, 2014).

Lagoas de Polimento

São conceitualmente similares às lagoas de maturação, mas recebem essa nomenclatura por realizarem o polimento de esgoto de outros processos de tratamento, principalmente Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) e reatores anaeróbios. Removem além de organismos patogênicos, parte da matéria orgânica e amônia (VON SPERLING, 2014).

3.3.2.2 Disposição no Solo

A disposição em solos é considerada uma forma de disposição final de tratamento. O esgoto aplicado no solo, além de suprir a necessidade das plantas (água e nutrientes), conduz a recarga do lençol subterrâneo e/ou evapotranspiração (VON SPERLING, 2014). A aplicação de esgoto no solo pode ser realizada por inundação periódica, aspersão, aplicação em faixas ou sulcos, gotejamento ou outros. Os tipos de disposição no solo podem ser: infiltração lenta, rápida, subsuperficial e superficial.

Infiltração Lenta

É um processo de fertirrigação, onde parte do esgoto aplicado ao solo é absorvida pelas plantas (água e nutrientes), a outra parte do líquido é evaporada. Dependendo do objetivo do tratamento esse tipo de disposição em solo pode ser classificado em sistemas de infiltração lenta, projetados para maximizar a quantidade de esgotos aplicados por quantidade de área e sistemas de irrigação de culturas, aplicados quando o objetivo é o reuso da água para produção agrícola (VON SPERLING, 2014).

Infiltração Rápida

Os esgotos são dispostos em bacias rasas sem revestimento. O líquido passa pelo fundo poroso e percola pelo solo. A redução por evaporação é menor se comparado às taxas de aplicação. A aplicação é intermitente, proporcionando um período de descanso para o solo. Os tipos mais comuns são: percolação para a água subterrânea, recuperação por drenagem subsuperficial e recuperação por poços freáticos (VON SPERLING, 2014).

Infiltração Subsuperficial

O esgoto pré-tratado é aplicado abaixo do nível do solo. Os locais de infiltração são preenchidos com um meio poroso, no qual ocorre o tratamento. Os sistemas de infiltração subsuperficial são normalmente conjugados a tratamento primário por fossas sépticas (VON SPERLING, 2014).

Infiltração Superficial

Os esgotos são distribuídos na parte superior de terrenos com certa declividade, através do qual escoam, até serem coletados por valas na parte inferior, a aplicação é intermitente. Os tipos de aplicação são: aspersores de alta pressão, aspersores de baixa pressão e tubulação ou canais de distribuição com aberturas intervaladas (VON SPERLING, 2014).

3.3.2.3 Sistemas Alagados Construídos

Para Von Sperling (2014), terras úmidas construídas, banhados artificiais, wetlands são denominações equivalentes. Os sistemas consistem em lagoas ou canais rasos, que abrigam plantas aquáticas e que se baseiam em mecanismos biológicos, químicos e físicos para tratar o esgoto. Normalmente esses sistemas possuem camadas impermeáveis de argila ou membrana sintética. Existem basicamente dois tipos de sistemas alagados construídos:

Sistemas Alagados Construídos de Escoamento Subsuperficial

Nesse tipo de sistema o suporte ao crescimento das plantas é composto por um leito (0,4 e 0,6 m) de pequenas pedras, cascalho ou areia. O nível d'água fica abaixo da superfície do leito, e os esgotos fluem em contato com as raízes e os rizomas das plantas (VON SPERLING, 2014).

Sistemas Alagados Construídos de Escoamento Superficial

Processo apropriado para receberem esgotos de lagoas de estabilização e de outros processos de tratamento de esgoto. Formado por plantas aquáticas flutuantes e/ou enraizadas em uma

camada de solo no fundo, a água flui livremente entre as folhas e caules das plantas. Para as zonas vegetadas a lâmina d'água fica em torno de 0,6 a 0,9 m já para as zonas de água livre varia de 1,2 a 1,5 m (VON SPERLING, 2014).

3.3.2.4 Sistemas Anaeróbios

Sistemas que empregam microrganismos anaeróbios presentes nos despejos líquidos para remoção de componentes poluentes do esgoto. A seguir são descritos os dois sistemas mais utilizados para tratamento de esgotos domésticos (VON SPERLING, 2014).

Reator Anaeróbio de Manta de Lodo e Fluxo Ascendente (UASB)

A sigla UASB advém de Upflow Anaerobic Sludge Blanket. Nesse Sistema de tratamento de esgoto a biomassa cresce dispersa no meio líquido, que ao crescer podem formar grânulos de diversas espécies microbianas, servindo também de suporte para outras bactérias. A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, em função disso, o volume requerido é bastante reduzido em comparação a outros sistemas de tratamento. Uma característica do processo é a limitação na remoção de DBO, em torno de 70% a eficiência de remoção (VON SPERLING, 2014).

“Os reatores UASB constituem-se na principal tendência atual de tratamento de esgotos no Brasil, como unidades únicas, ou seguidas de alguma forma de pós-tratamento” (VON SPERLING, 2014).

Tanques Sépticos + Filtro Anaeróbio

O tratamento primário (tanques sépticos) é usualmente utilizado no meio rural, áreas de baixa densidade populacional ou locais onde a topografia não permite o atendimento com rede de esgoto. Esse tipo de tratamento necessita de etapas adicionais de tratamento como filtro anaeróbio, filtro aerado submerso, lodo ativado por batelada etc. (BRASIL, 2015; VON SPERLING 2014).

A combinação de tanques sépticos com filtro anaeróbio é utilizada principalmente em pequenas comunidades e no meio rural. No tanque séptico, os sólidos em suspensão sedimentam no fundo do tanque sofrendo digestão anaeróbia, em seguida, o filtro anaeróbio realiza a remoção complementar de DBO. O lodo produzido já sai digerido, podendo ser levado direto para o leito de secagem (VON SPERLING, 2014).

3.3.2.5 Lodos Ativados

É um sistema que exige elevado grau de mecanização, maior consumo de energia elétrica quando comparado a outros sistemas de tratamento. Sistema muito utilizado em nível mundial, em função de elevada qualidade do esgoto com baixos requisitos de área (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados Convencional

O sistema de lodo ativado convencional possui fluxo contínuo com relação ao esgoto, tem como princípio básico a recirculação dos sólidos que estão no fundo da unidade de decantação (decantador secundário), através de bombeamento para a unidade de aeração (reator aerado). A concentração de sólidos em suspensão nos reatores aerados é 10 vezes superior à de lagoa aerada de mistura completa. O tempo de detenção hidráulica é baixo em torno de 6 a 8 horas, o que permite um volume reduzido do tanque de aeração. Devido a sua recirculação, o tempo de permanência dos sólidos (4 a 10 dias) no sistema é superior ao do líquido, o que garante elevada eficiência do processo, em função de se ter tempo suficiente para a biomassa metabolizar praticamente toda matéria orgânica do esgoto. Visando o equilíbrio do sistema é essencial que seja retirado do sistema aproximadamente a mesma quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução, etapa essa, que pode ser realizada tanto no reator quanto na linha de recirculação. O lodo excedente retirado do sistema deve ser tratado (adensamento, digestão e desidratação) antes da disposição final. A fase de tratamento do lodo é composta por: adensador, digestor anaeróbio primário, digestor aeróbio secundário e desidratação (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados por Aeração Prolongada

Similar ao sistema anterior, diferindo-se em função da biomassa permanecer um período mais longo no sistema, em torno de 18 a 30 dias (reator possui maior volume). O tempo de detenção do líquido também é maior, da ordem de 16 a 24 horas. Com isto, há menos substrato (DBO) disponível para as bactérias, o que faz com que elas se utilizem da matéria orgânica do próprio material celular para a sua manutenção, ocorrendo à estabilização da biomassa no próprio tanque de aeração. O tratamento do lodo é composto pelas unidades: adensador mecanizado e desidratação (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados de Fluxo Intermitente (Bateladas)

Diferentemente dos outros dois sistemas de lodos ativados descritos acima, este sistema possui fluxo intermitente com relação ao esgoto. Esse sistema incorpora em um tanque único, todas as unidades do tratamento de lodo ativado convencional, o que permite que os processos de operação sejam realizados sequencialmente em um mesmo tanque, e não em unidades separadas. O sistema também pode ser operado na modalidade de aeração prolongada. A massa biológica permanece no reator durante todo o ciclo operacional, já que após a sedimentação é retirado do tanque apenas o sobrenadante. A quantidade e frequência de descarte do lodo são determinadas em função dos requisitos de desempenho, geralmente ocorre durante o último ciclo, mas podendo ocorrer em outras fases do processo. O processo de tratamento do lodo é composto pelas seguintes unidades: adensador mecanizado e desidratação (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados como Pós-Tratamento de Esgotos de reatores Anaeróbios

O volume total requerido é similar ou inferior ao sistema de lodos ativados convencionais. A eficiência de remoção de DBO é similar ao sistema de lodos ativados convencionais. Em relação à concepção tradicional de lodos ativados esse tipo de tratamento possui as seguintes vantagens: redução na produção de lodo, maior simplicidade operacional, redução do consumo de energia elétrica, redução no consumo de produtos químicos para desidratação do lodo, menor quantidade de equipamentos e menor número de unidades. Para tratamento do lodo, é utilizada apenas a unidade de desidratação (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados - Reator de Leito Móvel

Esse sistema também conhecido como reator de leito móvel ou ainda, a expressão em inglês MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor), trata-se de uma linha de crescimento do sistema de lodos ativados, que compreende a incorporação dentro do reator biológico de meio suporte para crescimento aderido da biomassa, na forma de biofilme. O material suporte utilizado pode ser de vários materiais e possuir as mais variadas formas (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados – Biorreator de Membranas

Esse sistema trata-se de outra variante de lodos ativados Biorreator de Membranas (BRM) ou expressão em inglês MBR (Membrane Bio-Reactor). Possui operação complexa, mas trata-se de um processo compacto, por não utilizar de decantadores secundários e por possuir elevadas concentrações de biomassa no reator. O líquido do reator biológico passa por membranas com

aberturas muito reduzidas, da ordem de 10^{-1} μm , atingindo um esgoto de excelente qualidade, até mesmo desprovidos de organismos patogênicos (VON SPERLING, 2014).

Lodos Ativados com Remoção de Nitrogênio e Fósforo

Os principais processos mais utilizados para remoção conjunta de nitrogênio e fósforo são: processo 1 - Phoredox de 3 estágios: processo constituído por três zonas (anaeróbio, anóxico e aeróbio), com recirculação interna da zona aeróbia para zona anóxica e retorno do lodo para zona aeróbia. 2 - Processo Bardenpho de 5 estágios: constituído por zona anaeróbio, anóxica, aeróbio, anóxica e aeróbia, com recirculação interna da primeira zona aeróbia para primeira zona anóxica e retorno do lodo para zona anaeróbia. 3 - Processo UCT: processo constituído de zona anaeróbia anóxica e aeróbia, com recirculação interna da zona aeróbia para zona anóxica, recirculação interna da zona anóxica para zona anaeróbia e retorno do lodo a zona anóxica. 4 - Processo UCT modificado: processo constituído de zona anaeróbia, duas zonas anóxicas e zona aeróbia, com recirculação interna da zona aeróbia para segunda zona anóxica e recirculação interna da primeira zona anóxica para zona anaeróbia e retorno do lodo para primeira zona anóxica. 5 - Reatores de operação intermitente (bateladas): esse processo assemelha-se ao processo de bateladas convencional, porém inclui-se no início do ciclo operacional uma etapa anaeróbia. O reator segue, posteriormente, as fases de reação aeróbia, reação anóxica, sedimentação e remoção de sobrenadante (VON SPERLING, 1986).

3.3.2.6 Reatores Aeróbios com Biofilmes

O processo biológico pode ser utilizado em diversas configurações de sistemas de tratamento, sendo estas operadas com biomassa em suspensão ou aderida, denominada biofilme. (MELO, 2003).

Filtro Biológico Percolador de Baixa Carga

São sistemas aeróbios, normalmente circulares, com ventilação usualmente natural, formado por filtro biológico com leito de material grosseiro (pedras, brita, escória de alto-forno, ripas ou material plástico). Os esgotos são aplicados sob forma de gotas ou jatos, que depois de aplicados, percolam em direção aos drenos de fundo, permitindo o crescimento bacteriano, que se adere ao meio suporte. A quantidade de DBO aplicada por unidade de volume do filtro é menor, implicando em menor disponibilidade de alimento, induzindo assim o autoconsumo da matéria orgânica celular, o que resulta em uma maior eficiência de remoção de DBO. Nesse processo, o lodo gerado precisa apenas ser desidratado (VON SPERLING, 2014).

Filtro Biológico Percolador de Alta Carga

Similar ao sistema anterior, porém com uma maior carga de DBO aplicada, que implica em menor requisito de área, redução na remoção de matéria orgânica, recirculação do esgoto e lodo não digerido no filtro. Para tratamento do lodo são necessárias as seguintes unidades: adensador, digestor anaeróbio primário, digestor secundário, e desidratação (VON SPERLING, 2014).

Biofiltro Aerado Submerso

O biofiltro aerado submerso é constituído por um tanque preenchido com um material poroso (usualmente submerso), através do qual esgoto e ar fluem permanentemente. O fluxo de ar no biofiltro é sempre ascendente, ao passo que o fluxo do líquido pode ser ascendente ou descendente. Esse sistema possui duas variantes, Biofiltros com Meio Granular e Filtros Biológicos Aerados Submersos com Leito Estruturado. O sistema possui boa eficiência de nitrificação e com a incorporação de uma zona anóxica no reator podem realizar remoção de nitrogênio (VON SPERLING, 2014).

Biodisco

A biomassa cresce aderida a um meio suporte, o qual é constituído por discos, formando um biofilme. Os discos, parcialmente imersos no líquido, giram, ora expondo a superfície ao líquido, ora ao ar (VON SPERLING, 2014).

3.3.3 Análise e Seleção do Processo de Tratamento de Esgoto

Decidir qual processo de tratamento de esgoto adotar pode ser tarefa complexa e com diversos critérios. A seleção de uma alternativa costuma ser baseada em uma análise técnica e econômica, entretanto esse tipo de análise possui a desvantagem de não considerar fatores que não sejam mensuráveis em termos monetários.

Para Castro (2007), uma análise e avaliação de alternativas não deve ser realizada a partir de um critério, como o econômico, por exemplo. Nem sempre a melhor alternativa é simplesmente a que apresenta o menor custo em estudos econômico-financeiros. O autor ressalta que sejam considerados, também, aspectos sociais, ambientais, políticos, técnicos, entre outros aspectos que se mostrarem relevantes à comparação de um determinado conjunto de alternativas. Considerando também os conflitos de interesses e diferentes pontos de vista. Para a realização de uma análise global, portanto, são necessários métodos baseados na

otimização do resultado de um grupo de funções, ou seja, um conjunto de ótimas soluções para a tomada de decisão.

Da mesma forma, Von Sperling (2014) afirma que a decisão do processo de tratamento a ser adotado deve partir de um balanceamento de critérios técnicos, econômicos e financeiros. Os pontos técnicos são em grande parte das vezes intangíveis e, num grande número de situações, a decisão final pode assumir um caráter de subjetividade. Para que a eleição conduza realmente à alternativa mais adequada para a configuração em análise, critérios ou pesos devem ser atribuídos a diversos aspectos, vinculados essencialmente à realidade em foco.

Segundo Von Sperling (2014), a comparação entre os aspectos é geral, devido à especificidade de cada região ou país e aos altos contrastes usualmente observáveis nos países em desenvolvimento, além da grande variação entre zona urbana e rural. Sendo os aspectos importantes na seleção de sistema de tratamento de esgotos: eficiência, confiabilidade, requisitos de área, sustentabilidade ambiental, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade da estação e simplicidade.

Para Metcalf e Eddy (2016), alguns fatores importantes devem ser considerados na avaliação e seleção dos processos de tratamento de esgoto: aplicabilidade do processo, faixa de vazões e variação aplicáveis, características do esgoto afluente, constituintes inibitórios ao processo de tratamento e constituintes que não são afetadas durante o tratamento, restrições climáticas, critérios de cinética de reação e de carga de massa, taxas de transferência de massa ou de carga de massa, desempenho, tratamento de residuais, processamento de lodo, restrições ambientais, requerimentos químicos, requerimentos de energia, requerimento de outros recursos, requerimento de pessoal, operação e manutenção, processos complementares, confiabilidade, complexidade, compatibilidade, adaptabilidade, análise de ciclo de vida e disponibilidade de área.

Para auxiliar no processo de escolha do sistema de tratamento, Von Sperling (2014), apresentou de forma resumida as concentrações médias de esgotos e eficiências de remoção de poluentes (Quadro 2).

Quadro 2 - Concentrações médias de esgotos e eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse no esgoto sanitário.

Sistema	Quantidade média do Esgoto								Eficiência média de remoção						
	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	Amôni a-N (mg/L)	N total (mg/L)	P total (mg/L)	Colif. (NMP/100mL)	Ovos helm (ovo/L)	DBO5 (%)	DQO (%)	SS (%)	Amôni a-N (%)	N total (%)	P total (%)	Colif (unid . log)
Tratamento primário (tanques sépticos)	200-250	400-450	100-150	> 20	> 30	> 4	10 ⁷ -10 ⁸	> 1	30-35	25-35	55-65	< 30	< 30	< 35	< 1
Tratamento primário convencional	200-250	400-450	100-150	> 20	> 30	> 4	10 ⁷ -10 ⁸	> 1	30-35	25-35	55-65	< 30	< 30	< 35	< 1
Tratamento primário avançado (a)	60-150	150-250	30-90	> 20	> 30	< 2	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	45-80	55-75	60-90	< 30	< 30	75-90	~ 1
Lagoa facultativa	50-80	120-200	60-90	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	< 1	75-85	65-80	70-80	< 50	< 60	< 35	1-2
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	50-80	120-200	60-90	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	< 1	75-85	65-80	70-80	< 50	< 60	< 35	1-2
Lagoa aerada facultativa	50-80	120-200	60-90	> 20	> 30	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-85	65-80	70-80	< 30	< 30	< 35	1-2
Lagoa aerada mistura completa – lagoa sedimentação	50-80	120-200	40-60	> 20	> 30	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-85	65-80	80-87	< 30	< 30	< 35	1-2
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa maturação	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	< 4	10 ² -10 ⁴	< 1	80-85	70-83	73-83	50-65	50-65	> 50	3-5
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa alta taxa	40-70	100-180	50-80	5-10	10-15	3-4	10 ⁴ -10 ⁵	> 1	80-85	70-83	73-83	65-85	75-90	50-60	3-4
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas	30-50	100-150	< 30	> 15	> 20	> 4	10 ⁴ -10 ⁵	> 1	85-90	75-83	> 90	< 50	< 60	< 35	3-4
Infiltração lenta	< 20	< 80	< 20	< 5	< 10	< 1	10 ² -10 ⁴	< 1	90-99	85-95	> 93	> 80	> 75	> 85	3-5
Infiltração rápida	< 20	< 80	< 20	< 10	< 15	< 4	10 ³ -10 ⁴	< 1	85-98	80-93	> 93	> 65	> 65	> 50	4-5
Escoamento superficial	30-70	100-150	20-60	10-20	> 15	> 4	10 ⁴ -10 ⁶	< 1	80-90	75-85	80-93	35-65	< 65	< 35	2-3
Sistemas alagados construídas (wetlands)	30-70	100-150	20-40	> 15	> 20	> 4	10 ⁴ -10 ⁵	< 1	80-90	75-85	87-93	< 50	< 60	< 35	3-4
Tanque séptico + filtro anaeróbio	40-80	100-200	30-60	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	80-85	70-80	80-90	< 45	< 60	< 35	1-2
Tanque séptico + infiltração	< 20	< 80	< 20	< 10	< 15	> 4	10 ³ -10 ⁴	< 1	90-98	85-95	> 93	> 65	> 65	> 50	4-5
Reator UASB	70-100	180-270	60-100	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	60-75	55-70	65-80	< 50	< 60	< 35	~ 1
UASB + lodos ativados	20-50	60-150	20-40	5-15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	83-93	75-88	87-93	50-85	< 60	< 35	1-2
UASB + biofiltro aerado submerso	20-50	60-150	20-40	5-15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	83-93	75-88	87-93	50-85	< 60	< 35	1-2

Fonte: Von Sperling, 2014.

Quadro 2 - Concentrações médias de esgotos e eficiências típicas de remoção dos principais poluentes de interesse no esgoto sanitário (Continuação).

Sistema	Quantidade média do Esgoto								Eficiência média de remoção						
	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	Amôni a-N (mg/L)	N total (mg/L)	P total (mg/ L)	Colif. (NMP/10 0mL)	Ovos helm (ovo L)	DBO5 (%)	DQO (%)	SS (%)	Amôni a-N (%)	N total (%)	P total (%)	Colif (unid . log)
UASB + filtro anaeróbio	40-80	100-200	30-60	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-87	70-80	80-90	< 50	< 60	< 35	1-2
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	20-60	70-180	20-40	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	80-93	73-88	87-93	< 50	< 60	< 35	1-2
UASB + flotação por ar dissolvido	20-50	60-100	10-30	> 20	> 30	1-2	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	83-93	83-90	90-97	< 30	< 30	75-88	1-2
UASB + lagoas de polimento	40-70	100-180	50-80	10-15	15-20	< 4	10 ² -10 ⁴	< 1	77-87	70-83	73-83	50-65	50-65	> 50	3-5
UASB + lagoa aerada facultativa	50-80	120-200	60-90	> 20	> 30	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-85	65-80	70-80	< 30	< 30	< 35	1-2
UASB + lagoa aerada mist. Compl. + lagoa decantação	50-80	120-200	40-60	> 20	> 30	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	75-85	65-80	80-87	< 30	< 30	< 35	1-2
UASB + escoamento superficial	30-70	90-180	20-60	10-20	> 15	> 4	10 ⁴ -10 ⁶	< 1	77-90	70-85	80-93	35-65	< 65	< 35	2-3
Lodos ativados convencional	15-40	45-120	20-40	< 5	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	85-93	80-90	87-93	> 80	< 60	< 35	1-2
Lodos ativados – aeração prolongada	10-35	30-100	20-40	< 5	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	90-97	83-93	87-93	> 80	< 60	< 35	1-2
Lodos ativados – batelada (aeração prolongada)	10-35	30-100	20-40	< 5	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	90-97	83-93	87-93	> 80	< 60	< 35	1-2
Lodos ativados convenc. Com remoção biológica de N	15-40	45-120	20-40	< 5	< 10	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	85-93	80-90	87-93	> 80	> 75	< 35	1-2
Lodos ativados convenc. Com remoção biológica de N e P	15-40	45-120	20-40	< 5	< 10	1-2	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	85-93	80-90	87-93	> 80	> 75	75-88	1-2
Lodos ativados convencional + filtração terciária	10-20	30-60	10-20	< 5	< 20	3-4	10 ² -10 ⁴	< 1	93-98	90-95	93-97	> 80	< 60	50-60	3-5
Filtro biológico percolador de baixa carga	15-40	30-120	20-40	5-10	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	85-93	80-90	87-93	65-85	< 60	< 35	1-2
Filtro biológico percolador de alta carga	30-60	80-180	20-40	> 15	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	80-90	70-87	87-93	< 50	< 60	< 35	1-2
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	15-35	30-100	20-40	< 5	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	88-95	83-90	87-93	> 80	< 60	< 35	1-2
Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de N	15-35	30-100	20-40	< 5	< 10	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	88-95	83-90	87-93	> 80	> 75	< 35	1-2
Biodisco	15-35	30-100	20-40	5-10	> 20	> 4	10 ⁶ -10 ⁷	> 1	88-95	83-90	87-93	65-85	< 60	< 35	1-2

Fonte: Von Sperling, 2014

Conforme pode ser observado no Quadro 2, são apresentadas as concentrações e as eficiências típicas de remoção dos principais poluentes dos esgotos domésticos, parâmetros esses que podem ser utilizados nos processos de escolha de sistemas de tratamento de esgoto.

O Quadro 3 apresenta uma análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgoto.

Quadro 3 - Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos: balanço de vantagens e desvantagens.

SISTEMAS DE TRATAMENTO – VANTAGENS E DESVANTAGENS		
SISTEMAS DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Satisfatória eficiência na remoção de DBO - Razoável eficiência na remoção de patógenos - Construção, operação e manutenção simples - Reduzidos custos de implantação e operação - Ausência de equipamentos mecânicos - Requisitos energéticos praticamente nulos - Satisfatória resistência a variações da carga - Remoção de lodo necessária apenas após períodos superiores a 20 anos 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados requisitos de área - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamentos restritivos - Simplicidade operacional pode trazer o descaso na manutenção (crescimento de vegetação) - Possível necessidade de remoção de algas do esgoto para o cumprimento de padrões rigorosos - Performance variável com as condições climáticas (temperatura e insolação) - Possibilidade de crescimento de insetos
Sistema de lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Requisitos de área inferiores aos das lagoas facultativas únicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas facultativas - Possibilidade de maus odores na lagoa anaeróbia - Eventual necessidade de elevatórias de recirculação do esgoto, para controle de maus odores - Necessidade de um afastamento razoável às residências circunvizinhas - Necessidade de remoção periódica (intervalo de alguns anos) do lodo da lagoa anaeróbia
Lagoa aerada facultativa	<ul style="list-style-type: none"> - Construção, operação e manutenção relativamente simples - Requisitos de área inferiores aos sistemas de lagoas facultativas - Maior independência das condições climáticas que os sistemas de lagoas facultativas e anaeróbio-facultativas - Eficiência na remoção da DBO ligeiramente superior à das lagoas facultativas - Satisfatória resistência a variações de carga - Reduzidas possibilidades de maus odores 	<ul style="list-style-type: none"> - Introdução de equipamentos - Ligeiro aumento no nível de sofisticação - Requisitos de área ainda elevados - Requisitos de energia relativamente elevados - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Necessidade de remoção periódica (intervalo de alguns anos) do lodo da lagoa aerada
Sistema de lagoa aerada de mistura completa – lagoa de decantação	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas - Menores requisitos de área de todos os sistemas de lagoas 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lagoas aeradas facultativas (exceção: requisitos de área) - Preenchimento rápido de lagoa de decantação com lodo (2 a 5 anos) - Necessidade de remoção contínua ou periódica (intervalo de poucos anos) do lodo da lagoa de sedimentação
Lagoa – lagoa de maturação	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoa precedente - Elevada eficiência na remoção de patógenos - Razoável eficiência na remoção de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente - Requisitos de área bastante elevados

Fonte: Von Sperling, 2014.

Quadro 3 - Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos: balanço de vantagens e desvantagens (Continuação)

SISTEMAS DE TRATAMENTO – VANTAGENS E DESVANTAGENS		
SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO NO SOLO		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Lagoa – lagoa de alta taxa	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente - Boa eficiência na remoção de patógenos - Elevada eficiência na remoção de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem sistema de lagoas precedente
Infiltração subsuperficial	<ul style="list-style-type: none"> - Idem infiltração rápida - Possível economia na implantação de interceptores - Ausência de maus odores - O terreno superior pode ser utilizado como área verde ou parques - Independência das condições climáticas - Ausência de problemas relacionados à contaminação de vegetais e trabalhadores 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem infiltração rápida - Necessidade de unidades reserva para permitir a alternância entre as mesmas (operação e descanso) - Os sistemas maiores necessitam de terrenos bem permeáveis para reduzir os requisitos de área
Infiltração rápida	<ul style="list-style-type: none"> - Idem infiltração lenta (embora eficiência na remoção de poluentes seja menor) - Requisitos de área bem inferiores aos da infiltração lenta - Reduzida dependência da declividade do solo - Aplicação durante todo o ano 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem infiltração lenta (mas com menores requisitos de área e possibilidade de aplicação durante todo o ano) - Potencial de contaminação do lençol subterrâneo com nitratos
Infiltração lenta	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção de DBO e de coliformes - Satisfatória eficiência na remoção de N e P - Método de tratamento e disposição final combinado - Requisitos energéticos praticamente nulos - Construção, operação e manutenção simples - Reduzidos custos de implantação e operação - Boa resistência a variações de carga - Não há lodo a ser tratado - Proporciona fertilização e condicionamento do solo - Retorno financeiro na irrigação de áreas agricultáveis - Recarga de lençol subterrâneo 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadíssimos requisitos de área - Possibilidade de maus odores - Possibilidade de insetos e vermes - Relativamente dependente do clima e dos requisitos de nutrientes dos vegetais - Dependente das características do solo - Risco de contaminação de vegetais a serem consumidos, caso seja aplicado indiscriminadamente - Possibilidade de contaminação dos trabalhadores na agricultura (na aplicação por aspersão) - Possibilidade de efeitos químicos no solo, vegetais e água subterrânea (no caso de haver despejos industriais) - Difícil fiscalização e controle com relação aos vegetais irrigados - A aplicação deve ser suspensa ou reduzida nos períodos chuvosos
Escoamento superficial	<ul style="list-style-type: none"> - Idem infiltração rápida (mas com geração de esgoto final e com maior dependência da declividade do terreno) - Entre os métodos de disposição no solo, é o com menor dependência das características do solo 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem infiltração rápida - Maior dependência da declividade do solo - Geração de esgoto final
SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS (WETLANDS)		
Sistemas alagados construídos (Wetland)	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção de DBO e de sólidos em suspensão - Requisitos energéticos praticamente nulos - Construção, operação e manutenção simples - Reduzidos custos de implantação e operação - Boa resistência a variações de cargas - Não há lodo a ser tratado - Possibilidade da utilização da biomassa vegetal produzida 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevados requisitos de área - Necessidade de substrato, como brita, cascalho ou areia - Susceptível a entupimentos - Necessidade de manejo de macrófitas - Possibilidade de mosquitos, nos sistemas de escoamento superficial

Fonte: Von Sperling, 2014.

Quadro 3 - Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos: balanço de vantagens e desvantagens (Continuação)

SISTEMAS DE TRATAMENTO – VANTAGENS E DESVANTAGENS		
REATORES ANAERÓBIOS		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Tanque Séptico Anaeróbio	<ul style="list-style-type: none"> -Boa adaptação a diferentes tipos e concentrações de esgotos - Boa resistência a variações de carga 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Remoção de N e P praticamente nula - Possibilidade de geração de esgoto com aspecto desagradável - Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis - Riscos de entupimento - Restrito ao tratamento de afluentes com concentrações de sólidos não elevados
Reator UASB	<ul style="list-style-type: none"> - Razoável eficiência na remoção de DBO - Baixos requisitos de área - Baixos custos de implantação e operação - Tolerância a afluentes bem concentrados em matéria orgânica - Reduzido consumo de energia - Possibilidade do uso energético do biogás - Não necessita de meio suporte - Construção, operação e manutenção simples - Baixíssima produção de lodo - Estabilização do lodo no próprio reator - Lodo com ótima desidratabilidade - Necessidade apenas da disposição final do lodo - Rápido reinício após períodos de paralisação (preservação da biomassa por vários meses) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em satisfazer padrões de lançamento restritivos (contornável com a inclusão de pós-tratamento) - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Remoção de N e P praticamente nula - Possibilidade de geração de esgoto com aspecto desagradável - Possibilidade de geração de maus odores, porém controláveis - A partida do processo é geralmente lenta (mas pode ser acelerada com a utilização da semente) - Relativamente sensível a variações de carga e compostos tóxicos - Usualmente necessita pós-tratamento
Reator UASB – pós-tratamento	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção das vantagens inerentes ao reator UASB - Manutenção das vantagens inerentes ao sistema de pós-tratamento - Redução nos volumes dos reatores biológicos do sistema de pós-tratamento (e frequentemente no volume total das unidades do sistema) - Redução no consumo de energia de sistemas de pós-tratamentos aerados - Redução na quantidade de lodo a ser tratado - Tratamento de lodo mais simplificado (apenas desidratação para o lodo misto) - Redução na quantidade de lodo a ser disposto 	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção das desvantagens inerentes ao reator UASB (com exceção da qualidade o Esgoto, que assume as características do pós-tratamento) - Manutenção das desvantagens inerentes ao sistema de pós-tratamento - Maior dificuldade na remoção biológica de nutrientes no sistema de pós-tratamento

Fonte: Von Sperling, 2014.

Quadro 3 - Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos: balanço de vantagens e desvantagens (Continuação)

SISTEMAS DE TRATAMENTO – VANTAGENS E DESVANTAGENS		
SISTEMAS DE LODOS ATIVADOS		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Lodos ativados convencional	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção de DBO - Nitrificação usualmente obtida - Possibilidade de remoção biológica de N e P - Baixos requisitos de área - Processo confiável, desde que supervisionado - Reduzidas possibilidades de maus odores, insetos e vermes - Flexibilidade operacional 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Elevados custos de implantação e operação - Elevado consumo de energia - Necessidade de operação sofisticada - Elevado índice de mecanização - Relativamente sensível a descargas tóxicas - Necessidade do tratamento completo do lodo (quando não há retorno para reator UASB) e da sua disposição final - Possíveis problemas ambientais com ruídos e aerossóis
Lodos ativados com remoção biológica de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lodos ativados convencional - Elevada eficiência na remoção de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lodos ativados convencional - Necessidades de recirculações internas - Aumento da complexidade operacional
Aeração prolongada	<ul style="list-style-type: none"> - Idem lodos ativados convencional - Sistema com maior eficiência na remoção da DBO - Nitrificação consistente - Mais simples conceitualmente que lodos ativados convencional (operação mais simples) - Menor geração de lodo que lodos ativados convencional - Estabilização do lodo no próprio reator - Elevada resistência a variações de carga e a cargas tóxicas - Satisfatória independência das condições climáticas 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Elevados custos de implantação e operação - Sistema com maior consumo de energia - Elevado índice de mecanização (embora inferior a lodos ativados convencional) - Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que lodos ativados convencional)
Sistema de fluxo intermitente	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção de DBO - Satisfatória remoção de N e possivelmente P - Baixos requisitos de área - Mais simples conceitualmente que os demais sistemas de lodos ativados - Menos equipamentos que os demais sistemas de lodos ativados - Flexibilidade operacional (através da variação dos ciclos) - Decantador secundário e elevatória de recirculação não são necessários 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Elevados custos de implantação e operação - Maior potência instalada que os demais sistemas de lodo ativados - Necessidade do tratamento e da disposição do lodo (variável com a modalidade convencional ou prolongada, embora a última seja mais frequente) - Usualmente mais competitivo economicamente para populações pequenas a médias
REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Filtro biológico percolador de baixa carga	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção de DBO - Nitrificação frequente - Requisitos de área relativamente baixos - Mais simples conceitualmente do que lodos ativados - Índice de mecanização relativamente baixo - Equipamentos mecânicos simples - Estabilização do lodo no próprio filtro 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Menor flexibilidade operacional que lodos ativados - Elevados custos de implantação - Requisitos de área mais elevados do que os filtros biológicos de alta carga - Relativa dependência da temperatura do ar - Relativamente sensível a descargas tóxicas - Necessidade de remoção da umidade do lodo e da sua disposição final (embora mais simples que filtros biológicos de alta carga) - Possíveis problemas com moscas - Elevada perda de carga

Fonte: Von Sperling, 2014.

Quadro 3 - Análise comparativa dos principais sistemas de tratamento de esgotos: balanço de vantagens e desvantagens (Continuação)

SISTEMAS DE TRATAMENTO – VANTAGENS E DESVANTAGENS		
REATORES AERÓBIOS COM BIOFILMES		
Sistema	Vantagens	Desvantagens
Biofiltros aerados submersos	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção da DBO - Nitrificação opcional (frequente, quando desejado) - Requisitos de área bastantes baixos - Reduzidas possibilidades de maus odores - Reduzida perda de carga 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Custos de implantação e operação relativamente elevados - Elevado consumo de energia - Necessidade de operação um pouco mais cuidadosa que os filtros percoladores, em virtude da aeração e da lavagem dos filtros - Necessidade do tratamento completo do lodo (quando não há retorno para reator UASB) e da sua disposição final
Filtro biológico percolador de alta carga	<ul style="list-style-type: none"> - Boa eficiência na remoção de DBO (embora ligeiramente inferior aos filtros de baixa carga) - Baixos requisitos de área - Mais simples conceitualmente do que lodos ativados - Maior flexibilidade operacional que filtros de baixa carga - Melhor resistência a variações de carga que filtros de baixa carga - Reduzidas possibilidades de maus odores 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Operação ligeiramente mais sofisticada do que os filtros de baixa carga - Elevados custos de implantação - Relativa dependência da temperatura do ar - Necessidade do tratamento completo do lodo (quando não há retorno para reator UASB) e da sua disposição final - Elevada perda de carga
Biodisco	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada eficiência na remoção da DBO - Nitrificação frequente - Requisitos de área bem baixos - Mais simples conceitualmente do que lodos ativados - Equipamento mecânico simples - Reduzidas possibilidades de maus odores - Reduzida perda de carga 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficiência na remoção de coliformes - Elevados custos de implantação e operação - Adequado principalmente para pequenas populações (para não necessitar de número excessivo de discos) - Cobertura dos discos usualmente necessária (proteção contra chuvas, ventos e vandalismo) - Relativa dependência da temperatura do ar - Necessidade do tratamento completo do lodo (eventualmente sem digestão, caso os discos sejam instalados sobre taques sépticos) e da sua disposição final.

Fonte: Von Sperling, 2014.

Como pode ser observado no Quadro 3, melhor análise pode ser realizada na comparação entre tecnologias pertencentes a um mesmo processo de um mesmo sistema, embora permita, dentro de certas limitações, comparações entre sistemas distintos (VON SPERLING, 2014). As vantagens e desvantagens apresentadas também podem servir de embasamento na escolha de critérios para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto.

3.3.4 Disposição do Esgoto e Padrões de Lançamento

Após o tratamento do esgoto, a disposição final pode ser realizada em corpos de água, no solo ou encaminhada para reuso, desde que atenda as regulamentações legais. É necessário realizar também a correta destinação do lodo gerado no processo.

A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente

(CONAMA), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de esgoto, e dá outras providências, foi alterado pela Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011, CONAMA e dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de esgotos sanitários e esgotos industriais em corpos receptores.

A Lei Estadual n° 8.544, de 17 de outubro de 1978, também dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente, estabelecendo as condições para que os esgotos possam ser lançados nas coleções de água.

O Quadro 4 apresenta os requisitos para disposição final do esgoto nos corpos receptores.

Quadro 4 – Padrões de lançamento de esgotos em corpos receptores.

Parâmetro	Condições de Lançamento	
	CONAMA 357/2005 alterada pelo CONANA 430/2011	Lei n° 8.544 de 17/10/78
pH	Entre 5,0 a 9,0	Entre 5,0 a 9,0
Temperatura	Inferior a 40°C	Inferior a 40°C
Materiais Sedimentáveis	1,0 mL/L	1,0 mL/L
DBO 5 dias	120 mg/mL	60 mg/L
Óleos e Graxas	100 mg/L	100 mg/L
Materiais Flutuantes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes

Fonte: Resolução CONAMA n° 357/2005 alterada pelo CONANA n° 430/2011; Lei Estadual n° 8.544/1978.

Conforme pode ser observado no Quadro 4, dos seis parâmetros apresentados, cinco parâmetros possuem as mesmas condições de lançamento tanto para legislação federal, quanto para legislação estadual. Para legislação estadual o parâmetro DBO 5 dias (60 mg/L), é mais restritivo que a legislação federal (120 mg/L).

3.4 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

As decisões fazem parte da vida do ser humano, sejam elas simples, complexas, específicas ou estratégicas. Uma decisão precisa ser tomada sempre que surge mais de uma alternativa para a solução. Mesmo que essa solução seja a única a ser aplicada, dispõe-se da alternativa de aplicar ou não a solução (TORRES, 2014).

Para se tomar a melhor decisão, seja ela individual ou por grupos, é preciso ter o objetivo bem definido e estruturado, considerando todas as informações existentes.

“Para situações simples, este processo acontece intuitivamente, podendo ser omitidas etapas para que uma resposta imediata seja conseguida” (SILVA 2006). Em muitas situações onde a

tomada de decisão é complexa, alguns parâmetros a serem adotados podem ser quantitativos, ou qualitativos, de difícil mensuração.

A abordagem multicritério tem como características, o envolvimento de vários atores definindo aspectos relevantes dos processos decisórios complexos, considera juízo de valor dos atores envolvidos, identifica os limites da objetividade e considera que o problema não está claramente definido nem bem estruturado.

As metodologias multicriteriais podem ser utilizadas em várias áreas de atuação como em processos onde há critérios conflitantes, qualidade dos processos, gestão tecnológica, engenharias de sistemas e de produção, ciências matemáticas, físicas e sociais (STEWART, 1992).

“Os métodos multicritérios têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas-solução, em diferentes espaços” (GOMES L., GOMES C., 2014).

3.4.1 Metodologia Multicriterial

Em função da escassez de verbas e em resposta às exigências da sociedade moderna, na década de 1970, os decisores, com no intuito de tomar uma decisão mais racional, buscaram incluir no processo decisório elementos concretos e abstratos (RABBANI, 1996).

Neste contexto, foram desenvolvidos os métodos de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), ferramentas matemáticas, criadas para facilitar a tomada de decisão e resolver problemas com objetivos conflitantes.

Em 1972, aconteceu a primeira conferência internacional de análise de multicritério “First International Conference on Multiple Criteria Decision Making”, consolidando a sociedade científica.

Na década de 80 tem-se uma grande procura por pesquisas voltadas ao uso de métodos multicriteriais, englobando o aspecto ecológico aos aspectos sociais e econômicos.

Os métodos AMD não visam apresentar uma solução para o problema e sim apoiar o processo de decisão por meio de recomendações de ações ou cursos de ações a quem vai tomar a decisão (GOMES L., GOMES C., 2014).

Madeira Júnior (2004), *apud* Barros (2013) apresenta as duas principais escolas de apoio à decisão multicritério, escola americana, que considera critério único de síntese e a escola francesa ou europeia que considera a agregação por uma relação binária de síntese.

Dentre os métodos multicritérios destacam-se o método AHP pertencente a corrente da Escola Americana e os métodos ELECTRE que pertencem à corrente da Escola Francesa.

O método AHP foi um dos primeiros métodos multicriteriais com múltiplos critérios e um dos mais utilizados mundialmente de apoio a tomada de decisão nas mais diversas áreas do conhecimento. Tem como finalidade hierarquizar os objetivos ou critérios em conformidade com a(s) preferência(s) do decisor(es). As alternativas estão no nível inferior da hierarquia. O método utiliza a comparação entre pares, ou seja, é realizada uma comparação entre alternativas e critérios em pares (CAMPOS, 2011; TORRES, 2014).

Os métodos da família ELECTRE, são os primeiros métodos da Escola Europeia, o método determina a superação de uma alternativa em relação à outra, utilizando comparações entre alternativas por meio de relações binárias.

O Quadro 5 apresenta os principais métodos AMD, utilizados pela literatura acadêmica. A primeira coluna apresenta os principais métodos multicriteriais de apoio à decisão e a segunda coluna apresenta as referências seminais de cada um dos métodos apresentados.

Quadro 5 - Principais métodos de apoio multicritério.

Método	Referências
Elimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE)	Electre I (Roy, 1968), Electre II (Roy; Bertier, 1971); Electre III (Roy; Hugonnard, 1981); Electre IV (Roy; Hugonnard, 1981); Electre IS (Roy; Skalka, 1985); Electre TRI (YU, 1992; Mousseau; Slowinski; Zielniewicz, 2000)
Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation (PROMETHEE)	Brans, Marechal e Vincke (1984) e Brans, Vincke e Marechal (1986)
Regime	Hinloopen, Nijkamp e Rietveld (1983)
Multiattribute Utility Theory (MAUT)	Fishburn (1970) e Keeney e Raiffa (1976)
Simple Multi Attribute Rating Technique (SMART)	Edwards (1977)
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Satty (1977) e Satty (1980)
Analytic Network Processes (ANP)	Satty (1996)
Measuring Attractiveness by a Categorical Basead Evaluation Technique (MACBETH)	Bana e Costa e Vansnick (1994)

Fonte: Adaptado Rodriguez, Costa e Carmo, 2013.

Ao longo dos anos, vários métodos de apoio à decisão foram criados e aprimorados, apresentando suas vantagens e desvantagens, o que torna difícil a escolha do método a ser utilizado na resolução dos problemas.

Para Briozo e Musetti (2015) é interessante para o setor público, por meio de seus gestores, a adoção de métodos multicritérios para tomada de decisões, uma vez que essas decisões devem ser tomadas de forma a beneficiar toda sociedade, de forma mais participativa, sem a priorização de um determinado grupo.

3.4.2 Processo de Decisão

A tomada de decisão, envolvendo problemas complexos, é utilizada em uma infinidade de situações, tanto em áreas públicas ou privadas, como também em grupos empresariais, pequenas e médias empresas, por governos, militares etc. (RODRIGUES, COSTA, CARMO, 2013).

Para Gomes L. e Gomes C. (2014) uma metodologia de apoio à decisão deve ser construída por quatro níveis, não obrigatoriamente sequenciais, onde os níveis I e II compreendem a definição e consequências dos objetivos, os conceitos de ação de problemática, de preferências, de consequências e de critérios e os níveis III e IV são onde são definidos os modelos e os métodos a serem utilizados:

- Nível I – Objetivo da decisão e espírito da recomendação;
- Nível II - Análise das consequências e elaboração dos critérios;
- Nível III – Modelagem das preferências globais e abordagens operacionais para a agregação das performances;
- Nível IV – Procedimentos de pesquisa e elaboração da recomendação.

3.4.3 Elementos do Processo de Decisão

No processo decisório, os atores da decisão são elementos importantes que participam do processo e que devem ser conhecidos. Nos processos decisórios que envolvem o setor público, os atores são os cidadãos, comunidade, o governo etc.

São comuns os termos decisor, facilitador e analista serem utilizados como sinônimos, isso acontece porque no processo decisório geralmente essas três funções são executadas pela mesma pessoa ou grupo de pessoas. Segue a definição de cada termo, para diferenciação dos mesmos (CAMPOS, 2011; GOMES L., GOMES C., 2014):

- Analista ou Especialista: O analista tem a função de auxiliar no processo decisório, de forma a sistematizar o processo e modelar as preferências, pode ser composto por um indivíduo ou uma equipe.
- Facilitadores: São pessoas que auxiliam, esclarecem, negociam e participam da comunicação durante o processo decisório, bem como auxiliam o analista na busca de informações. Não devem intervir no julgamento dos decisores, devem manter uma postura neutra dentro do processo decisório.
- Decisor ou Agente de Decisão: O decisor ou agente de decisão possui o papel mais importante no processo decisório, tem a função de analisar as alternativas do problema com juízo de valor. É composto por indivíduos ou grupo de indivíduos.

Além dos atores as variáveis de decisão: alternativas, critérios, pesos e problemáticas. O resultado do processo decisório será obtido por meio da relação entre as variáveis de decisão e os atores.

Alternativas ou conjunto de ações potenciais

As particularidades significativas de cada alternativa podem ser quantitativa ou qualitativa. As ações potenciais que constituem umas das possibilidades de escolha do agente de decisão podem ser classificadas em quatro tipos (CAMPOS, 2011; GOMES e GOMES, 2014):

- Reais – são ações que se concretizam;
- Fictícias – são ações apenas idealizadas;
- Realista – são projetos viáveis ou factíveis; e
- Irrealista – são projetos não viáveis ou não factíveis.

É designado conjunto A, o conjunto de ações potenciais sobre as quais trabalha o auxílio à decisão em uma fase do estudo. Quando o conjunto A é finito, o problema de decisão é denominado discreto, caso contrário ele é dito contínuo. O conjunto A pode ser escrito de duas formas (GOMES L., GOMES C., 2014):

Uma lista: $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ de ações potenciais.

Um subconjunto de R^n , quando cada ação potencial é definida por n variáveis reais x_1, x_2, \dots, x_n , sobre as quais se aplica certo número de restrições.

Critérios

Os critérios ou atributos são parâmetros de avaliação para as alternativas. Eles podem possuir natureza objetiva ou subjetiva e devem compreender as preferências do agente de decisão.

Pesos

Os pesos são as medidas da importância que cada critério tem para o agente de decisão. Esses influenciam de forma decisiva os resultados obtidos, por isso são de extrema importância. A atribuição de valores aos pesos dos critérios deve ser criteriosa, uma vez que essa tarefa tem caráter subjetivo. Nos problemas multicritério é comum o agente de decisão considerar alguns critérios menos ou mais importantes, a motivação pode ser variada entre elas estão suas preferências pessoais. A atribuição de valores aos pesos pode ser realizada por meio de vários métodos como ordenação simples e taxaço simples (GOMES L., GOMES C., 2014).

Na ordenação simples, o agente de decisão prioriza os critérios na ordem de sua preferência atribuindo 1 ao critério menos importante e n ao critério mais importante. Já na taxaço simples, o agente de decisão deve atribuir valores utilizando uma escala de medida anteriormente definida como, por exemplo, de 0 a 5, de 0 a 10 ou de 0 a 100. Posteriormente, para os dois métodos, os valores devem ser normalizados (GOMES L., GOMES C., 2014).

Problemáticas de apoio à decisão

Durante o processo decisório, o resultado pretendido depende da problemática em que a decisão está inserida. Para alcançar o resultado pretendido são identificados quatro tipos de problemáticas (GOMES L., GOMES C., 2014):

Problemática P. α – o resultado esperado nesta problemática é a seleção das melhores ações, as mais satisfatórias através de comparações, de modo a eliminar o maior número de ações possíveis.

Problemática P. β - o resultado esperado é uma triagem ou um procedimento de classificação, onde a decisão é dada por uma triagem resultante da alocação de cada ação a uma categoria previamente definidas.

Problemática P. γ – o resultado esperado é a ordenação de cada ação contida no subconjunto A definido conforme as preferências, de modo completo ou parcial.

Problemática P. δ – o resultado esperado é uma descrição ou um procedimento cognitivo, onde a finalidade é relatar as consequências das ações do conjunto A.

É importante destacar que as problemáticas descritas não são independentes umas das outras, sendo possível utilizar mais de um tipo. A ordenação ($P. \gamma$) pode servir de base para resolver um problema $P. \beta$ ou $P. \alpha$.

3.4.4 Modelagem das Preferências

A modelagem de preferência é realizada com a comparação entre duas alternativas, onde são estabelecidas condições (definidas por relações binárias) que expressam as preferências ou desejos do decisor. A modelagem além de expressar as preferências do decisor, consegue lidar com situações de incertezas e permite incorporar informações subjetivas do mesmo.

Quando na comparação entre duas ações potenciais são definidas quatro situações fundamentais: indiferença (I), preferência estrita (P), preferência fraca (Q) e incomparabilidade (R). O Quadro 6 apresenta as quatro relações preferenciais e suas definições.

Quadro 6 – Sistema fundamental de relações de preferências.

Situação	Definição	Relação Binária
Indiferença (I)	Existem razões claras e objetivas que fundamentam a equidade entre duas ações.	I: simétrica, reflexiva
Preferência Estrita (P)	Existem razões claras e objetivas que justificam uma preferência significativa em favor de uma das duas ações	P: Assimétrica (Irreflexiva)
Preferência Fraca (Q)	Existem razões claras e objetivas que não envolvem uma preferência estrita em favor de uma das duas ações, mas essas razões são insuficientes para que seja assumida uma preferência estrita em favor da outra, ou a indiferença entre as ações.	Q: Assimétrica (Irreflexiva)
Incomparabilidade (R)	Inexistência de razões claras e objetivas para justificar uma das três situações precedentes.	R: Simétrica (Irreflexiva)

Fonte: GOMES L. e GOMES C. (2014, p.273).

A incomparabilidade entre a e b é apresentada pela notação aRb , se a é preferível em detrimento de b , a notação é aPb , caso a seja indiferente a b tem-se aIb e se b for não preferível à alternativa a , significa que a preferência é fraca então a notação é aQb .

3.4.4.1 Informações Inter critérios

Na resolução de problemas utilizando à análise multicritério, a definição dos pesos dos critérios e dos limiares de concordância e discordância tem papel fundamental na resolução da problemática, influenciando de maneira decisiva nos resultados obtidos (GOMES L., GOMES C., 2014).

Como as características dos critérios podem ser heterogêneas (social, econômico, técnico e ambiental), os decisores podem ter dificuldades em expressarem suas preferências quanto ao grau de importância de cada critério, devendo ser a atribuição dos pesos realizada de forma cuidadosa, considerando essa tarefa ter um caráter subjetivo (CAMPOS, 2011; GOMES L., GOMES C, 2014).

Existem várias técnicas de atribuição de pesos, algumas de forma direta, como ordenação simples e taxaço simples, e outras envolvendo métodos sofisticados como o método AHP (GOMES L., GOMES C., 2014).

O limiar de concordância é o limite a partir do qual o índice de concordância é suficiente para apoiar a ideia de que $a \geq b$, já o limiar de discordância é o limite até o qual o índice de discordância é suficiente para apoiar a ideia de que $a < b$ (RODRIGUES, 2009).

3.4.4.2 Principais Estruturas de Preferências

Como já apresentado a modelagem de preferência é realizada com a comparação entre duas alternativas, onde são estabelecidas condições (definidas por relações binárias) que expressam as preferências ou desejos do decisor. Consoante às relações binárias e suas propriedades é de suma importância que sejam conhecidas as principais estruturas de preferências sobre o conjunto de alternativas. Vincke (1992) classifica as estruturas de preferências como:

- **Pré-ordem completa:** corresponde à noção intuitiva de classificação na qual admite que duas alternativas sejam iguais. Possuem as seguintes propriedades: a e b são exaustivas e mutuamente exclusivas; b é assimétrica e transitiva; e a é simétrica e transitiva.
- **Ordem Completa:** nas comparações é imposto que uma das alternativas seja preferencial a outra, não sendo possível equidade entre elas.
- **Semiordem:** nesta classificação existe um limiar de indiferença em que o agente decisor não consegue determinar a diferença ou não declara a preferência na relação binária.
- **Ordem de intervalo:** tipo de estrutura que ocorre quando os limiares são variáveis:

$$\forall a, b \in A \quad a P b \leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b)) \quad (1.0)$$

$$a I b \leftrightarrow g(a) \leq g(b) + q(g(b)) \quad (2.0)$$

$$g(b) \leq g(a) + q(g(a)) \quad (3.0)$$

- **Pseudo-ordem:** essa estrutura apresenta um limiar de indiferença (q) no qual é clara a indiferença, e um limiar de preferência (p), em que não há dúvida sobre a preferência entre uma relação binária.

$$\forall a, b \in A \quad a P b \leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b)) \quad (4.0)$$

$$a Q b \leftrightarrow g(b) + p(g(b)) \geq g(a) > g(b) + q(g(b)) \quad (5.0)$$

$$a I b \leftrightarrow g(b) + q(g(b)) \geq g(a) \quad (6.0)$$

$$g(a) + q(g(a)) \geq g(b) \quad (7.0)$$

3.4.4.3 Modelagem das Consequências

Para uma modelagem realista dos problemas de decisão é importante realizar análise de vários aspectos relacionados ao problema como aspectos monetários de tempo, de espaço, de conforto, de segurança, de imagem etc. (GOMES L., GOMES C., 2014).

Três princípios devem ser considerados na elaboração de um modelo de consequências: Princípio da inteligibilidade, princípio da universalidade e princípio da confiabilidade.

Eixos de Significância e Critérios de Decisão

Os eixos significantes direcionam a análise e devem ser determinados com base na modelagem de consequências. Com o estabelecimento desses eixos é possível realizar a comparação entre as ações potenciais. Um mesmo eixo de significância pode estar associado com um ou mais critérios de decisão. Para melhor entendimento, é preciso relacionar com o produto celular, onde o eixo de significância será a qualidade do produto, que pode englobar os critérios de qualidade das fotos e qualidade do sinal.

Durante a concepção de um critério, o analista de decisão deve atentar-se com alguns aspectos (GOMES L., GOMES C., 2014):

- Os eixos de significância: devem ser bem familiares e compreendidos pelos atores de decisão durante a determinação dos critérios.
- O processo que define a avaliação de cada ação segundo dado critério deve ser compreensível e transparente.
- A escolha de um critério deve levar em conta a qualidade dos dados que são usados para avaliar as diferentes ações, segundo tal critério.

Na determinação dos critérios podem-se utilizar diversos modelos, esses irão representar as preferências do agente de decisão. Campos (2011) classifica os critérios conforme descrito a seguir:

- **Verdadeiro critério:** se a estrutura de preferência for uma pré-ordem completa.
- **Semicritério:** se a estrutura de preferência for uma semiordem.
- **Critério de intervalo:** se a estrutura de preferência for uma estrutura de intervalo.
- **Pseudocritério:** caso a estrutura de preferência seja uma pseudo-ordem.

Esse tipo de informação é conhecido como informação intracritério.

Matriz de decisão

Tem o objetivo de apresentar em forma de quadro, a relação entre as alternativas para os n critérios de avaliação. Considerando que a_{ij} represente a avaliação da ação ou alternativa A_i , pertencente ao conjunto de ações potenciais A , segundo o critério g_j , podem-se construir a matriz $[a_{ij}]$ conforme mostra o Quadro 7.

Quadro 7– Matriz de decisão.

Critérios →	g_1	g_2	.....	g_i	.....	g_n
Limites →	$q_1 p_1$	$q_2 p_2$	.....	$q_i p_i$	.....	$q_n p_n$
Alternativas ↓						
A_1	a_{11}	a_{12}	.....	a_{1j}	.....	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	.....	a_{2j}	.....	a_{2n}
.....
A_i	a_{i1}	a_{i2}	.....	a_{ij}	.....	a_{in}
.....
A_m	a_{m1}	a_{m2}	.....	a_{mj}	.....	a_{mn}

Fonte: GOMES L., GOMES C. (2014, p.109).

Conforme pode ser observado no Quadro 7, cada linha da matriz de decisão expressa às medidas das consequências da alternativa i com relação aos n critérios considerados. As colunas expressam as medidas das consequências das m alternativas com relação ao critério j (GOMES L., GOMES C., 2014).

3.4.4.4 Combinação das Situações Fundamentais

As quatro relações básicas de preferências (Indiferença, Preferência Estrita, Preferência Fraca e Incomparabilidade), resultam nas cinco combinações apresentadas a seguir no Quadro 8.

Quadro 8 - Relações básicas de preferências.

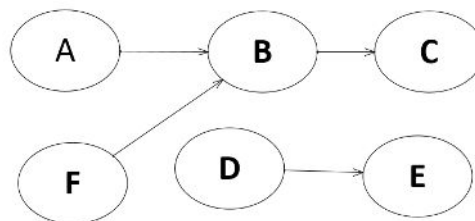
Situação	Definição	Relação Binária
Não preferência	Combina indiferença e incomparabilidade sem a possibilidade de discriminação entre elas, faltando razões claras e objetivas para justificar preferência estrita ou fraca em favor de uma das duas ações.	$\sim: a \sim b$ se é somente se $a I b$ ou $a R b$ \sim : indiferença I: incomparabilidade
Preferência	Combina preferência estrita e a preferência fraca, sem discriminação entre elas, com razões claras e objetivas que justificam uma preferência estrita ou fraca em favor de uma das ações.	$>: a > b$ somente se $a P b$ ou $a Q b$ $>$: preferência no sentido amplo
Presunção de Preferência	Existem razões claras e objetivas que justificam a preferência fraca em favor de uma das duas ações, sem que seja identificada uma separação significativa entre as situações de preferência fraca e de indiferença.	J: $a J b$ Somente se $a Q b$ ou $a | b$; $a Q b \rightarrow a J b$; $a I b \rightarrow a J b$ ou $b J a$ (ou não exclusivo)
K-Preferência	Existem razões claras e objetivas que justificam a preferência estrita ou a incomparabilidade entre duas ações, mas sem que nenhuma separação significativa seja estabelecida entre elas.	K: $a K b$ Somente se $a P b$ ou $a R b$; $a P b \rightarrow a K b$; $a R b \rightarrow a K b$ ou $b K a$; (ou não exclusivo)
Sobreclassificação	Existem razões claras e objetivas que justifiquem preferência ou a presunção em favor de uma das duas ações, sem que nenhuma separação significativa seja estabelecida entre elas.	S: $a S b$ Somente se $a > b$ ou $a J b$; então, $a S b$ se e somente se $a P b$ ou $a Q b$ ou $a I b$; $a I b \rightarrow a S b$ ou $b S a$ (ou não exclusivo)

Fonte: Adaptado GOMES L. e GOMES C. (2014, p.275).

Kernel (K)

Para Gomes L. e Gomes C. (2014) Kernel é um conceito onde cada alternativa k não é superada por uma alternativa fora de k e cada alternativa fora de k é superada por pelo menos uma alternativa em k. A Figura 2 apresenta o conceito kernel considerando $A S B$, $B S C$, $D S E$, $F S B$, onde kernel é formado pelas alternativas A, F e D.

Figura 2 – Representação do conceito kernel (k)



Fonte: Adaptado GOMES L., GOMES C. (2014, p.276).

3.4.5 Considerações sobre a Escolha do Método

A escolha do método apropriado para resolução de um problema é muito importante, visto que nenhum método se apresenta eficiente para todos os tipos problemas e a eficiência do resultado será definida pelo método escolhido.

O agente de decisão deve levar em conta a problemática da decisão e os tipos de informações intercritérios e intracritérios. Para Almeida (2013) a estrutura de preferências do decisor é relevante e pode ser o fator preponderante na seleção do método.

Também deve ser observado se o método a ser adotado é baseado num procedimento de agregação com ou sem critério único de síntese.

A seguir são apresentadas algumas condições que caracterizam um contexto favorável à utilização de método baseado na Escola Francesa, sem critério único de síntese:

- a) A existência de critérios qualitativos nos quais as diferenças de performances intercritérios não tenham significado comparativo no que diz respeito a uma gradação de preferências;
- b) A natureza dos critérios é fortemente heterogênea, e acarreta a avaliação das performances das alternativas nas mais diferentes escalas e unidades;
- c) A compensação de uma perda segundo um critério representado por um ganho segundo outro critério efetua-se de forma complexa e em ligação com sistemas de valores não necessariamente considerados na modelagem do problema;
- d) A necessidade de utilização de pseudocritérios para obtenção das preferências globais (GOMES L., GOMES C., 2014, p.136-137).

3.4.6 Família Electre (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité)

A família Electre pertence ao grupo dos métodos de sobreclassificação (outranking), os primeiros métodos da família, Electre I e II foram criados por Roy em 1968, é um dos primeiros métodos da Escola Européia. O método determina a superação de uma alternativa em relação à outra, utilizando comparações entre alternativas por meio de relações binárias. A família é composta pelos métodos Electre I, II, III, IV, IS e TRI.

O método Electre I e IS são utilizados para seleção das alternativas. O Electre I utiliza pesos e critérios simples, já o Electre IS utiliza pesos e pseudocritérios. Os métodos Electre II, Electre

III e Electre IV são métodos empregados para ordenar as alternativas. O Electre II utiliza pesos e critério simples, o Electre III e IV utilizam pseudocritérios, o Electre III utiliza pesos, enquanto o Electre IV não utiliza pesos. Electre TRI separa as alternativas em categorias pré-definidas, ou seja, é um método de classificação, com utilização de pesos e pseudocritérios (GOMES, ARAYA, CARIGNANO, 2004).

Os métodos Electre I e II utilizam critérios chamados de verdadeiros, ou seja, os critérios são rígidos, não possuem limiares e a desclassificação é clara, uma alternativa desclassifica outra alternativa em função de critérios. Já os métodos Electre III, IV e TRI utilizam os pseudocritérios, considerando limiares, onde a passagem da relação de indiferença para a de preferência é progressiva (BALTAR, NETTO, 1998).

Os métodos Electre compreendem os seguintes estágios:

- a) obtenção das avaliações dos agentes de decisão para as várias alternativas em relação aos critérios;
- b) construção das relações de sobreclassificação;
- c) exploração das relações de sobreclassificação como objetivo de selecionar um conjunto de alternativas dominantes (Electre I) ou de ordenar o conjunto de alternativas segundo sua dominância (método Electre II) (GOMES e GOMES, 2014, p.280-281).

Os métodos da família Electre aplicam uma série de processos de análise sobre ações pertencentes ao conjunto de ações. Estas ações são arranjadas em uma matriz com os critérios para análise considerando pesos para esses critérios (ALMEIDA, 2013).

3.4.7 Electre I

O método Electre I é a primeira versão da família Electre, desenvolvido por Bernard Roy em 1968, usa o conceito de sobreclassificação, tenta resolver a problemática α , e tem como objetivo selecionar um conjunto de alternativas dominantes. O método tem como desvantagem o envolvimento de conceitos complexos e grande número de parâmetros.

Na aplicação do método Electre I, é recomendado não utilizar simultaneamente mais de 20 atributos em um mesmo nível de igualdade, uma vez que pode dificultar a percepção das características mais significativas do problema (CAMPOS, 2011).

A relação de sobreclassificação adotada no método não é necessariamente transitiva, apresenta-se como uma possível generalização do conceito de dominância. As ponderações que nos conduzem a aceitar a relação de sobreclassificação entre duas alternativas podem ser determinadas através dos conceitos de concordância e discordância (ALMEIDA, 2013).

Concordância e Discordância

Para a estruturação da relação de sobreclassificação são considerados os conceitos de concordância e discordância. Onde a concordância consiste na fraca preferência de uma alternativa em relação à outra em um subconjunto significativos de critérios, já a discordância consiste no fato de que não existem critérios em que a intensidade de preferência entre alternativas ultrapasse um limite aceitável. Para cada critério cujo valor cresce de acordo com o grau de importância do atributo, atribui-se um peso p_j , e para cada par ordenado (a, b) de alternativas é associado índice de concordância, conforme demonstrado pela equação (Vincke, 1992):

Índice de concordância corresponde o quanto a sobreclassifica b , ou seja, quanto à alternativa a é favorita em relação à alternativa b . O índice tem valores entre 0 e 1.

$$C(a, b) = \frac{1}{P} \sum_{j: g_j(a) \geq g_j(b)} p_j \quad \text{onde} \quad P = \sum_{j=1}^n p_j \quad (8.0)$$

Onde:

$g_j(a)$ = desempenho da alternativa a no critério j

$g_j(b)$ = desempenho da alternativa b no critério j

p_j = peso normalizado do critério j (somatório dos pesos é igual a 1)

$C(a, b)$ = índice de concordância que representa o quanto a sobreclassifica b

O índice de discordância corresponde ao quão à alternativa a é inferior à alternativa b . O índice tem valores entre 0 e 1 e δ corresponde à máxima diferença para qualquer critério.

$$D(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(a) \geq g_j(b) \quad , \quad \forall j \\ \frac{1}{\delta} \max_j [g_j(b) - g_j(a)] & \end{cases} \quad (9.0)$$

para

$$\delta = \max_{c, d, j} [g_j(c) - g_j(d)] \quad (10.0)$$

Para um par de alternativas, a sobreclassifica b , se somente se:

$$a S b \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c \\ D(a, b) \leq d \end{cases} \quad (11.0)$$

Sendo:

S = sobreclassificação

c = limiar de concordância, relativamente grande

d = limiar de discordância, relativamente pequeno

$D(a, b)$ = índice de discordância que corresponde ao quão à alternativa a é inferior à alternativa b .

δ = escala de critérios

É atribuído valor “1” quando atendido as duas condições, caso contrário é atribuído valor “0”.

A definição dos pesos relativos a cada critério e o estabelecimento dos limiares de concordância e discordância, são fatores cruciais para a definição das relações de sobreclassificação (SIQUEIRA; FILHO, 2011).

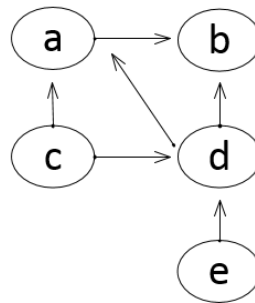
Relações de Sobreclassificação Usando Grafos

As relações binárias utilizadas nos métodos Electre também podem ser representadas com o uso de grafos orientados. Os grafos são representações gráficas que consistem em pontos, vértices, ligados por linhas orientadas, chamadas de arcos. Nesta teoria o subconjunto N é chamado de Kernel.

Com as condições estabelecidas pela Equação (11.0), é possível construir a matriz de veto, sendo que quando a condição é satisfatória o índice correspondente recebe o valor de 1, caso contrário recebe o valor 0.

A próxima etapa é analisar a relação de sobreclassificação utilizando grafos, Figura 3, com a finalidade de estabelecer um subconjunto kernel (k) em que as alternativas não sofrem sobreclassificação.

Figura 3 – Representação das relações de sobreclassificação com uso de grafo.

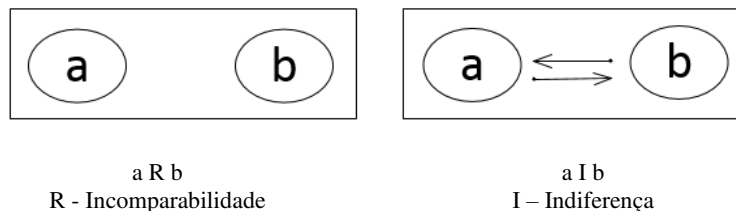


Fonte: Adaptado GOMES L., GOMES C. 2014, p.280).

Cada círculo apresentado no grafo representa uma alternativa e cada seta indica a relação de sobreclassificação. As relações apresentadas são $a S b$, $c S a$, $c S d$, $d S a$, $d S b$, $e S d$, também é possível visualizar na figura 2 apresentada que o kernel é formado pelas alternativas “c” e “e”.

É possível também, através do grafo, deduzir outras relações do sistema fundamental de preferências, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Incompatibilidade e indiferença



Fonte: Adaptado GOMES L. e GOMES C., 2014, p.280.

Na aplicação do método Electre I, uma vez encontrado o kernel do conjunto de alternativas estudados, o mesmo, não sofre alterações, já que as alternativas pertencentes ao conjunto dominante se completam atingindo o melhor desempenho (COSTA, 2016).

3.4.8 Electre II

O método Electre II foi desenvolvido por Roy e Bertier (1971 e 1973), sendo considerado o aprimoramento do Electre I, seu objetivo é a resolução da problemática γ ($P\gamma$ – problemática de ordenação das ações).

O método estabelece uma ordenação completa sobre um conjunto de alternativas, inicialmente consideradas, satisfazendo os seguintes testes:

- Teste de concordância, em que a medida da concordância está acima de um nível mínimo de aceitabilidade;
- Teste de discordância, em que a medida da discordância está abaixo de um nível máximo tolerável de discordância.

Consiste na atribuição de duas relações de superação: uma forte (S^F) e outra fraca (S^f). É preciso admitir três índices de concordância (c_1, c_2 e c_3) e dois de discordância (d_1 e d_2) de forma que:

$$0 \leq c_3 \leq c_2 \leq c_1 \leq 1 \text{ e } 0 \leq d_2 \leq d_1 \leq 1 \tag{12.0}$$

As condições de superação forte são (considerando alternativas a e b):

$$aS^F b \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_3 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_1 \forall j \\ \frac{p^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases} \tag{13.0}$$

ou

$$aS^F b \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_2 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_2 \forall j \\ \frac{p^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases} \tag{14.0}$$

As condições de superação fraca são:

P^+ = somatório dos pesos dos critérios em que a alternativa a é preferível a b,

P^- = somatório dos pesos dos critérios quando b é preferível a,

$$aS^f b \text{ se e somente se } \begin{cases} C(a, b) \geq c_1 \\ g_j(a) - g_j(b) \leq d_1 \forall j \\ \frac{p^+(a, b)}{P^-(a, b)} \geq 1 \end{cases} \tag{15.0}$$

Em seguida constrói-se grafos para as relações de superação forte e fraca.

3.4.9 Electre III

O Electre III tem o objetivo à ordenação das alternativas. Porém na versão de Roy 1978, foi incorporada a metodologia Fuzzy na construção do cálculo da ordenação de alternativas, permitindo a criação de pseudocritérios (INFANTE, MENDONÇA, VALE, 2014).

O método é utilizado para resoluções de problemas de ordenação, onde existe apenas um decisor, constituindo situações de indiferença e preferências em situações nos quais o decisor é incapaz ou se recusa a fazer comparações entre duas ações (CAMPOS, 2011).

O método adota os seguintes parâmetros: limite de preferência (p), limites de indiferença (q) e limite de veto (v). O índice de concordância é calculado:

$$C(a, b) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n w_j c_j(a, b) \quad (16.0)$$

Onde

$$W = \sum_{j=1}^n w_j \quad (17.0)$$

e

$$c_j(a, b) = 1 \text{ se } g_j(a) + q_j(g_j(a)) \geq g_j(b) \quad (18.0)$$

Ou

$$c_j(a, b) = 0 \text{ se } g_j(a) + p_j(g_j(a)) \geq g_j(b) \quad (19.0)$$

Ou então

$$c_j(a, b) = \frac{g_j(a) - g_j(b) + (p_j(a))}{p_j(q_j(a)) - q_j(g_j(a))} \quad (20.0)$$

Onde: p_j corresponde ao limite de estrita preferência para o critério j ;

q_j limite de indiferença para j ;

A discordância usa o limite de veto $v_j(g_j(a))$ de modo que a relação em que a sobreclassifica b é recusada se:

$$g_j(b) \geq g_j(a) + v_j(g_j(a)) \quad (21.0)$$

O índice de discordância é calculado para cada critério j segue como:

$$D_j(a, b) = 0 \text{ se } g_j(b) \leq g_j(a) + p_j(g_j(a)) \quad (22.0)$$

e

$$D_j(a, b) = 1 \text{ se } g_j(b) > g_j(a) + v_j(g_j(a)) \quad (23.0)$$

Ou então,

$$D_j(a, b) = \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j(g_j(a))}{v_j(g_j(a)) - p_j(g_j(a))} \quad (24.0)$$

O grau de credibilidade da relação binária entre as alternativas a e b é definido como:

$J(a, b)$ = conjunto de critérios em que $D_j(a, b) > C(a, b)$

$$S(a, b) = C(a, b) \text{ se } D_j(a, b) \leq C(a, b) \forall_j \quad (25.0)$$

Ou então

$$S(a, b) = C(a, b) \prod_{j \in J(a, b)} \frac{(1 - D_j(a, b))}{(1 - C(a, b))} \quad (26.0)$$

3.4.10 Electre IV

O Electre IV tem como finalidade ordenar alternativas da melhor para pior. É utilizada em problemas em que não se pode introduzir qualquer ponderação nos critérios e/ou em que o agente de decisão não queira determinar pesos ou critérios.

O método assim como o Electre III considera o limite de preferência (p), limites de indiferença (q) e limite de veto (v). As situações de superação são definidas de acordo com as relações de preferência forte (S^F) e preferência fraca (S^f). O método também aplica cinco parâmetros para estabelecer uma relação fuzzy de sobreclassificação (Quasidominância- S_q , dominância Canônica- S_c , Pseudodominância- S_p , Subdominância- S_s , e Veto Dominância- S_v).

3.4.11 Electre IS

O Electre IS é considerado uma evolução do Electre I, porém esse método permite a aplicação de pesos aos critérios, além de permitir a aplicação de formulações Fuzzy. O método foi criado por Roy e Skalka em 1985.

3.4.12 Electre TRI

O método Electre TRI tem a finalidade de classificar, por meio de comparação, as alternativas sem ordená-las. Utiliza-se de pseudocritérios e o método utiliza índices de concordância e discordância, além de considerar o nível de corte (γ).

A classificação é realizada buscando construir uma relação de sobreclassificação e exploração da relação de sobreclassificação para se obter a classificação desejada.

3.4.13 Análise de Sensibilidade e Estabilidade

Consiste na verificação da forma em que as variações adotadas nos parâmetros característicos do método levam aos resultados obtidos. O propósito da análise é averiguar com que velocidade uma solução se degrada a um nível predeterminado.

Num problema multicritério, após análise de sensibilidade, a solução identificada pelo método apresenta:

- Estabilidade fraca, se a melhor resposta permanece dentro do conjunto de soluções não dominadas;
- Estabilidade forte, se o conjunto de soluções não dominadas não se altera.

3.4.14 Vantagens da Utilização do Apoio Multicritério à Decisão

A utilização de métodos de análise multicritério à decisão auxiliam os tomadores de decisão na estruturação de partes do contexto de decisão e melhoram a eficácia global dos resultados da decisão. A seguir são elucidadas algumas vantagens de adoção da metodologia:

- Possibilitam uma abordagem mais abrangente e realista dos problemas complexos de decisão, pois permite uma análise baseada tanto com critérios quantitativos quanto qualitativos;
- Estimula e facilita a comunicação e a integração entre as partes envolvidas nos processos decisórios;
- Aumento da credibilidade do processo em função da promoção de maior organização e transparência do processo decisório;

- Possibilidade de mudanças ao longo do processo, em função de discussões geradas entre os atores envolvidos, propiciando maior compreensão das diversas dimensões do problema;
- Aufere ao processo de tomada de decisão uma clareza e consequente transparência jamais disponível quando utilizados métodos de natureza monocritério.

3.4.15 Aplicação de Metodologias de Análise Multicritério em Esgotamento Sanitário

As metodologias de análise multicritério vêm sendo utilizadas em várias áreas de atuação. Nos parágrafos seguintes deste item, são apresentados trabalhos na área de esgotamento sanitário utilizando metodologias de análise multicritério.

Zuffo, Reis, Santos e Chaudhry (2001) apresentaram uma avaliação dos resultados de cinco métodos multicriteriais, ELECTRE II, PROMETHEE II, Programação por Compromisso (CP), Teoria dos Jogos Cooperativos (CGT) e o método Analítico Hierárquico (AHP), que incorporam características ambientais, sociais, técnicas e econômicas de nove diferentes planos de ação no projeto de reabilitação, expansão e conservação do sistema produtor de água potável do Baixo Cotia, analisando-se vinte diferentes critérios. O objetivo do projeto foi implantar tecnologias ambientais no manancial através da implantação de áreas de alagadiços construídos, e tecnologias de tratamento de água e esgotos sanitários, adotando vinte critérios. Dos cinco métodos utilizados quatro apresentaram resultados praticamente coincidentes. A inserção de critérios ambientais e sociais foi considerada viável, possibilitando a melhoria do processo de tomada de decisão para a escolha de alternativas.

Teixeira e Heller (2001) desenvolveram um modelo de priorização de investimentos em saneamento, onde foram propostos a priorização e destinação de recursos financeiros para projetos de saneamento, segundo os critérios epidemiológico, sanitário, financeiro, social e ambiental, a partir de sistemas de pontuação e ponderação. Utilizando-se um processo aleatório, foram selecionados 36 projetos, fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais, com o objetivo de avaliar o modelo desenvolvido. Dois anos após a publicação do artigo “Modelo de Priorização de Investimentos em Saneamento com Ênfase em Indicadores de Saúde: Desenvolvimento e Aplicação em uma Companhia Estadual”, Teixeira e Heller (2003) apresentaram um modelo de priorização de investimentos em saneamento baseada em

indicadores epidemiológico e financeiro, fundamentado em metodologia objetiva, de fácil compreensão e manuseio.

Neves e Neves (2003) apresentaram um procedimento metodológico para a seleção ou hierarquização de projetos de saneamento (abastecimento de água, esgoto, remoção de resíduos sólidos urbanos, etc.). A proposta baseia-se na análise de custo-benefício e utiliza como indicador de benefício (denominador da fração custo / benefício) uma variável denominada DALY - Anos de Vida Ajustados por Incapacidade. A aplicação da metodologia requer inferência sobre a melhoria do estado de saúde da população devido aos projetos de saneamento.

Miranda e Teixeira (2004) estabeleceram princípios específicos de sustentabilidade que pudessem ser aplicados em sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como foram propostos indicadores a serem utilizados como instrumentos de monitoramento, permitindo assim, orientar políticas públicas para o setor (definição de investimentos, desenvolvimento de campanhas de mobilização, etc.). Os indicadores utilizados foram: % da população atendida por serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, número de interrupções no sistema urbano de água e esgoto, índice geral de qualidade de água, volume de água produzida por unidade monetária, prioridade de investimentos em atividades de melhoria, gerando postos de trabalho, existência de canais de participação, existência de informações sistematizadas e disponibilizadas à população, consumo de água per capita, índice de perdas no sistema, existência de reuso e reaproveitamento de água pelos usuários, consumo de energia elétrica pelo sistema, por m³ de água produzida, índice da qualidade da água, medido a montante e a jusante do município. A análise de indicadores como forma de monitoramento de políticas públicas, portanto, resultou em um conjunto de indicadores bastante satisfatório, podendo abranger as diversas dimensões, mostrando sua tendência à sustentabilidade.

López, Bayo, Cascales e Angosto (2009) apresentaram o uso da decisão multicritério através do método TOPSIS, aplicado a seis diferentes metodologias de desinfecção de esgotos tratados antes de sua reutilização, utilizando critérios de qualidade de água, custo, social e ambiental. Os resultados mostraram que a melhor técnica de desinfecção para águas residuais tratadas foi à cloração com 4 ppm, se essa água for destinada ao uso urbano, agrícola ou industrial, devido ao grande peso atribuído aos critérios de custo e ambientais.

Campos (2011) propôs o desenvolvimento de um modelo multicritério de apoio à decisão para hierarquizar projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Com a metodologia proposta pretendeu-se subsidiar profissionais, gestores, técnicos, especialistas e estudiosos do setor, para gestão de políticas públicas de saneamento básico. Para desenvolvimento do método foram utilizados os seguintes critérios: objetivos do empreendimento, % contrapartida, tipo de empreendimento, programa de gestão municipal, participação no programa de compra de esgoto tratado. Com a metodologia desenvolvida foi possível estruturar o processo de decisão em saneamento de forma racional e transparente, também sendo possível replicar o modelo em outras situações em que seja necessário hierarquizar projetos de saneamento.

Stepniewska e Malgorzata (2014) propuseram uma metodologia de priorização de infraestrutura de esgoto em áreas rurais, levando em consideração tanto o estado atual do sistema de gerenciamento de esgoto quanto os fatores geográficos relacionados ao referido sistema. O estudo de caso foi realizado para classificar 207 áreas rurais em Wielkopolska (Polônia). O estudo forneceu uma ferramenta estratégica de tomada de decisão útil para definir prioridades e determinar a distribuição financeira do apoio a projetos de investimento de fundos públicos. É uma proposta de boas práticas de gestão de esgotos, visando à utilização de soluções que combinem a eficácia ecológica e a eficiência econômica na maior extensão possível.

Ren, Liang e Chan (2017) desenvolveram uma estrutura genérica de apoio à decisão multicritério para avaliação da sustentabilidade das tecnologias para o tratamento de lodo de esgoto urbano. Um sistema genérico de critérios, incluindo critérios rígidos e flexíveis em aspectos econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos, foi desenvolvido para avaliação de sustentabilidade. Três tecnologias, deposição em aterro, compostagem e incineração por secagem, foram utilizadas no estudo. Para determinar a sequência de sustentabilidade das tecnologias alternativas para o tratamento de lodo de esgoto urbano utilizou-se três métodos MCDM, método da soma ponderada, modelo DIGRAPH, e TOPSIS. A sequência de sustentabilidade dessas três tecnologias, determinada por esses três métodos, foi obtida e, finalmente, a sequência de prioridade foi determinada como aterrisagem, incineração por secagem e compostagem na ordem descendente.

Mahjouri *et. al.* 2017 desenvolveram uma metodologia integrada utilizando os dois métodos MCDM, AHP e TOPSIS em combinação com a lógica fuzzy, para seleção da tecnologia ideal

de tratamento de esgoto. Foram identificadas e classificadas as tecnologias industriais mais utilizados na indústria siderúrgica do Irã, em relação aos seis critérios de avaliação e seus trinta indicadores associados. Os resultados da pesquisa mostram que a prioridade dos especialistas é encontrar alternativas de tratamento mais avançadas.

Goffi *et. al.* 2018 realizaram estudo para seleção do sistema ideal para tratamento de esgoto baseado em aspectos econômicos utilizando o método de análise multicritério ELECTRE-TRI. Dessa forma, este estudo contribuiu para aumentar o conhecimento do aspecto econômico para futuras discussões sobre esse tema.

Nos estudos apresentados fica evidente que as metodologias de análise multicritério vêm auxiliando os agentes de decisão na resolução de problemas complexos, padronizando o processo de tomada de decisão através de modelagem matemática, com adoção de vários critérios (objetivos e subjetivos) que auxiliam o decisor a resolver problemas.

3.4.16 Aplicação de Metodologias de Análise Multicritério em Seleção de Sistemas de Tratamento de Esgotos

Na revisão sistemática da literatura, não foram encontrados número expressivo de trabalhos que abordem seleção de tecnologias de tratamento de esgotos usualmente utilizadas no Brasil utilizando análise multicritério. O Quadro 9 apresentam as obras levantadas que abordam o cenário brasileiro.

Quadro 9 –Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto no cenário brasileiro.

Ano	Autor	Título	Objetivo	Modelo	Característica dos Critérios	Quant. Tecnologias Utilizadas para Seleção
2004	Oliveira	Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário	Este estudo tem por objetivo desenvolver um modelo para auxiliar na seleção de tecnologias para tratamento de esgoto doméstico no Brasil, por meio da ordenação de alternativas, considerando os aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos.	Árvore de decisão e análise de sensibilidade	Variáveis dependentes, independentes e moderadoras	8

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 9 –Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto no cenário brasileiro (Continuação).

Ano	Autor	Título	Objetivo	Modelo	Característica dos Critérios	Quant. Tecnologias Utilizadas para Seleção
2005	Dantas, Garciase Aisse	Metodologia para a escolha de sistemas de tratamento de esgoto doméstico para comunidades nucleadas pelo exército brasileiro	A pesquisa teve por objetivo aplicar o software de análise multiobjetivo e multicritério, desenvolvido pela Rede PROSAB 2, para a escolha de sistemas de tratamento de esgoto doméstico em regiões isoladas na fronteira da Amazônia, utilizadas como Pelotões Especiais de Fronteira pelo Exército Brasileiro.	SAD, Ponderação Aditiva, Compromise Programming,	Ambiental e epidemiológico	12
2009	Gonçalves	O uso do modelo QUAL2k como subsídio à seleção de alternativas de tratamento de esgotos – estudo de caso: município de São Simão-SP	O objetivo fundamental deste estudo foi simular a qualidade da água do córrego São Simão, para diferentes cenários, por meio do uso do modelo QUAL2K, visando subsidiar a análise técnico-econômica e ambiental de possíveis alternativas empregadas no sistema de tratamento de esgotos do município.	QUAL2K	Técnica, econômica e ambiental	5
2009	Leoneti	Avaliação de modelo de tomada decisão para escolha de sistema de esgotamento sanitário	Este estudo tem por objetivo desenvolver um modelo para auxiliar na seleção de tecnologias para tratamento de esgoto doméstico no Brasil, por meio da ordenação de alternativas, considerando os aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos.	AHP, Equilíbrio Nash e Simulação	Variáveis dependentes, independentes e moderadoras acrescentando critério ambiental	8

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 9 –Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto no cenário brasileiro (Continuação).

Ano	Autor	Título	Objetivo	Modelo	Característica dos Critérios	Quant. Tecnologias Utilizadas para Seleção
2011	Zanin	Seleção de processos de tratamento de esgoto	Selecionar processos de tratamento de esgoto sanitário utilizando análise multicritério.	AHP	Técnica, econômica e ambiental	6
2013	Hunt	Modelo multicritério de apoio à decisão aplicado à seleção de sistema de tratamento de esgoto para pequenos municípios	Este estudo tem como objetivo geral desenvolver um sistema para a seleção de tecnologias de tratamento de esgoto, especificamente para pequenos municípios brasileiros.	Multi-attribute Utility Theory - MAUT	Econômica, ambiental, social e tecnológica	32
2014	Cornelli	Análise e seleção de alternativas sustentáveis de esgotamento sanitário	O objetivo geral é identificar e avaliar alternativas de sistemas sustentáveis de tratamento de esgoto, com foco em municípios de pequeno porte.	Ferramenta Computacional Desenvolvida (FASTE)	Econômica, ambiental, social e tecnológica	9
2015	Souza	Um modelo para seleção de processos de tratamento de esgotos municipais	Desenvolvimento de uma metodologia que pode ser empregada como uma ferramenta para auxiliar a seleção de processos de tratamento de esgotos municipais, baseada em conceitos e correlários de tecnologias apropriadas e em métodos de análise de decisão com múltiplos objetivos.	PROSEL-I	Técnica e econômica	106
2016	Fantin, Reis e Mendonça	Proposta metodológica para pré-seleção de sistemas de tratamento de esgoto no âmbito de bacias hidrográficas	Estabelecer metodologia para a pré-seleção de alternativas de tratamento de esgoto no âmbito de bacias hidrográficas.	Algoritmo Genético (GA) e Modelo de qualidade de água	Técnica e econômica	5

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 9 – Seleção de tecnologias de tratamento de esgoto no cenário brasileiro (Continuação).

Ano	Autor	Título	Objetivo	Modelo	Característica dos Critérios	Quant. Tecnologias Utilizadas para Seleção
2017	Goffi	Uso da análise multicritério para a seleção de tecnologias de tratamento de esgotos	Este estudo tem por objetivo desenvolver um modelo para auxiliar na seleção de tecnologias para tratamento de esgoto doméstico no Brasil, por meio da ordenação de alternativas, considerando os aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos.	Promethe e II	Econômica, social, técnica e ambiental	20
2017	Bringer	Seleção de sistemas de tratamento de esgotos no âmbito de bacias hidrográficas a partir do emprego de modelagem de qualidade, otimização e da análise multiobjetivo	Aplicar técnica de Análise Multiobjetivo combinada com modelo de simulação da qualidade da água e técnica de otimização no processo de seleção de estações de tratamento de esgotos no âmbito de bacias hidrográficas.	QUAL-UFGM, Algoritmo Genético e Electre III	Técnico	5
2018	Reis	Sistemática para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos: uma análise multicriterial aplicada à bacia hidrográfica	O objetivo geral desta tese é propor uma sistemática de avaliação multicriterial que considere alternativas tecnológicas para o tratamento de esgotos, visando o atendimento aos padrões de qualidade de água, com possibilidade de aplicação em quaisquer bacias hidrográficas.	MAUT	Ambiental, Tecnológico, Operação e Social	34

Fonte: Autora, 2020.

Como pode ser observado no Quadro 9, dos 12 trabalhos apresentados, 3 englobaram características técnicas, econômicas, sociais e ambientais na definição dos critérios. Também é variada a quantidade de tecnologias utilizadas, de 5 a 106, porém há um número relevante de modelos que adotam apenas 5 tecnologias em suas problemáticas de seleção.

É importante destacar que a divisão dos critérios em características técnica, econômica, social e ambiental, não é rigorosa, sendo difícil a definição de fronteiras, em função das interfaces do saneamento com outras áreas e, também dependendo do ponto de vista do avaliador (CAMPOS, 2011 e GOFFI, 2017). Por exemplo, a remoção de DBO é um critério que pode ser definido como técnico e ambiental.

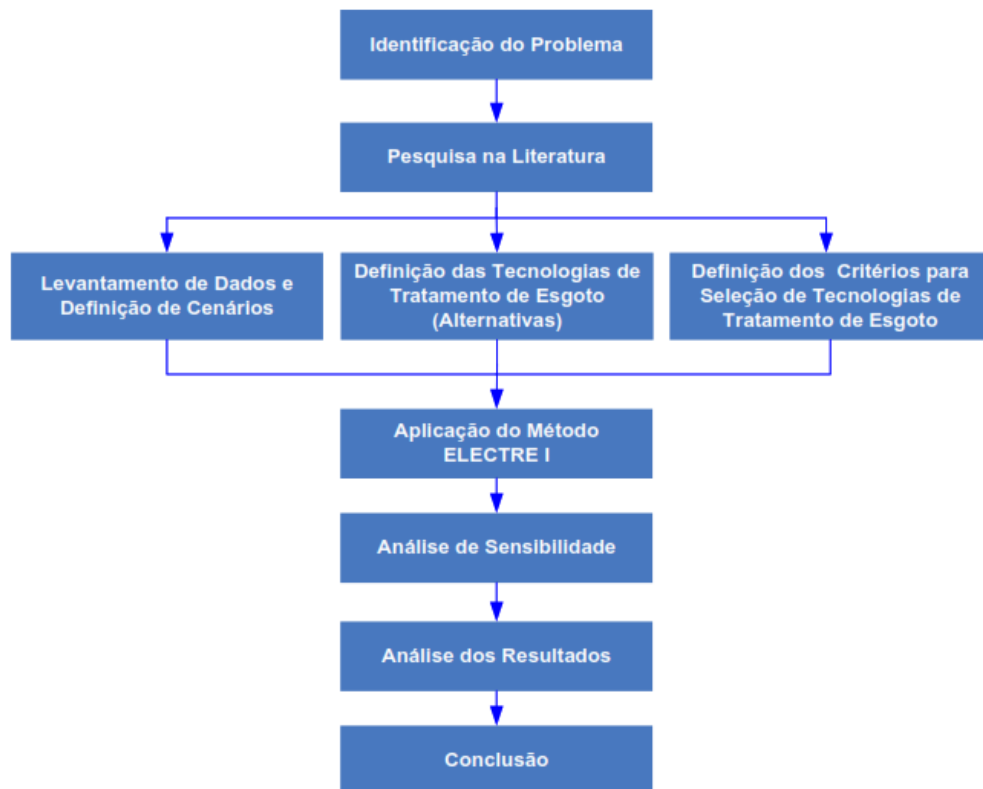
4 MATERIAL E MÉTODO

A metodologia utilizada nesta dissertação tem como principal objetivo auxiliar os decisores na escolha das tecnologias de tratamento de esgotos domésticos considerando a população do Estado de Goiás que ainda não são atendidas com sistema de esgotamento sanitário.

A pesquisa teve seu início com a identificação do problema a ser resolvido, em seguida foi realizada a revisão da literatura, com a finalidade de levantar conhecimento existente sobre o assunto.

A partir da revisão, foram definidos os principais critérios utilizados no Brasil para seleção de tecnologia de tratamento de esgoto doméstico e as tecnologias de tratamento de esgoto doméstico mais utilizadas no Brasil. Na sequência, foi aplicado o método Electre I com a utilização dos dados disponíveis, realizada análise de sensibilidade, análise dos resultados e conclusão da aplicação do método em função do problema a ser resolvido. A Figura 5 apresenta o fluxograma da metodologia adotada neste trabalho.

Figura 5 – Fluxograma metodologia do trabalho.



Fonte: Autora, 2020.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS

A coleta de dados é uma fase importante na realização de uma pesquisa científica, uma vez que os dados devem ser obtidos de fontes confiáveis, para não comprometer o resultado esperado. Para esta pesquisa os dados foram obtidos utilizando dados primários e secundários.

Como fonte para os dados secundários foram utilizados o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), dados da SANEAGO, IBGE, a 4ª edição livro Introdução à Qualidade da Água e ao Tratamento de Esgoto (2014) e o Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG).

Para obtenção dos dados primários foram realizadas as seguintes etapas:

Estudo Populacional

Foi estimada a população urbana para cada um dos 165 municípios do Estado de Goiás que não possuem sistema de esgotamento sanitário, apresentadas no item 3.2 deste trabalho. Para tal, utilizou-se o método geométrico que considera o crescimento populacional função da população existente a cada instante (VON SPERLING, 2014), para o horizonte de projeto de 20 anos (2020 – 2040). Este método considera o tempo como um exponencial para o incremento anual sobre a taxa.

$$P_n = r g^{(n-0)} * P_0 \quad (29.0)$$

Onde:

$$r g = \left(\frac{P_n}{P_0} \right)^{\left(\frac{1}{(n-0)} \right)} \quad (30.0)$$

$$Tg(\%) = (r g - 1) x 100 \quad (31.0)$$

P_n = Projeção Populacional para o ano em que se deseja

rg = Razão de crescimento populacional

N = Ano em que se deseja obter a projeção populacional

0 = Ano que foi tomado como referência para o cálculo da Projeção

P_0 = População do ano que foi tomada como referência para cálculo da Projeção

Tg = Taxa de crescimento populacional em porcentagem

Definida a população de projeto, Apêndice 4, foi realizado ordenamento dos municípios em função da população calculada em ordem crescente, sendo possível identificar os municípios por três faixas de população: acima de 50.000 (2%), de 10.000 a 50.000 habitantes (22%) e até 10.000 habitantes (76%).

Definição dos Cenários

Para escolha de tecnologias que melhor representem as necessidades de cada município, foram definidos três cenários com os critérios que melhor se adequasse a essas faixas de população:

- Cenário 1: população acima de 50.000 habitantes;
- Cenários 2: população entre 10.000 e 50.000 habitantes;
- Cenário 3: população abaixo de 10.000 habitantes;

Aplicação de Formulários

Foram aplicados formulários a especialistas que atuam na área de esgotamento sanitário, onde os mesmos, em cada cenário, atribuíram pesos de importância para cada critério listado, conforme sua preferência, utilizando ordenação simples, sendo:

- Definição dos pesos dos critérios para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos para populações acima de 50 000 hab. (Apêndice 1).
- Definição dos pesos dos critérios para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos para populações entre 10 000 e 50 000 hab. (Apêndice 2).
- Definição dos pesos dos critérios para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos para populações até 10 000 hab. (Apêndice 3).

Obtidos os dados necessários para realização da pesquisa, os dados foram tabulados e tratados utilizando software Microsoft Excel.

4.2 DEFINIÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ALTERNATIVAS)

As tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas no Brasil foram definidas em função da revisão da literatura de livros, periódicos, documentos técnicos, teses e dissertações. As buscas foram realizadas na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

(CAPES), sites oficiais do Governo Federal e em bibliotecas digitais de universidades brasileiras, sobre sistemas de tratamento de esgoto.

Foram pesquisados artigos nacionais de periódicos em língua portuguesa e inglesa no período de 2000 a 2019. As palavras chaves utilizadas foram “tratamento de esgoto”. Os artigos, teses e dissertações pesquisados, inicialmente foram selecionados em função da leitura do resumo, em seguida realizada leitura da revisão bibliográfica e metodologia.

4.3 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Em um processo de decisão multicritério, os critérios definidos têm que possibilitar a avaliação de cada uma das alternativas propostas. Em levantamento sistemático da literatura, considerando cenário brasileiro, foi observado a adoção de 68 diferentes critérios (Quadro 10) para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto.

Quadro 10 – Critérios nacionais observados para seleção de tecnologias de tratamento.

Critérios		
Aceitação pública	Fornece habitat para a vida selvagem	Custo de instalação do sistema
Aerossóis	Fósforo	Custo de investimento
Área de terreno necessária	Geração da biodiversidade	Custo de operação e manutenção
Aspecto do Esgoto tratado	Geração de lodo	Custo do ciclo de vida
Carbono orgânico total	Hidrogênio	Remoção de DBO
Classificação do rio receptor	Insetos e vermes	Declividade mínima
Clima	Lodo a ser disposto	Destruição da biodiversidade
Coliformes fecais	Lodo a ser tratado	Dificuldade de construção
Coliformes termotolerantes	Mão de obra utilizada	Dificuldade de operação e manutenção
Combinação com outros tipos de tratamento	Quantidade de Metano Produzido	Dificuldade ampliação
Complexidade da manutenção	Necessidade de pós-tratamento	Disponibilidade de área
Complexidade da operação	Remoção de Nitrogênio	Distância das áreas urbanas
Concentração média nitrogênio total Kjeldahl	Nível de instrução de pessoal para operação e manutenção	Remoção de DQO
Confiabilidade	Número de habitantes	Flexibilidade
Consumo de energia	Odor	Permite afloramento rocha
Custo área utilizada	Ovos helmintos	Potência consumida

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 10 – Critérios nacionais observados para seleção de tecnologias de tratamento (Continuação).

Critérios		
Custo com energia	Oxigênio dissolvido	Profundidade lençol mínima
Custo com insumos	Parâmetros exigidos na legislação	Qualificação necessária da mão de obra
Custo com mão de obra	Participação popular	Rejeição do público
Custo de implantação	Percolação máxima solo	Resistência a Constituintes Tóxicos
Simplicidade operacional e manutenção	Sólidos suspensos	Ruído
Taxa de juro anual	Temperatura média em dias mais frios	Utilização de insumo
Variações das Características do Afluente	Variações de Vazão	-

Fonte: Autora, 2020.

Na revisão sistemática da literatura, não foram encontrados número expressivo de trabalhos que abordem no mesmo estudo a seleção de tecnologias de tratamento de esgotos empregando características econômicas, técnicas, sociais e ambientais para definição dos critérios. Levando em consideração essa observação, em função dos dados disponíveis pela comparação quantitativa e qualitativa apresentadas por Von Sperling (2014) que podem ser visualizadas nos anexos 1 e 2 deste trabalho e em conformidade com as recomendações propostas por Campos (2011) foram selecionados inicialmente 16 critérios com características econômicas, técnicas, sociais e ambientais.

Em seguida, consoante a peculiaridade do método apontada por Costa (2016), que uma vez encontrado o Kernel do conjunto de alternativas estudados, o mesmo, não sofre alterações, já que as alternativas pertencentes ao conjunto dominante se completam atingindo o melhor desempenho, dos 16 critérios selecionados, 16 foram considerados para o cenário 1, 10 critérios foram considerados para o cenário 2 e 8 critérios para o cenário 3.

4.3.1 DEFINIÇÃO DOS PESOS E LIMIARES

Os pesos possuem papel importante na resolução de conflitos entre critérios, estes influenciam de maneira decisiva nos resultados obtidos. Uma vez que os pesos devem refletir o mais fielmente possível as preferências do agente decisor.

Para definição dos pesos dos critérios selecionados, foi realizada consulta às profissionais especialistas ligados à área de esgotamento sanitário que atuam na Educação, Saneamento, e Projetistas.

Foram enviados três formulários aos especialistas consultados, onde a técnica utilizada para atribuição de pesos foi a ordenação simples, onde o especialista prioriza os critérios na ordem de sua preferência, associando:

- Cenário 1 (População acima de 50.000 hab.): valor 1 para o critério menos importante e valor 16 ao critério mais importante (Apêndice 1).
- Cenário 2 (População entre 10.000 e 50.000 hab.): valor 1 para o critério menos importante e valor 10 ao critério mais importante (Apêndice 2).
- Cenário 3 (População abaixo de 10.000 hab.): valor 1 para o critério menos importante e valor 8 ao critério mais importante (Apêndice 3).

Como resultado da pesquisa, foram obtidos os pesos de importância associados aos critérios de seleção de tecnologias de tratamento de esgoto para os municípios do Estado de Goiás, por meio da média aritmética e normalização dos pesos obtidos para cada critério respectivamente.

$$\text{Média Aritmética} = \frac{\text{Soma dos pesos de cada critério}}{\text{Quantidade de pesos dos critérios somados}} \quad (27.0)$$

$$N = \frac{a_i}{\sum a_i} \quad (28.0)$$

Onde: N = resultado normalizado do critério i

a_i = valor do critério i antes da normalização

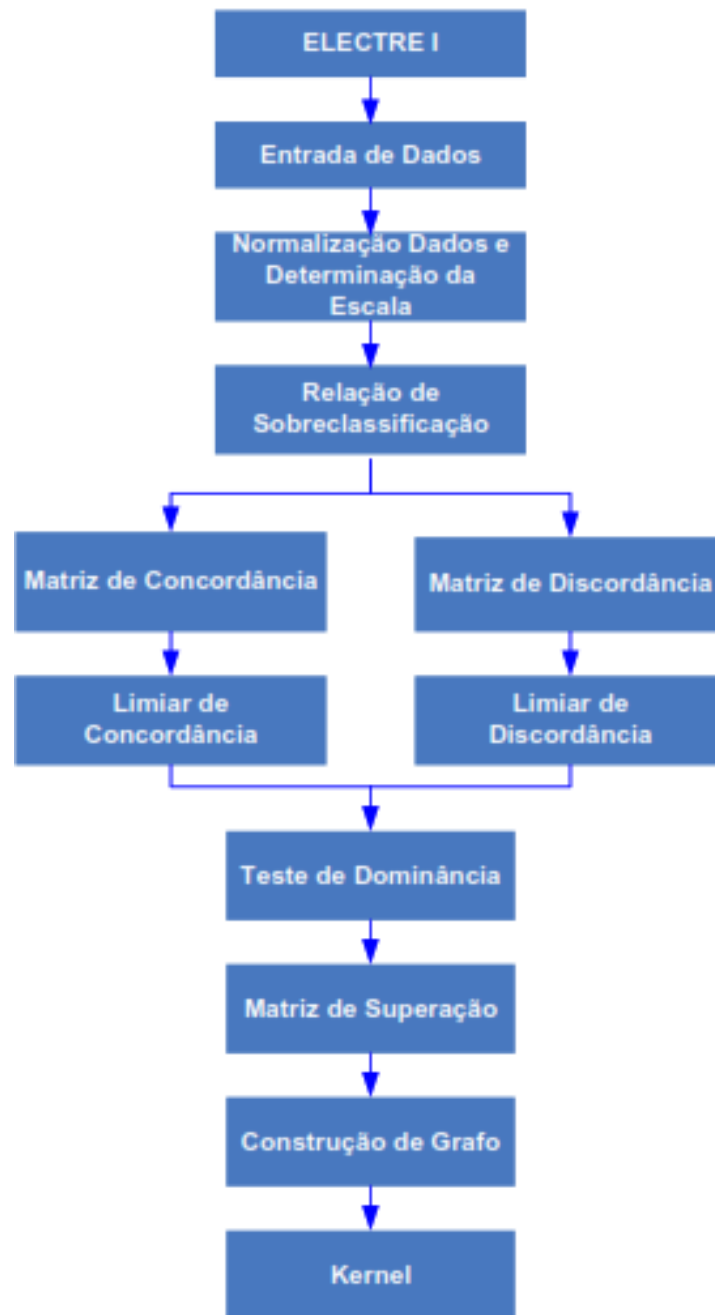
$\sum a_i$ = somatório de todos os valores do critério i

Os limiares de concordância e discordância foram definidos em função da revisão bibliográfica realizada.

4.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE I

A Figura 6 apresentam as etapas de aplicação do método Electre I, utilizadas neste trabalho

Figura 6 – Fluxograma de aplicação método Electre I.



Fonte: Autora, 2020.

Com todos os dados de entrada do modelo disponíveis, foi elaborada uma planilha no software Microsoft Excel para aplicação do modelo. O Quadro 11 exibido na sequência apresenta um modelo de entrada de dados para aplicação do método Electre I. Após a entrada de dados foi definida a máxima diferença entre os critérios e realizada a normalização de todos os valores.

Quadro 11– Exemplo planilha com valores normalizados.

Alternativas	Critérios			
	C1	C2	C3	C4
ALT1	0,0094	0,0000	0,0005	0,0160
ALT2	0,0094	0,0000	0,0004	0,0160
ALT3	0,0413	0,0000	0,0006	0,0214
ALT4	0,0094	0,0000	0,0410	0,0171
ALT5	0,0094	0,0000	0,0308	0,0150
Pesos	0,0858	0,0564	0,0196	0,0613

Fonte: Autora, 2020.

Em seguida foi realizada a relação de sobreclassificação par a par, considerando os conceitos de concordância (Equação 8.0) e discordância (Equação 9.0 e Equação 10.0), onde a concordância consiste na fraca preferência de uma alternativa em relação à outra e a discordância consiste no fato de que não existem critérios em que a intensidade de preferência entre alternativas ultrapasse um limite aceitável.

O Quadro 12 apresenta modelo de matriz de concordância, onde 0,9314 representa o índice de concordância que representa o quanto a Alternativa 1 sobreclassifica a Alternativa 2.

Quadro 12 – Exemplo de matriz de concordância.

	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
ALT1	-	0,9314	0,9510	0,7010	0,6716
ALT2	0,6152	-	1,0000	0,6324	0,6029
ALT3	0,4804	0,6936	-	0,5784	0,5172
ALT4	0,6152	0,6838	0,7451	-	0,8578
ALT5	0,6446	0,7132	0,8064	0,8284	-

Fonte: Autora, 2020.

O Quadro 13 exemplo de matriz de discordância, onde 0,6667 representa o índice de discordância que corresponde ao quão a Alternativa 1 é inferior a Alternativa 2.

Quadro 13– Exemplo de matriz de discordância.

	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
ALT1	-	0,6667	0,6903	0,5000	0,5000
ALT2	0,5000	-	0,6364	0,5000	0,2500
ALT3	0,5000	0,0000	-	0,2500	0,2500
ALT4	1,0000	0,5000	0,7774	-	0,2727
ALT5	1,0000	0,5000	0,7548	0,7500	-

Fonte: Autora, 2020.

Na sequência, definiu-se o limiar de concordância e discordância para realização dos testes de dominância, que neste trabalho foi definido em função da revisão bibliográfica realizada, onde foram atendidas as duas condições estabelecidas na Equação 11.0. Atendidas as duas condições atribui-se o valor “1”, caso contrário atribui-se “0”, gerando a matriz de superação, conforme modelo apresentado na Quadro 14.

Quadro 14 – Exemplo de matriz de superação.

	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5
ALT1	-	0	0	0	0
ALT2	0	-	0	0	1
ALT3	0	1	-	0	0
ALT4	0	0	0	-	1
ALT5	0	0	0	0	-

Fonte: Autora, 2020.

Definida a matriz de superação, foi montado o Kernel (K) que define a seleção do melhor conjunto de alternativas.

4.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para realização da análise de sensibilidade, primeiramente foram atribuídos novos pesos para os critérios adotados, sem alteração dos limiares definidos de $c=0,6$ e $d=0,4$.

Na sequência foram atribuídos linearmente novos valores para os limiares de concordância e discordância sem alteração dos pesos atribuídos pelos especialistas. Foram realizadas análise de sensibilidade para os três cenários definidos para este trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados todos os resultados obtidos e as discussões de aplicação do método Electre I, que possui como objetivo selecionar o menor conjunto composto com as melhores alternativas para os três cenários propostos, bem como as alternativas e os critérios.

5.1 TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ALTERNATIVAS)

As 37 combinações de tecnologias de tratamento de esgoto mais utilizadas no Brasil, destacadas por Von Sperling (2014), selecionadas como alternativas deste trabalho são apresentadas no Quadro 15 e a descrição de cada tecnologia ou combinação de tecnologias foi realizada no item 3.3.2 deste trabalho.

Quadro 15 – Alternativas para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos.

Alternativas	Tecnologias de Tratamento	Alternativas	Tecnologias de Tratamento
A1	Tratamento primário (tanques sépticos)	A20	UASB + filtro anaeróbio
A2	Tratamento primário convencional	A21	UASB + filtro biológico percolador de alta carga
A3	Tratamento primário avançado	A22	UASB + flotação por ar dissolvido
A4	Lagoa facultativa	A23	UASB + lagoas de polimento/maturação
A5	Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	A24	UASB + lagoa aerada facultativa
A6	Lagoa aerada facultativa	A25	UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa decantação
A7	Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação	A26	UASB + escoamento superficial
A8	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoas de maturação	A27	Lodos ativados convencional
A9	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de alta taxa	A28	Lodos ativados - aeração prolongada
A10	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas	A29	Lodos ativados - batelada (aeração prolongada)
A11	Infiltração lenta	A30	Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio
A12	Infiltração rápida	A31	Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio/Fósforo
A13	Escoamento superficial	A32	Lodos ativados convencional + filtração terciária
A14	Sistemas alagados construídos (wetlands)	A33	Filtro biológico percolador de baixa carga

Fonte: Adaptado de Von Sperling 2014.

Quadro 15 – Alternativas para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos (Continuação).

A15	Tanque séptico + filtro anaeróbico	A34	Filtro biológico percolador de alta carga
A16	Tanque séptico + infiltração	A35	Biofiltro aerado submerso com nitrificação
A17	Reator UASB	A36	Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nitrogênio
A18	UASB + lodos ativados	A37	Tanque séptico + biodisco
A19	UASB + biofiltro aerado submerso		

Fonte: Adaptado de Von Sperling 2014.

As 37 alternativas apresentadas no Quadro 15, foram utilizadas na aplicação do método Electre I, para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto para os três cenários propostos.

5.2 CRITÉRIOS

O Quadro 16 apresentam os critérios definidos para estudo com características econômicas, técnicas, social e ambiental com base no levantamento sistemático da literatura.

Quadro 16 – Critérios selecionados para o estudo com características técnica, econômica, social e ambiental.

Característica	Critério	Nomenclatura Cenário 1 (C)	Nomenclatura Cenário 2 (CC)	Nomenclatura Cenário 3 (CCC)
Econômica	Operação e manutenção (R\$/hab.ano)	C1	CC1	CCC1
	Potência Consumida (kWh/hab.ano)	C2	CC2	CCC2
	Demanda por área (m ² /hab)	C3	CC4	-
	Investimento (R\$/hab)	C4	CC3	CCC3
Ambiental	Lodo líquido a ser tratado (L/hab.ano)	C5	CC5	CCC4
	Lodo desidratado a ser disposto (L/hab.ano)	C6	-	-

Fonte: Autora, 2020.

Quadro 16– Critérios selecionados para o estudo com características técnica, econômica, social e ambiental
(Continuação).

Característica	Critério	Nomenclatura Cenário 1 (C)	Nomenclatura Cenário 2 (CC)	Nomenclatura Cenário 3 (CCC)
Social	Odor (menor possibilidade de problemas ambientais)	C7	CC6	-
	Ruído (menor possibilidade de problemas ambientais)	C8	-	-
	Aerossóis (menor possibilidade de problemas ambientais)	C9	-	-
	Atração de insetos (menor possibilidade de problemas ambientais)	C10	CC7	CCC5
Técnica	Confiabilidade	C11	-	-
	Complexidade	C12	CC8	CCC6
	Resistência a variações de vazão	C13	-	-
	Coliformes (eficiência na remoção)	C14	CC9	CCC7
	Nutrientes (eficiência na remoção)	C15	-	-
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (eficiência na remoção)	C16	CC10	CCC8

Fonte: Autora, 2020.

A descrição dos critérios selecionados é exposta a seguir segundo óptica de Von Sperling (2014) e Goffi (2017):

- Operação e manutenção (C1, CC1, CCC1): Os custos relativos à operação e manutenção estão relacionados à gestão das estações de tratamento.
- Potência consumida (C2, CC2, CCC2): Potência consumida pelo sistema de aeração.
- Demanda por área (C3, CC4): Quantidade de área necessária para implantação das tecnologias de tratamento.
- Investimento (C4, CC3, CCC3): Os custos de implementação são compostos pelas despesas monetárias necessárias para construção da estação de tratamento de esgotos.
- Lodo líquido a ser tratado (C5, CC5, CCC4): Volume de lodo gerado durante o processo que deve ser tratado.
- Lodo desidratado a ser disposto (C6): Volume de lodo desidratado a ser disposto.
- Odor (C7, CC6): Geração de odor durante processo de tratamento.

- Ruído (C8): Geração de ruídos durante processo de tratamento.
- Aerossóis (C9): Geração de aerossóis durante processo de tratamento.
- Atração de insetos (C10, CC7, CCC5): Possibilidade de atração de insetos durante processo de tratamento.
- Confiabilidade (C11): Probabilidade de falhas mecânicas de operação e processo, e o impacto das falhas na qualidade do esgoto.
- Complexidade (C12, CC8, CCC6): Nível de habilidade e treinamento exigido do operador, facilidades e dificuldades envolvidas a operações rotineiras e emergenciais recorrentes ao funcionamento e manutenção da instalação.
- Resistência a variações de vazão (C13): Capacidade às variações de vazão do esgoto.
- Coliformes (C14, CC9, CCC7): O processo de desinfecção de esgotos é inativação seletiva de espécies de organismos, principalmente aquelas que ameaçam a saúde humana, observando os padrões de qualidade estabelecidos para remoção de patógenos.
- Nutrientes (C15): Eficiência de remoção de nutrientes.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (C16, CC10, CCC8): A qualidade dos esgotos é definida diretamente pela porcentagem de remoção DBO.

5.3 PESOS E LIMIARES

O Quadro 17 apresentam os pesos dos critérios normalizados atribuídos pelos especialistas consultados com características técnicas, econômicas, sociais e ambientais para o cenário 1. Também é apresentada a direção do vetor para cada critério do cenário 1, o qual está relacionado ao objetivo que deve ser atingido com cada critério.

Quadro 17– Pesos dos critérios normalizados - cenário 1.

Característica	Critério	Nomenclatura	Peso	Direção do Vetor
Econômica	Operação e manutenção	C1	0,0955	Minimização
	Potência Consumida	C2	0,0746	Minimização
	Demanda por área	C3	0,0418	Minimização
	Investimento	C4	0,0701	Minimização
Ambiental	Lodo líquido a ser tratado	C5	0,0791	Minimização
	Lodo desidratado a ser disposto	C6	0,0896	Minimização
Social	Odor	C7	0,0567	Minimização
	Ruído	C8	0,0328	Minimização
	Aerossóis	C9	0,0224	Minimização
	Atração de insetos	C10	0,0448	Minimização
Técnica	Confiabilidade	C11	0,0970	Maximização
	Complexidade	C12	0,0791	Minimização
	Resistência a variações de vazão	C13	0,0418	Maximização
	Coliformes	C14	0,0522	Minimização
	Nutrientes	C15	0,0567	Minimização
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	C16	0,0657	Minimização

Fonte: Autora, 2020.

O Quadro 18 apresenta os pesos dos critérios normalizados atribuídos pelos especialistas e a direção do vetor para cada critério do cenário 2, o qual está relacionado ao objetivo que deve ser atingido com cada critério.

Quadro 18 - Pesos dos critérios normalizados – cenário 2.

Característica	Critério	Nomenclatura	Peso	Direção do Vetor
Econômica	Operação e manutenção	CC1	0,1345	Minimização
	Potência Consumida	CC2	0,1164	Minimização
	Demanda por área	CC4	0,1309	Minimização
	Investimento	CC3	0,0727	Minimização
Ambiental	Lodo líquido a ser tratado	CC5	0,1018	Minimização
Social	Odor	CC6	0,0727	Minimização
	Atração de insetos	CC7	0,0473	Minimização
Técnico	Complexidade	CC8	0,1527	Minimização
	Coliformes	CC9	0,0727	Minimização
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	CC10	0,0982	Minimização

Fonte: Autora, 2020.

O Quadro 19 apresenta os pesos dos critérios normalizados atribuídos pelos especialistas e a direção do vetor para cada critério do cenário 3, o qual está relacionado ao objetivo que deve ser atingido com cada critério.

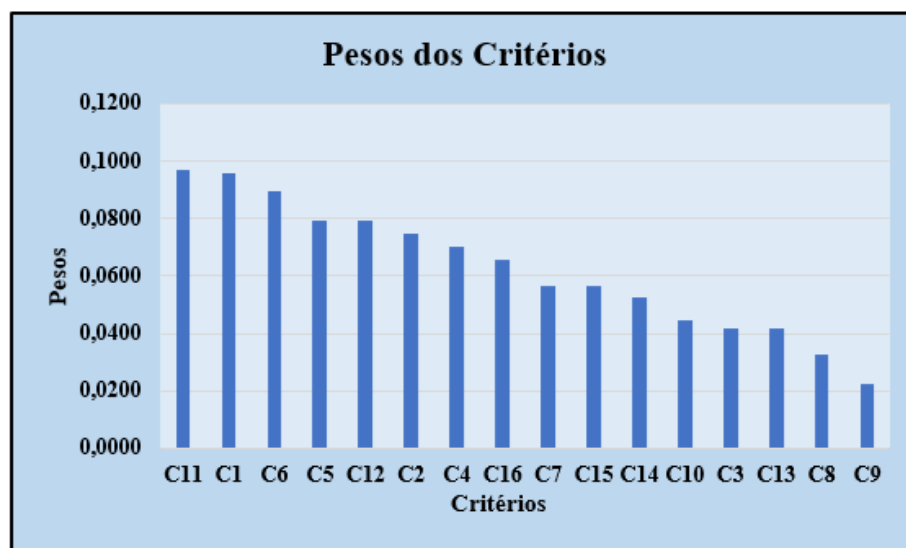
Quadro 19 – Pesos dos critérios normalizados– cenário 3.

Característica	Critério	Nomenclatura	Peso	Direção do Vetor
Econômica	Operação e manutenção	CCC1	0,1722	Minimização
	Potência Consumida	CCC2	0,1389	Minimização
	Investimento	CCC3	0,1500	Minimização
Ambiental	Lodo Líquido a ser tratado	CCC4	0,1167	Minimização
Social	Atração de insetos	CCC5	0,0444	Minimização
Técnico	Complexidade	CCC6	0,1556	Minimização
	Coliformes	CCC7	0,1000	Minimização
	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	CCC8	0,1222	Minimização

Fonte: Autora, 2020.

Para aplicação do método Electre I, é preciso que a soma total dos pesos após normalização, apresente valor igual a 1. Cada valor de peso atribuído representa a preferência do decisor, na Figura 7 é possível visualizar o comportamento de cada critério segundo as preferências dos decisores para o cenário 1.

Figura 7 – Pesos dos critérios normalizados – cenário 1.

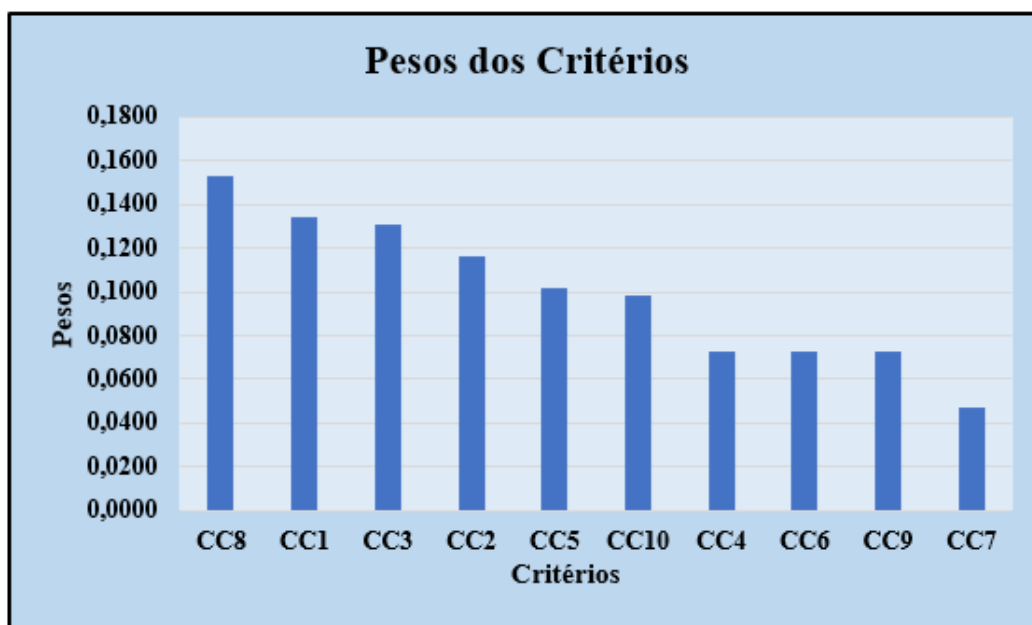


Fonte: Autora, 2020.

Os critérios C5 e C12, C7 e C15, C3 e C13 apresentaram as mesmas médias de pesos respectivamente 0,0791, 0,0567, 0,0418 mostrando que há um equilíbrio nos valores atribuídos aos pesos nas preferências dos especialistas. Já os pesos C1, C2, C4, C6, C8, C9, C10, C14 e C16 apresentaram médias de pesos diferentes. O peso C1 (operação e manutenção) foi o que obteve a maior média dos pesos e o peso C9 (Aerossóis) obteve a menor média dos pesos.

A Figura 8 ilustra em forma de gráfico, a média dos pesos atribuídos aos critérios pelos especialistas para o cenário 2.

Figura 8 – Pesos dos critérios normalizados – cenário 2.

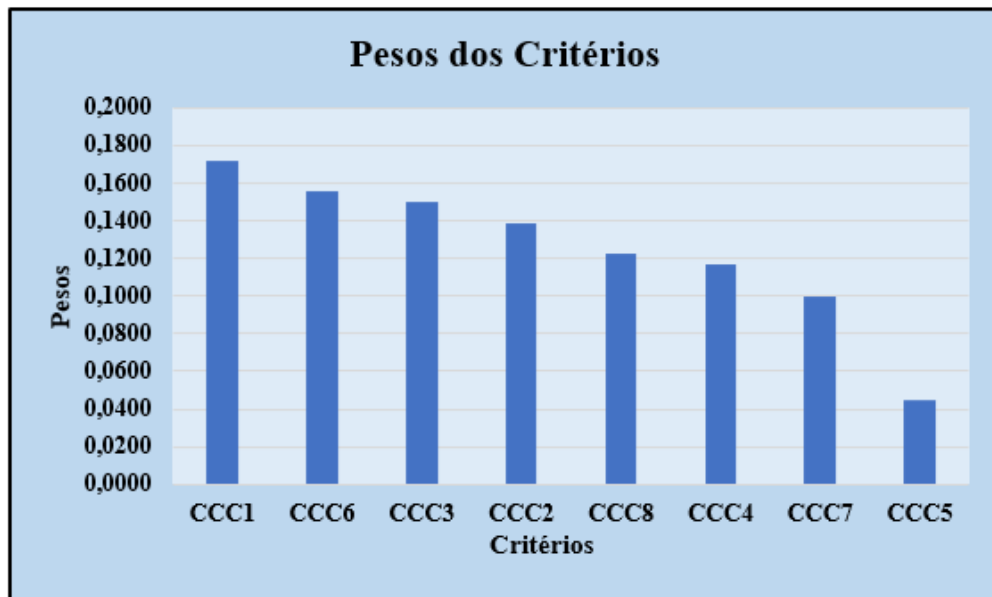


Fonte: Autora, 2020.

Observando a figura 8, o critério que apresentou maior média foi o CC8 (complexidade) e a menor média foi para o critério CC7 (atração de insetos).

A Figura 9 também representa em forma de gráfico a média dos pesos dos critérios atribuídos pelos especialistas para o cenário 3.

Figura 9 – Pesos dos critérios normalizados – cenário 3.



Fonte: Autora, 2020.

O critério CCC1 (operação e manutenção) e o critério CCC5 (atração de insetos) foram os critérios que obtiveram maiores e menores médias de pesos respectivamente para o cenário 3. Observando a atribuição de pesos segundo as preferências dos especialistas, o critério que obteve a maior média dos pesos para os cenários 1 e 3 foi operação e manutenção, já o critério complexidade apresentou maior média de peso para o cenário 2.

Em função da revisão bibliográfica realizada, neste trabalho, foi definido o valor de 0,6 para limiar de concordância (c) e o valor de 0,4 para o limiar de discordância (d), valores também adotados por Andrade (2014) e Araújo (2014).

5.4 CENÁRIO 1: POPULAÇÃO ACIMA DE 50.000 HABITANTES

Definidos os dados necessários a aplicação do método, foram lançados os dados do cenário 1 para cada alternativa referente a cada critério em planilha desenvolvida no Software Excel, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A1	8	0	0	150	360	35	2	4	5	4	4	3	4	1	1	1
A2	8	0	0	150	730	40	2	4	5	3	4	3	4	2	3	2
A3	35	0	0	200	2.500	110	3	4	5	3	4	3	4	2	3	2
A4	8	0	4	160	90	30	4	5	5	2	4	1	4	3	2	3
A5	8	0	3	140	160	60	1	5	5	2	4	1	4	3	2	3
A6	20	18	1	200	220	30	4	1	1	3	4	2	4	3	2	3
A7	20	22	0	200	360	35	3	1	1	2	3	3	3	3	2	3
A8	10	0	5	370	160	60	3	5	5	2	4	1	4	5	3	3
A9	14	2	4	200	160	60	3	2	2	2	4	3	4	5	4	3
A10	14	0	3	200	190	70	3	5	5	2	4	3	4	3	2	4
A11	6	0	50	200	0	0	2	5	6	2	4	2	4	4	4	5
A12	8	0	6	200	0	0	2	5	5	2	4	2	4	4	4	5
A13	10	0	4	200	0	0	2	5	6	2	4	1	4	2	3	4
A14	10	0	5	200	0	0	2	5	5	2	4	1	4	2	2	4
A15	20	0	0	300	1.000	50	2	4	5	4	3	2	3	2	1	3
A16	12	0	2	150	360	35	2	5	5	2	3	2	4	4	4	5
A17	10	0	0	120	220	35	2	4	5	4	3	2	2	2	1	3
A18	30	20	2	250	400	60	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A19	30	20	0	250	400	55	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A20	15	0	0	220	300	50	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A21	18	0	0	250	400	55	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A22	22	12	0	250	470	75	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A23	14	0	3	450	250	35	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A24	20	5	0	250	300	50	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A25	20	8	0	250	300	50	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3

Fonte: VON SPERLING, 2014.

Tabela 5 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 1 (Continuação).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A26	18	0	3	250	220	35	2	5	5	2	4	1	2	5	3	3
A27	40	26	0	300	3.000	90	4	1	6	4	4	5	3	2	3	4
A28	40	35	0	270	2.000	105	5	1	6	4	4	4	4	2	3	5
A29	40	35	0	270	2.000	105	5	1	6	4	4	5	3	2	3	4
A30	50	22	0	400	3.000	90	4	1	6	4	4	5	3	2	3	4
A31	55	22	0	450	3.000	90	4	1	6	4	4	5	3	2	3	4
A32	55	26	0	450	3.100	100	4	1	6	4	4	5	3	2	3	4
A33	30	0	0	300	1.100	80	4	4	4	2	4	3	3	2	3	4
A34	30	0	0	300	1.900	80	4	4	4	3	4	3	4	2	2	4
A35	35	26	0	250	3.000	90	5	2	5	4	4	4	3	2	2	5
A36	35	22	0	300	3.000	90	5	2	5	4	4	4	3	2	2	5
A37	30	0	0	300	1.500	75	4	4	5	3	3	3	3	2	2	4

Fonte: VON SPERLING, 2014.

Utilizando a equação 28.0, foi realizada a normalização dos dados de entrada. A normalização foi realizada dividindo o índice pela soma do critério indicado, conforme apresentado na Tabela 6.

$$N_{1,1} = 8/848$$

$$N_{1,1} = \mathbf{0,0094}$$

Tabela 6 – Dados de entrada normalizados cenário 1.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A1	0,0094	0,0000	0,0005	0,0160	0,0100	0,0166	0,0185	0,0294	0,0278	0,0396	0,0280	0,0333	0,0342	0,0085	0,0101	0,0077
A2	0,0094	0,0000	0,0004	0,0160	0,0202	0,0190	0,0185	0,0294	0,0278	0,0297	0,0280	0,0333	0,0342	0,0171	0,0303	0,0154
A3	0,0413	0,0000	0,0006	0,0214	0,0692	0,0521	0,0278	0,0294	0,0278	0,0297	0,0280	0,0333	0,0342	0,0171	0,0303	0,0154
A4	0,0094	0,0000	0,0410	0,0171	0,0025	0,0142	0,0370	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0342	0,0256	0,0202	0,0231
A5	0,0094	0,0000	0,0308	0,0150	0,0044	0,0284	0,0093	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0342	0,0256	0,0202	0,0231
A6	0,0236	0,0561	0,0051	0,0214	0,0061	0,0142	0,0370	0,0074	0,0056	0,0297	0,0280	0,0222	0,0342	0,0256	0,0202	0,0231
A7	0,0236	0,0685	0,0041	0,0214	0,0100	0,0166	0,0278	0,0074	0,0056	0,0198	0,0210	0,0333	0,0256	0,0256	0,0202	0,0231
A8	0,0118	0,0000	0,0513	0,0396	0,0044	0,0284	0,0278	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0342	0,0427	0,0303	0,0231
A9	0,0165	0,0062	0,0359	0,0214	0,0044	0,0284	0,0278	0,0147	0,0111	0,0198	0,0280	0,0333	0,0342	0,0427	0,0404	0,0231
A10	0,0165	0,0000	0,0328	0,0214	0,0053	0,0332	0,0278	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0333	0,0342	0,0256	0,0202	0,0308
A11	0,0071	0,0000	0,5126	0,0214	0,0000	0,0000	0,0185	0,0368	0,0333	0,0198	0,0280	0,0222	0,0342	0,0342	0,0404	0,0385
A12	0,0094	0,0000	0,0615	0,0214	0,0000	0,0000	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0222	0,0342	0,0342	0,0404	0,0385
A13	0,0118	0,0000	0,0359	0,0214	0,0000	0,0000	0,0185	0,0368	0,0333	0,0198	0,0280	0,0111	0,0342	0,0171	0,0303	0,0308
A14	0,0118	0,0000	0,0513	0,0214	0,0000	0,0000	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0342	0,0171	0,0202	0,0308
A15	0,0236	0,0000	0,0036	0,0321	0,0277	0,0237	0,0185	0,0294	0,0278	0,0396	0,0210	0,0222	0,0256	0,0171	0,0101	0,0231
A16	0,0142	0,0000	0,0154	0,0160	0,0100	0,0166	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0210	0,0222	0,0342	0,0342	0,0404	0,0385
A17	0,0118	0,0000	0,0010	0,0128	0,0061	0,0166	0,0185	0,0294	0,0278	0,0396	0,0210	0,0222	0,0171	0,0171	0,0101	0,0231
A18	0,0354	0,0623	0,0205	0,0267	0,0111	0,0284	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A19	0,0354	0,0623	0,0015	0,0267	0,0111	0,0261	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A20	0,0177	0,0000	0,0015	0,0235	0,0083	0,0237	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A21	0,0212	0,0000	0,0021	0,0267	0,0111	0,0261	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A22	0,0259	0,0374	0,0015	0,0267	0,0130	0,0355	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A23	0,0165	0,0000	0,0256	0,0481	0,0069	0,0166	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A24	0,0236	0,0156	0,0031	0,0267	0,0083	0,0237	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A25	0,0236	0,0249	0,0031	0,0267	0,0083	0,0237	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 6 – Dados de entrada normalizados cenário 1 (Continuação).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A26	0,0212	0,0000	0,0308	0,0267	0,0061	0,0166	0,0185	0,0368	0,0278	0,0198	0,0280	0,0111	0,0171	0,0427	0,0303	0,0231
A27	0,0472	0,0810	0,0026	0,0321	0,0830	0,0427	0,0370	0,0074	0,0333	0,0396	0,0280	0,0556	0,0256	0,0171	0,0303	0,0308
A28	0,0472	0,1090	0,0026	0,0289	0,0553	0,0498	0,0463	0,0074	0,0333	0,0396	0,0280	0,0444	0,0342	0,0171	0,0303	0,0385
A29	0,0472	0,1090	0,0026	0,0289	0,0553	0,0498	0,0463	0,0074	0,0333	0,0396	0,0280	0,0556	0,0256	0,0171	0,0303	0,0308
A30	0,0590	0,0685	0,0026	0,0428	0,0830	0,0427	0,0370	0,0074	0,0333	0,0396	0,0280	0,0556	0,0256	0,0171	0,0303	0,0308
A31	0,0649	0,0685	0,0026	0,0481	0,0830	0,0427	0,0370	0,0074	0,0333	0,0396	0,0280	0,0556	0,0256	0,0171	0,0303	0,0308
A32	0,0649	0,0810	0,0031	0,0481	0,0858	0,0474	0,0370	0,0074	0,0333	0,0396	0,0280	0,0556	0,0256	0,0171	0,0303	0,0308
A33	0,0354	0,0000	0,0031	0,0321	0,0304	0,0379	0,0370	0,0294	0,0222	0,0198	0,0280	0,0333	0,0256	0,0171	0,0303	0,0308
A34	0,0354	0,0000	0,0026	0,0321	0,0526	0,0379	0,0370	0,0294	0,0222	0,0297	0,0280	0,0333	0,0342	0,0171	0,0202	0,0308
A35	0,0413	0,0810	0,0015	0,0267	0,0830	0,0427	0,0463	0,0147	0,0278	0,0396	0,0280	0,0444	0,0256	0,0171	0,0202	0,0385
A36	0,0413	0,0685	0,0015	0,0321	0,0830	0,0427	0,0463	0,0147	0,0278	0,0396	0,0280	0,0444	0,0256	0,0171	0,0202	0,0385
A37	0,0354	0,0000	0,0021	0,0321	0,0415	0,0355	0,0370	0,0294	0,0278	0,0297	0,0210	0,0333	0,0256	0,0171	0,0202	0,0308

Fonte: Autora, 2020.

Para determinar as matrizes de concordância e discordância, primeiro é necessário a determinação da escala (δ) de cada critério, subtraindo o maior valor pelo menor valor de cada critério. A Tabela 7 apresenta os valores obtidos de cada δ .

$$\delta_1 = 0,06486 - 0,0071 = \mathbf{0,0578}$$

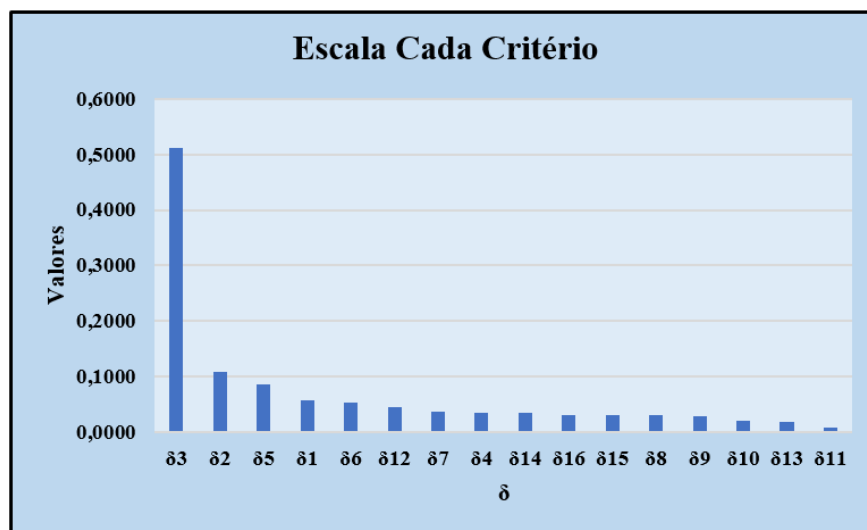
Tabela 7 – Valores de escala de cada critério cenário 1.

Escala	Valor	Escala	Valor
δ_1	0,0578	δ_9	0,0278
δ_2	0,1090	δ_{10}	0,0198
δ_3	0,5121	δ_{11}	0,0070
δ_4	0,0353	δ_{12}	0,0444
δ_5	0,0858	δ_{13}	0,0171
δ_6	0,0521	δ_{14}	0,0342
δ_7	0,0370	δ_{15}	0,0303
δ_8	0,0294	δ_{16}	0,0308

Fonte: Autora, 2020.

A Figura 10 apresenta graficamente os valores obtidos das 16 escalas.

Figura 10 – Escala de cada critério cenário 1.



Fonte: Autora, 2020.

Conforme pode ser observado na Tabela 7 e na Figura 10, a escala δ_3 referente ao critério demanda de área é a que apresenta maior dispersão entre os valores, já a escala δ_{11} que representa o critério confiabilidade apresentou a menor dispersão entre as escalas calculadas.

O valor da escala (δ) de cada critério é importante uma vez que pode influenciar na determinação do índice de discordância utilizado na matriz de discordância, empregada na relação de superação entre as alternativas, uma vez que o valor da escala (δ) está no denominador da equação (Equação 9.0).

Na sequência, foi utilizada a equação 8.0 para calcular os índices de concordância, onde são somados os pesos dos critérios nos quais a alternativa “A1” supera a “A2”, como mostra a Tabela 8.

$$C_{1,2} = SE(0.0094 \leq 0.0094, 0.0955) + SE(0.0000 \leq 0.0000, 0.0746) + SE(0.0005 \leq 0.0004, 0.0418) + SE(0.0160 \leq 0.0160, 0.0701) + SE(0.100 \leq 0.0202, 0.0791) + SE(0.0166 \leq 0.0190, 0.0896) + SE(0.0185 \leq 0.0185, 0.0567) + SE(0.0294 \leq 0.294, 0.0328) + SE(0.0278 \leq 0.0278, 0.0224) + SE(0.0396 \leq 0.0297, 0.0448) + SE(0.0280 \geq 0.0280, 0.0970) + SE(0.0333 \leq 0.0333, 0.0791) + SE(0.0342 \leq 0.0342, 0.0418) + SE(0.0085 \leq 0.0171, 0.0522) + SE(0.0101 \leq 0.0303, 0.0567) + SE(0.0077 \leq 0.0154, 0.0657)$$

$$C_{1,2} = \mathbf{0,9134}$$

Tabela 8 – Matriz de concordância cenário 1.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0,9134	0,9552	0,7075	0,6701	0,6522	0,9000	0,7970	0,8209	0,8761	0,6119	0,7075	0,7075	0,7075	0,9209	0,8761	0,7716	0,8761	0,8761
A2	0,6567	-	1,0000	0,6507	0,6134	0,6403	0,6746	0,7970	0,8209	0,8194	0,6119	0,7075	0,7075	0,6507	0,8642	0,7075	0,6254	0,7970	0,7970
A3	0,4821	0,6567	-	0,5746	0,5179	0,6343	0,5716	0,7015	0,7254	0,7239	0,6448	0,6448	0,6448	0,5881	0,5358	0,4776	0,4657	0,6448	0,6448
A4	0,6239	0,6806	0,7507	-	0,8313	0,9030	0,8463	0,9433	0,8463	0,9015	0,6791	0,7746	0,6806	0,7224	0,7597	0,8313	0,6896	0,9015	0,9015
A5	0,6612	0,7179	0,8075	0,8313	-	0,8134	0,8134	1,0000	0,9448	1,0000	0,7358	0,8313	0,7791	0,7791	0,7269	0,8687	0,6567	0,9582	0,8687
A6	0,4866	0,5433	0,7090	0,5567	0,5000	-	0,8567	0,5701	0,6493	0,6493	0,5597	0,5597	0,4284	0,4284	0,7179	0,6582	0,5522	0,8194	0,7776
A7	0,3478	0,4045	0,6269	0,3731	0,4060	0,5388	-	0,5328	0,6119	0,6119	0,3866	0,3866	0,3343	0,3343	0,6388	0,5821	0,3940	0,6925	0,6507
A8	0,4388	0,4955	0,7373	0,5149	0,6269	0,6343	0,4955	-	0,8328	0,7791	0,5567	0,5567	0,6104	0,5955	0,4612	0,5925	0,4612	0,7896	0,7000
A9	0,3970	0,3970	0,7090	0,4030	0,4731	0,6254	0,7045	0,6940	-	0,7746	0,4731	0,4731	0,4164	0,4164	0,5493	0,4403	0,3836	0,7657	0,6761
A10	0,4388	0,4955	0,8075	0,5209	0,4224	0,6687	0,7478	0,5910	0,7104	-	0,6000	0,6000	0,5478	0,5478	0,5254	0,5672	0,3597	0,6672	0,6672
A11	0,6582	0,6582	0,7284	0,6119	0,5552	0,7284	0,7284	0,7343	0,8373	0,7612	-	0,9358	0,7045	0,6821	0,7284	0,8657	0,6582	0,7343	0,7343
A12	0,6806	0,6806	0,7507	0,6343	0,5776	0,5776	0,7284	0,7567	0,8373	0,7836	0,9045	-	0,7045	0,7045	0,7507	0,8881	0,6806	0,7567	0,7567
A13	0,5627	0,6716	0,8373	0,6896	0,5910	0,7806	0,7806	0,9119	0,8791	0,8791	0,9045	0,8821	-	0,9209	0,7806	0,8657	0,7104	0,8701	0,8701
A14	0,5851	0,6940	0,8597	0,7269	0,6701	0,8373	0,8373	0,9343	0,8373	0,9582	0,9045	0,9045	0,9582	-	0,8030	0,8881	0,7328	0,8925	0,8925
A15	0,3672	0,3746	0,6388	0,4030	0,4358	0,5224	0,6612	0,5627	0,5164	0,5716	0,4821	0,4821	0,4030	0,4030	-	0,5791	0,6239	0,6299	0,5881
A16	0,5582	0,5582	0,6537	0,3851	0,3478	0,4627	0,7284	0,5269	0,7030	0,6493	0,6388	0,6388	0,3851	0,3851	0,7507	-	0,5060	0,7015	0,6597
A17	0,6060	0,6134	0,7090	0,4731	0,5060	0,6716	0,8582	0,6582	0,6821	0,7373	0,5522	0,5522	0,5687	0,5687	0,9582	0,9134	-	0,7791	0,7791
A18	0,3000	0,4358	0,6209	0,4403	0,4731	0,3433	0,4179	0,7090	0,5836	0,5299	0,4970	0,4970	0,4970	0,4403	0,5149	0,4552	0,4075	-	0,8687
A19	0,3000	0,4358	0,6209	0,4403	0,4731	0,3851	0,4597	0,7090	0,5836	0,5299	0,4970	0,4970	0,4970	0,4403	0,5567	0,4970	0,4075	1,0000	-
A20	0,4537	0,5104	0,6955	0,5149	0,5478	0,5552	0,6343	0,7836	0,6582	0,6045	0,5716	0,5716	0,5716	0,5149	0,8164	0,6507	0,4821	1,0000	1,0000
A21	0,3746	0,5104	0,6955	0,5149	0,5478	0,5552	0,5552	0,7836	0,6582	0,6045	0,5716	0,5716	0,5716	0,5149	0,7269	0,5716	0,4821	1,0000	0,9582
A22	0,3000	0,4358	0,6209	0,4403	0,3836	0,4597	0,6194	0,6194	0,4403	0,4403	0,4970	0,4970	0,4970	0,4403	0,5567	0,4970	0,4075	0,8313	0,8313

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 8 – Matriz de concordância cenário 1 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A23	0,5433	0,6000	0,6955	0,5149	0,5478	0,5134	0,6821	0,7134	0,7537	0,7000	0,5716	0,5716	0,5716	0,5149	0,7045	0,6985	0,5716	0,8881	0,8881
A24	0,3791	0,4358	0,6209	0,4403	0,4731	0,5552	0,6343	0,7090	0,5836	0,5299	0,4970	0,4970	0,4970	0,4403	0,7418	0,5761	0,4075	1,0000	0,9582
A25	0,3791	0,4358	0,6209	0,4403	0,4731	0,5552	0,6343	0,7090	0,5836	0,5299	0,4970	0,4970	0,4970	0,4403	0,7418	0,5761	0,4075	1,0000	0,9582
A26	0,5433	0,6000	0,6955	0,5149	0,5478	0,5925	0,6821	0,7836	0,6582	0,6045	0,5716	0,5716	0,5716	0,5149	0,7746	0,6985	0,6507	0,9582	0,9582
A27	0,1746	0,2388	0,3284	0,2806	0,2239	0,2806	0,2657	0,3507	0,2806	0,2896	0,3687	0,3463	0,3687	0,2896	0,3806	0,3463	0,2687	0,3224	0,2806
A28	0,2164	0,2806	0,4493	0,2657	0,2657	0,2657	0,2657	0,3925	0,3224	0,2657	0,4104	0,3881	0,3448	0,2657	0,3806	0,3881	0,2687	0,3224	0,2806
A29	0,1746	0,2388	0,4075	0,2239	0,2239	0,2239	0,2657	0,3507	0,2806	0,2896	0,3687	0,3463	0,3687	0,2896	0,3806	0,3463	0,2687	0,3224	0,2806
A30	0,1746	0,2388	0,3284	0,2806	0,2239	0,2806	0,3403	0,2806	0,2806	0,2896	0,3687	0,3463	0,3687	0,2896	0,3104	0,3463	0,2687	0,3224	0,2806
A31	0,1746	0,2388	0,3284	0,2806	0,2239	0,2806	0,3403	0,2806	0,2806	0,2896	0,3687	0,3463	0,3687	0,2896	0,3104	0,3463	0,2687	0,3224	0,2806
A32	0,1746	0,2388	0,3284	0,2806	0,2239	0,2806	0,2657	0,2806	0,2806	0,2896	0,3687	0,3463	0,3687	0,2896	0,3104	0,3463	0,2687	0,3224	0,2806
A33	0,3507	0,4597	0,7239	0,4224	0,3657	0,3672	0,4313	0,4925	0,4463	0,5104	0,4881	0,4881	0,4881	0,4313	0,4776	0,4881	0,3657	0,5597	0,5179
A34	0,3925	0,5015	0,7657	0,4761	0,4194	0,4657	0,4433	0,4896	0,4433	0,5642	0,4851	0,4851	0,4851	0,4851	0,4776	0,4851	0,3657	0,5149	0,4731
A35	0,1970	0,2612	0,4463	0,3030	0,3030	0,2478	0,2896	0,3731	0,2806	0,3030	0,3687	0,3687	0,3030	0,3030	0,4030	0,3687	0,2910	0,4149	0,4149
A36	0,1970	0,2612	0,4463	0,3030	0,3030	0,2478	0,3642	0,3731	0,2806	0,3030	0,3687	0,3687	0,3030	0,3030	0,4030	0,3687	0,2910	0,3448	0,3448
A37	0,3925	0,5015	0,7657	0,4761	0,4194	0,4657	0,4433	0,4896	0,4433	0,5642	0,4851	0,4851	0,4851	0,4851	0,4776	0,4851	0,3239	0,4731	0,4313

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 8 – Matriz de concordância cenário 1 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	0,7970	0,8761	0,8761	0,7970	0,7970	0,7970	0,7970	0,9672	0,9672	0,9672	0,9672	0,9672	0,9672	0,9328	0,9328	0,9672	0,9672	0,9552
A2	0,7970	0,7970	0,7970	0,7075	0,7970	0,7970	0,7075	0,9672	0,9672	0,9672	0,9672	0,9672	0,9672	0,9328	0,9209	0,9104	0,9104	0,9433
A3	0,6448	0,6448	0,6448	0,6448	0,6448	0,6448	0,6448	0,9672	0,8881	0,8881	0,9672	0,9672	0,9672	0,7582	0,7463	0,9104	0,9104	0,6716
A4	0,9015	0,9015	0,9015	0,9015	0,9015	0,9015	0,9015	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8507	0,8507	0,8731	0,8731	0,8731
A5	0,8687	0,8687	0,9582	0,8687	0,8687	0,8687	0,9104	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8507	0,8507	0,8731	0,8731	0,8731
A6	0,6075	0,6075	0,7030	0,6493	0,7030	0,7030	0,6493	0,9060	0,9060	0,9060	0,9060	0,9060	0,9060	0,7866	0,8313	0,9060	0,9060	0,8313
A7	0,4761	0,5552	0,6507	0,5179	0,5716	0,5716	0,5179	0,8090	0,7672	0,8090	0,8090	0,8090	0,8090	0,7343	0,6925	0,8090	0,8090	0,8313
A8	0,7000	0,7000	0,7896	0,7701	0,7000	0,7000	0,7000	0,7612	0,8030	0,7612	0,8313	0,8313	0,8313	0,7388	0,7239	0,7045	0,7045	0,6075
A9	0,6015	0,6015	0,7657	0,6015	0,6761	0,6761	0,6015	0,8164	0,8164	0,8164	0,8164	0,8164	0,8164	0,7746	0,7746	0,8493	0,8493	0,7746
A10	0,6672	0,6672	0,7567	0,6672	0,6672	0,6672	0,6672	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8507	0,8507	0,8731	0,8731	0,8731
A11	0,7343	0,7343	0,7343	0,7343	0,7343	0,7343	0,7343	0,7507	0,8164	0,7507	0,7507	0,7507	0,7507	0,7284	0,7284	0,7940	0,7940	0,7284
A12	0,7567	0,7567	0,7567	0,7567	0,7567	0,7567	0,7567	0,7507	0,8164	0,7507	0,7507	0,7507	0,7507	0,7284	0,7284	0,8164	0,8164	0,7507
A13	0,8701	0,8701	0,8701	0,8701	0,8701	0,8701	0,8701	0,9254	0,9254	0,9254	0,9254	0,9254	0,9254	0,9030	0,8463	0,8463	0,8463	0,8463
A14	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925	0,8925	0,9254	0,9254	0,9254	0,9254	0,9254	0,9254	0,9030	0,9030	0,9254	0,9254	0,9254
A15	0,4925	0,4925	0,5881	0,5149	0,5881	0,5881	0,4448	0,8284	0,7164	0,7582	0,8284	0,8284	0,8284	0,7940	0,7522	0,7582	0,8284	0,9134
A16	0,5806	0,6597	0,6597	0,6224	0,5806	0,5806	0,6224	0,6537	0,7194	0,6537	0,6537	0,6537	0,6537	0,6313	0,6313	0,7194	0,7194	0,7507
A17	0,7791	0,7791	0,7791	0,7791	0,7791	0,7791	0,7791	0,8284	0,8284	0,8284	0,8284	0,8284	0,8284	0,7940	0,7940	0,8284	0,8284	0,9134
A18	0,5493	0,6985	0,7881	0,6612	0,6194	0,6194	0,6612	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,7343	0,6776	0,7746	0,7746	0,7000
A19	0,5910	0,8299	0,8299	0,6612	0,6612	0,6612	0,6612	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,7761	0,7194	0,8164	0,8164	0,7418
A20	-	1,0000	1,0000	0,7358	1,0000	1,0000	0,8313	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8507	0,7940	0,8164	0,8164	0,8164
A21	0,6239	-	0,9582	0,7358	0,8313	0,8313	0,8313	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8507	0,7940	0,7746	0,7746	0,8164
A22	0,5910	0,6612	-	0,6612	0,6612	0,6612	0,6612	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,8731	0,7761	0,7194	0,8164	0,8164	0,7418

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 8 – Matriz de concordância cenário 1 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A23	0,8881	0,8881	0,8881	-	0,8881	0,8881	0,8507	0,7612	0,7612	0,7612	0,7612	0,8313	0,8313	0,7388	0,6821	0,7045	0,7045	0,7045
A24	0,7179	0,7881	0,9582	0,6612	-	1,0000	0,6612	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8731	0,7761	0,6776	0,7746	0,7746	0,7000
A25	0,7179	0,7881	0,9582	0,6612	0,9254	-	0,6612	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8731	0,7761	0,6776	0,7746	0,7746	0,7000
A26	0,7925	0,9582	0,9582	0,8627	0,9582	0,9582	-	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8313	0,8090	0,7522	0,7746	0,7746	0,7746
A27	0,2806	0,2806	0,2806	0,3925	0,3224	0,3224	0,3224	-	0,7299	0,8507	0,9254	0,9254	1,0000	0,5149	0,4164	0,6343	0,6299	0,4164
A28	0,2806	0,2806	0,2806	0,3925	0,3224	0,3224	0,3224	0,7134	-	0,9343	0,7134	0,7134	0,7134	0,3925	0,3358	0,5493	0,6194	0,2940
A29	0,2806	0,2806	0,2806	0,3925	0,3224	0,3224	0,3224	0,7791	0,8791	-	0,7791	0,7791	0,7791	0,4582	0,3597	0,4701	0,5403	0,3597
A30	0,2806	0,2806	0,2806	0,3925	0,3224	0,3224	0,3224	0,8343	0,6343	0,7552	-	1,0000	1,0000	0,4448	0,3463	0,6343	0,6343	0,3463
A31	0,2806	0,2806	0,2806	0,3925	0,3224	0,3224	0,3224	0,8343	0,6343	0,7552	0,8343	-	1,0000	0,4448	0,3463	0,6343	0,6343	0,3463
A32	0,2806	0,2806	0,2806	0,3925	0,3224	0,3224	0,3224	0,6239	0,5925	0,7134	0,5493	0,7149	-	0,4448	0,3045	0,4657	0,3910	0,3463
A33	0,4224	0,4224	0,4224	0,5343	0,4642	0,4642	0,4642	0,9254	0,8134	0,8552	0,9254	0,9254	0,9672	-	0,8597	0,7985	0,8687	0,8119
A34	0,3776	0,3776	0,3776	0,4896	0,4194	0,4194	0,4194	0,9672	0,8970	0,8970	0,9672	0,9672	0,9672	0,8761	-	0,8552	0,9254	0,7896
A35	0,3448	0,4149	0,4149	0,4149	0,4149	0,4149	0,4149	0,8448	0,8463	0,8224	0,7701	0,7701	0,8448	0,3925	0,3507	-	0,9254	0,4149
A36	0,3448	0,3448	0,3448	0,4149	0,3448	0,3448	0,3448	0,8448	0,7761	0,7522	0,8448	0,8448	0,8448	0,3925	0,3507	0,9299	-	0,4149
A37	0,3358	0,3776	0,4254	0,4478	0,3776	0,3776	0,3776	0,9672	0,8970	0,8970	0,9672	0,9672	0,9672	0,8537	0,9776	0,8552	0,9254	-

Fonte: Autora, 2020.

Foi utilizada a equação 9.0 para determinar o índice de discordância, através da máxima diferença elemento a elemento das avaliações dividido pela escala (δ), como mostra a Tabela 9.

$$D_{(1,2)} = \max(0,0094-0,0094/0,0578; 0,0000-0,0000/0,1090; 0,0004-0,0005/0,5121; 0,0160-0,0160/0,0353; 0,00202-0,0100/0,0858; 0,0190-0,0166/0,0521; 0,0185-0,0185/0,0370; 0,0294-0,0294/0,0294; 0,0278-0,0278/0,0278; 0,0297-0,0396/0,0198; 0,0280-0,0280/0,0070; 0,0333-0,0333/0,0444; 0,0342-0,0342/0,0171; 0,0171-0,0085/0,0342; 0,0303-0,0303/0,0303; 0,0154-0,0077/0,0308)$$

$$\mathbf{D_{(1,2)} = 0,6667}$$

Tabela 9 - Matriz de discordância cenário 1.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0,6667	0,6903	0,5000	0,5000	0,5143	0,6286	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000
A2	0,5000	-	0,6364	0,5000	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	1,0000	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500
A3	0,5000	0,0000	-	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,9996	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500
A4	1,0000	0,5000	0,7774	-	0,2727	0,5143	0,6286	0,6364	0,6667	0,5000	0,9207	0,6667	0,3333	0,2500	1,0000	0,6667	1,0000	0,5714	0,5714
A5	1,0000	0,5000	0,7548	0,7500	-	0,7500	0,6286	0,6970	0,6667	0,5000	0,9408	0,6667	0,3333	0,2500	1,0000	0,6667	1,0000	0,5714	0,5714
A6	0,8000	0,8000	0,8000	1,0000	1,0000	-	0,2500	1,0000	0,6667	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8000	1,0000	0,8000	1,0000	1,0000
A7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A8	1,0000	0,5000	0,7548	0,2500	0,0000	0,5143	0,5143	-	0,5000	0,5000	0,9007	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A9	1,0000	0,6000	0,7548	0,7500	0,7500	0,5000	0,5714	0,7500	-	0,7500	0,9307	0,7500	0,8000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	0,7500
A10	1,0000	0,5000	0,7452	0,2500	0,0000	0,5143	0,6286	0,5152	0,6667	-	0,9367	0,6667	0,3333	0,0360	1,0000	0,6667	1,0000	0,5714	0,5714
A11	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	0,5455	0,5143	0,6286	0,5455	0,5455	0,6364	-	0,0408	0,0816	0,0816	1,0000	0,3182	1,0000	0,5714	0,5714
A12	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	0,5455	0,5143	0,6286	0,5455	0,5455	0,6364	0,8807	-	0,2000	0,0408	1,0000	0,3182	1,0000	0,5714	0,5714
A13	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	0,5455	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,6364	0,9307	0,5000	-	0,0300	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A14	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	0,5455	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,6364	0,9007	0,6667	0,3333	-	1,0000	0,6667	1,0000	0,7500	0,7500
A15	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	1,0000	0,0000	1,0000	1,0000
A16	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	1,0000	1,0000	1,0000
A17	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	-	1,0000	1,0000
A18	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-
A19	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0455
A20	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5714
A21	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5714
A22	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,2286
A23	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5714

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 9 - Matriz de discordância cenário 1 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	
A24	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4286	0,4286
A25	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3429	0,3429
A26	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5714	0,5714
A27	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,5000	0,2500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000
A28	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,2500	0,2500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000
A29	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,5000	0,2500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000
A30	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,5000	0,2500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000
A31	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,5000	0,2500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000
A32	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,5000	0,2500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000
A33	1,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,9948	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500	0,7500
A34	0,5000	0,3333	0,3333	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,6667	0,4000	0,2500	0,5000	0,6667	0,5000	0,7500	0,7500	0,7500
A35	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000	0,2500	0,7500	0,7500	0,7500	0,9978	0,7500	0,7500	0,7500	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500	0,7500
A36	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000	0,2500	0,7500	0,7500	0,7500	0,9978	0,7500	0,7500	0,7500	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500	0,7500
A37	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,6286	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6667	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 9 - Matriz de discordância cenário 1 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8516	1,0000	1,0000	0,8571	0,9592	0,9592	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500
A2	0,7500	0,7500	0,7500	0,9091	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,8571	0,9592	0,9592	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A3	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,7576	0,7576	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A4	0,5000	0,5000	0,5000	0,8788	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5839	1,0000	1,0000	0,5000
A5	0,5000	0,5000	0,5000	0,9394	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500
A6	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	0,8968	0,8968	0,8000
A7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8000
A8	0,1020	0,1633	0,3429	0,2424	0,2041	0,2286	0,1633	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5613	1,0000	1,0000	0,5000
A9	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5613	1,0000	1,0000	0,6000
A10	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3333	0,5516	1,0000	1,0000	0,5000
A11	0,4545	0,5000	0,6818	0,7576	0,4545	0,4545	0,3182	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7273	0,7273	1,0000	1,0000	0,6818
A12	0,4545	0,5000	0,6818	0,7576	0,4545	0,4545	0,3182	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7273	0,7273	1,0000	1,0000	0,6818
A13	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7273	0,7273	1,0000	1,0000	0,6818
A14	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7273	0,7273	1,0000	1,0000	0,6818
A15	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A16	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A17	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5455
A18	0,0000	0,0000	0,1364	0,6061	0,0000	0,0000	0,0200	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A19	0,0000	0,0010	0,1818	0,6061	0,0030	0,0030	0,0570	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A20	-	0,0909	0,3429	0,6970	0,1429	0,2286	0,0909	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A21	0,0000	-	0,3429	0,6061	0,1429	0,2286	0,0560	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A22	0,0000	0,0010	-	0,6061	0,0030	0,0030	0,0570	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A23	0,1364	0,1818	0,3636	-	0,1429	0,2286	0,0816	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 9 - Matriz de discordância cenário 1 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A24	0,0000	0,0455	0,2273	0,6061	-	0,0857	0,0540	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A25	0,0000	0,0455	0,2273	0,6061	0,0000	-	0,0540	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A26	0,1364	0,1818	0,3636	0,6061	0,1429	0,2286	-	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000
A27	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	0,5000	0,2571	0,3030	0,4545	0,4545	0,7500	0,7500	0,2500	0,2500	0,7500
A28	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3226	-	0,2500	0,3939	0,5455	0,5455	0,7500	0,7500	0,3226	0,3226	0,7500
A29	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3226	0,5000	-	0,3939	0,5455	0,5455	0,7500	0,7500	0,3226	0,3226	0,7500
A30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,1143	0,5000	0,3714	-	0,1515	0,1515	0,7500	0,7500	0,2500	0,2500	0,7500
A31	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,1143	0,5000	0,3714	0,0000	-	0,1143	0,7500	0,7500	0,2500	0,2500	0,7500
A32	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,5000	0,2571	0,0000	0,0000	-	0,7500	0,7500	0,2500	0,2500	0,7500
A33	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A34	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,6286	0,7429	0,3333	-	0,7429	0,6286	0,2000
A35	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,3333	0,5000	0,3333	0,4545	0,6061	0,6061	0,5000	0,5000	-	0,1515	0,5000
A36	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,3333	0,5000	0,3714	0,3333	0,4545	0,4545	0,5000	0,5000	0,1143	-	0,5000
A37	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-

Fonte: Autora, 2020.

Antes de montar a matriz de superação é necessário definir os limiaries de concordância e discordância, estabelecidos neste trabalho como sendo $c=0,6$ e $d=0,4$ respectivamente. A próxima etapa foi a verificação das condições estabelecidas na equação 11.0, como é apresentado na tabela 10.

1ª Condição → $c = 0,6$ e $C_{1,2} = 0,9134$

$C_{1,2} \geq c$ condição satisfeita

2ª Condição → $d = 0,4$ e $D_{1,2} = 0,6667$

$D_{1,2} \leq d$ condição não satisfeita

Então o índice da matriz de superação recebe o valor 0.

Tabela 10 – Matriz de superação cenário 1 c=0,6 d=0,4.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	1	0	0	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	0	1	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	0	1	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0
A18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
A19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
A20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 10 – Matriz de superação cenário 1 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 10 – Matriz de superação cenário 1 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A18	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A19	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	-	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	1	-	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A22	0	1	-	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A23	1	1	1	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	1	1	1	0	-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	1	1	1	0	1	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A26	1	1	1	0	1	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

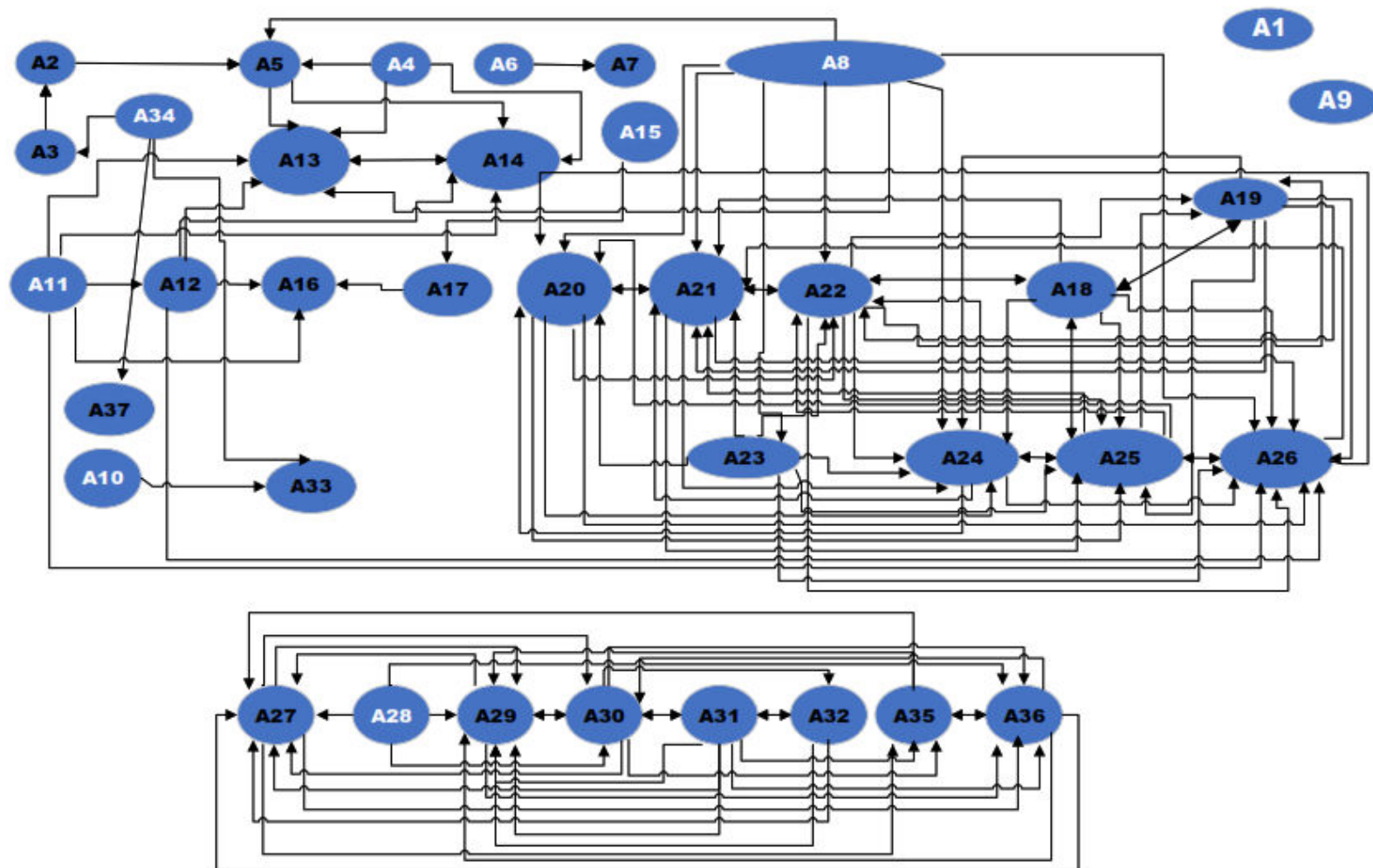
Fonte: Autora, 2020.

Tabela 10 – Matriz de superação cenário 1 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A26	1	1	1	0	1	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
A28	0	0	0	0	0	0	0	1	-	1	1	0	0	0	0	0	1	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	-	1	1	0	0	1	1	0
A31	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	-	1	0	0	1	1	0
A32	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	-	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
A34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	1
A35	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	-	1	0
A36	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	-	0
A37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Autora, 2020.

A última etapa do método foi a representação das relações de sobreclassificação usando grafos. A Figura 11 apresenta a relação de sobreclassificação, onde foi possível observar que as alternativas A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A15, A28 e A34 (destacados em branco na Figura 11), não foram superadas por nenhuma alternativa.

Figura 11 - Relação de sobreclassificação das alternativas utilizando grafo com $c=0,6$ e $d=0,4$ cenário 1.

Fonte: Autora, 2020.

Para o cenário 1, através da aplicação do método Electre I, foi selecionado um conjunto com 10 alternativas como sendo as mais adequadas para população com mais de 50.000 habitantes: tratamento primário - tanques sépticos, lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de alta taxa, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas, infiltração lenta, tanque séptico + filtro anaeróbio, lodos ativados - aeração prolongada e filtro biológico percolador de alta carga. Das tecnologias selecionadas duas merecem observações:

- Considerando a particularidade de atendimento em função da população e da eficiência de remoção de poluentes os tanques sépticos, é proposta sua utilização juntamente com implantação de sistemas adicionais como filtro anaeróbio, filtro aerado submerso, lodo ativado por batelada etc., para área de baixa densidade populacional ou onde a implantação de rede de esgoto não for possível em função do custo ou da topografia.
- Apesar do critério demanda por área não representar uma das maiores preferências da maioria dos especialistas consultados, em função da população considerada para o cenário 1 e o requisito de área da tecnologia infiltração ser elevadíssimo, é prudente considerar que essa tecnologia possa ser utilizada como disposição final do esgoto tratado.

Todas as tecnologias de tratamento selecionadas no cenário 1 necessitam de unidades de tratamento preliminar e soluções de tratamento e disposição final do lodo gerado.

5.5 CENÁRIO 2: POPULAÇÃO ENTRE 10.000 E 50.000 HABITANTES

Definidos os dados necessários a aplicação do método, foram lançados os dados do cenário 2 para cada alternativa referente a cada critério em planilha desenvolvida no Software Excel, conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 2.

	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9	CC10
A1	8	0	150	0,05	360	2	4	3	1	1
A2	8	0	150	0,04	730	2	3	3	2	2
A3	35	0	200	0,06	2.500	3	3	3	2	2
A4	8	0	160	4,00	90	4	2	1	3	3
A5	8	0	140	3,00	160	1	2	1	3	3
A6	20	18	200	0,50	220	4	3	2	3	3
A7	20	22	200	0,40	360	3	2	3	3	3
A8	10	0	370	5,00	160	3	2	1	5	3
A9	14	2	200	3,50	160	3	2	3	5	3
A10	14	0	200	3,20	190	3	2	3	3	4
A11	6	0	200	50,00	0	2	2	2	4	5
A12	8	0	200	6,00	0	2	2	2	4	5
A13	10	0	200	3,50	0	2	2	1	2	4
A14	10	0	200	5,00	0	2	2	1	2	4
A15	20	0	300	0,35	1.000	2	4	2	2	3
A16	12	0	150	1,50	360	2	2	2	4	5
A17	10	0	120	0,10	220	2	4	2	2	3
A18	30	20	250	2,00	400	2	2	1	5	3
A19	30	20	250	0,15	400	2	2	1	5	3
A20	15	0	220	0,15	300	2	2	1	5	3
A21	18	0	250	0,20	400	2	2	1	5	3
A22	22	12	250	0,15	470	2	2	1	5	3
A23	14	0	450	2,50	250	2	2	1	5	3

Fonte: VON SPERLING, 2014.

Tabela 11 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 2 (Continuação).

	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9	CC10
A24	20	5	250	0,30	300	2	2	1	5	3
A25	20	8	250	0,30	300	2	2	1	5	3
A26	18	0	250	3,00	220	2	2	1	5	3
A27	40	26	300	0,25	3.000	4	4	5	2	4
A28	40	35	270	0,25	2.000	5	4	4	2	5
A29	40	35	270	0,25	2.000	5	4	5	2	4
A30	50	22	400	0,25	3.000	4	4	5	2	4
A31	55	22	450	0,25	3.000	4	4	5	2	4
A32	55	26	450	0,30	3.100	4	4	5	2	4
A33	30	0	300	0,30	1.100	4	2	3	2	4
A34	30	0	300	0,25	1.900	4	3	3	2	4
A35	35	26	250	0,15	3.000	5	4	4	2	5
A36	35	22	300	0,15	3.000	5	4	4	2	5
A37	30	0	300	0,20	1.500	4	3	3	2	4

Fonte: VON SPERLING, 2014.

Utilizando a equação 28.0, foi realizada a normalização dos dados de entrada. A normalização foi realizada dividindo o índice pela soma do critério indicado, conforme apresentado na Tabela 12.

$$N_{1,1} = 8/848$$

$$N_{1,1} = \mathbf{0,0094}$$

Tabela 12 – Dados de entrada normalizados cenário 2.

	CC1	CC2	CC3	C4	CC5	C6	CC7	CC8	CC9	CC10
A1	0,0094	0,0000	0,0160	0,0005	0,0100	0,0185	0,0396	0,0333	0,0085	0,0077
A2	0,0094	0,0000	0,0160	0,0004	0,0202	0,0185	0,0297	0,0333	0,0171	0,0154
A3	0,0413	0,0000	0,0214	0,0006	0,0692	0,0278	0,0297	0,0333	0,0171	0,0154
A4	0,0094	0,0000	0,0171	0,0410	0,0025	0,0370	0,0198	0,0111	0,0256	0,0231
A5	0,0094	0,0000	0,0150	0,0308	0,0044	0,0093	0,0198	0,0111	0,0256	0,0231
A6	0,0236	0,0561	0,0214	0,0051	0,0061	0,0370	0,0297	0,0222	0,0256	0,0231
A7	0,0236	0,0685	0,0214	0,0041	0,0100	0,0278	0,0198	0,0333	0,0256	0,0231
A8	0,0118	0,0000	0,0396	0,0513	0,0044	0,0278	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A9	0,0165	0,0062	0,0214	0,0359	0,0044	0,0278	0,0198	0,0333	0,0427	0,0231
A10	0,0165	0,0000	0,0214	0,0328	0,0053	0,0278	0,0198	0,0333	0,0256	0,0308
A11	0,0071	0,0000	0,0214	0,5126	0,0000	0,0185	0,0198	0,0222	0,0342	0,0385
A12	0,0094	0,0000	0,0214	0,0615	0,0000	0,0185	0,0198	0,0222	0,0342	0,0385
A13	0,0118	0,0000	0,0214	0,0359	0,0000	0,0185	0,0198	0,0111	0,0171	0,0308
A14	0,0118	0,0000	0,0214	0,0513	0,0000	0,0185	0,0198	0,0111	0,0171	0,0308
A15	0,0236	0,0000	0,0321	0,0036	0,0277	0,0185	0,0396	0,0222	0,0171	0,0231
A16	0,0142	0,0000	0,0160	0,0154	0,0100	0,0185	0,0198	0,0222	0,0342	0,0385
A17	0,0118	0,0000	0,0128	0,0010	0,0061	0,0185	0,0396	0,0222	0,0171	0,0231
A18	0,0354	0,0623	0,0267	0,0205	0,0111	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A19	0,0354	0,0623	0,0267	0,0015	0,0111	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A20	0,0177	0,0000	0,0235	0,0015	0,0083	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A21	0,0212	0,0000	0,0267	0,0021	0,0111	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A22	0,0259	0,0374	0,0267	0,0015	0,0130	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A23	0,0165	0,0000	0,0481	0,0256	0,0069	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 12 – Dados de Entrada normalizados Cenário 2 (Continuação).

	CC1	CC2	CC3	C4	CC5	C6	CC7	CC8	CC9	CC10
A24	0,0236	0,0156	0,0267	0,0031	0,0083	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A25	0,0236	0,0249	0,0267	0,0031	0,0083	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A26	0,0212	0,0000	0,0267	0,0308	0,0061	0,0185	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A27	0,0472	0,0810	0,0321	0,0026	0,0830	0,0370	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A28	0,0472	0,1090	0,0289	0,0026	0,0553	0,0463	0,0396	0,0444	0,0171	0,0385
A29	0,0472	0,1090	0,0289	0,0026	0,0553	0,0463	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A30	0,0590	0,0685	0,0428	0,0026	0,0830	0,0370	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A31	0,0649	0,0685	0,0481	0,0026	0,0830	0,0370	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A32	0,0649	0,0810	0,0481	0,0031	0,0858	0,0370	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A33	0,0354	0,0000	0,0321	0,0031	0,0304	0,0370	0,0198	0,0333	0,0171	0,0308
A34	0,0354	0,0000	0,0321	0,0026	0,0526	0,0370	0,0297	0,0333	0,0171	0,0308
A35	0,0413	0,0810	0,0267	0,0015	0,0830	0,0463	0,0396	0,0444	0,0171	0,0385
A36	0,0413	0,0685	0,0321	0,0015	0,0830	0,0463	0,0396	0,0444	0,0171	0,0385
A37	0,0354	0,0000	0,0321	0,0021	0,0415	0,0370	0,0297	0,0333	0,0171	0,0308

Fonte: Autora, 2020.

Para determinar as matrizes de concordância e discordância, primeiramente foi determinada da escala (δ) de cada critério, subtraindo o maior valor pelo menor valor de cada critério. A Tabela 13 apresenta os valores obtidos de cada δ .

$$\delta_1 = 0,06486 - 0,0071 = \mathbf{0,0578}$$

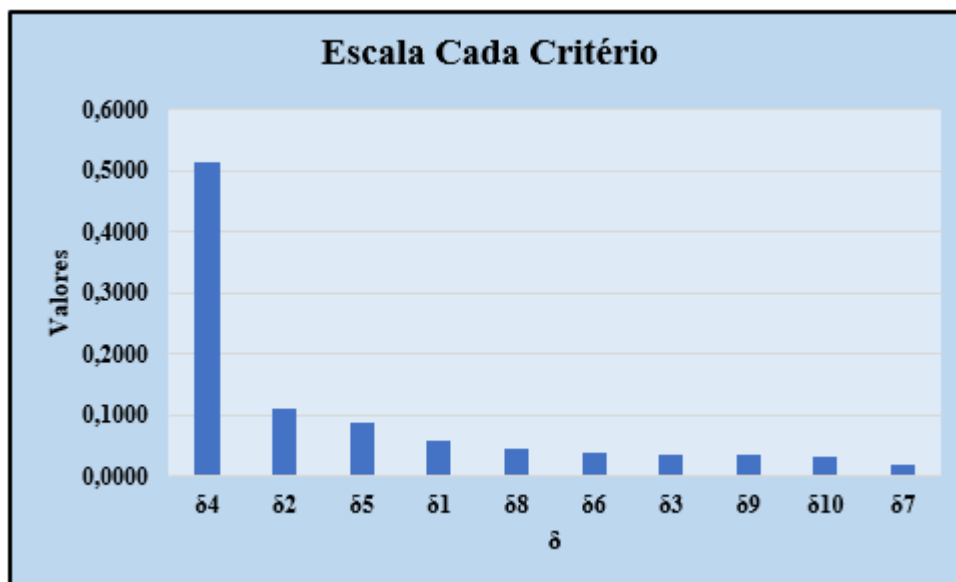
Tabela 13 – Valores de escala de cada critério cenário 2.

Escala	Valor	Escala	Valor
δ_1	0,0578	δ_6	0,0370
δ_2	0,1090	δ_7	0,0198
δ_3	0,0353	δ_8	0,0444
δ_4	0,5121	δ_9	0,0342
δ_5	0,0858	δ_{10}	0,0308

Fonte: Autora, 2020

A Figura 12 apresenta graficamente os valores obtidos das 10 escalas referentes a cada critério definido para o cenário 2.

Figura 12 – Escala de cada critério cenário 2.



Fonte: Autora, 2020.

Conforme pode ser observado na Tabela 13 e na Figura 12, a escala δ_4 referente ao critério demanda de área é a que apresenta maior dispersão entre os valores, já a escala δ_7 que representa o critério atração de insetos apresentou a menor dispersão entre as escalas calculadas.

O valor da escala (δ) de cada critério é importante uma vez que pode influenciar na determinação do índice de discordância utilizado na matriz discordância, empregada na relação de superação entre as alternativas, uma vez que o valor da escala (δ) está no denominador da equação (Equação 9.0).

Na sequência foi utilizada a equação 8.0 para calcular os índices de concordância para o Cenário 2, onde foram somados os pesos dos critérios nos quais a alternativa “A1” supera a “A2”, como mostra a Tabela 14.

$$C_{1,2} = SE(0.0094 \leq 0.0094, 0.1345) + SE(0.0000 \leq 0.0000, 0.1164) + SE(0.0160 \leq 0.0160, 0.1309) + SE(0.00005 \leq 0.0004, 0.0727) + SE(0.100 \leq 0.0202, 0.1018) + SE(0.0185 \leq 0.0185, 0.0727) + SE(0.0396 \leq 0.0297, 0.0473) + SE(0.0333 \leq 0.0333, 0.1527) + SE(0.0085 \leq 0.0171, 0.0727) + SE(0.0077 \leq 0.0154, 0.0982)$$

$$C_{1,2} = \mathbf{0,8800}$$

Tabela 14 – Matriz de concordância cenário 2.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0,8800	0,9527	0,6982	0,4945	0,6982	0,9527	0,6982	0,8509	0,8509	0,5636	0,6982	0,6982	0,6982	0,8473	0,8000	0,6145	0,8000	0,8000
A2	0,7273	-	1,0000	0,6982	0,4945	0,7455	0,8509	0,6982	0,8509	0,8509	0,5636	0,6982	0,6982	0,6982	0,8473	0,6982	0,6145	0,6982	0,6982
A3	0,3164	0,4873	-	0,4327	0,3600	0,6109	0,7164	0,5636	0,7164	0,7164	0,4909	0,4909	0,4909	0,4909	0,5382	0,3600	0,4073	0,4909	0,4909
A4	0,5527	0,5527	0,6836	-	0,7236	0,9273	0,8545	0,9273	0,8545	0,8545	0,6909	0,8255	0,6800	0,7527	0,7818	0,7236	0,6509	0,8545	0,8545
A5	0,7564	0,7564	0,7564	0,8982	-	0,9273	0,9273	1,0000	1,0000	1,0000	0,7636	0,8982	0,8255	0,8255	0,8545	0,9273	0,7236	0,9273	0,9273
A6	0,3018	0,3018	0,5673	0,3164	0,2436	-	0,8073	0,3745	0,5273	0,5273	0,5273	0,5273	0,3018	0,3018	0,6655	0,4982	0,4000	0,7273	0,6545
A7	0,3018	0,3018	0,6400	0,3636	0,2909	0,6291	-	0,4945	0,6473	0,6473	0,4218	0,4218	0,3491	0,3491	0,5127	0,3927	0,1455	0,6582	0,5855
A8	0,4182	0,4182	0,6255	0,4873	0,5164	0,7236	0,7236	-	0,7964	0,7236	0,4873	0,4873	0,5491	0,6218	0,6509	0,6509	0,6509	0,7236	0,7236
A9	0,3018	0,3018	0,6400	0,2909	0,2473	0,7018	0,8545	0,5964	-	0,7382	0,3491	0,3491	0,3491	0,3491	0,5127	0,2473	0,2473	0,7018	0,7018
A10	0,4182	0,4182	0,7564	0,3818	0,2364	0,6764	0,8291	0,5127	0,8000	-	0,5382	0,5382	0,4655	0,4655	0,5309	0,4364	0,2655	0,6036	0,6036
A11	0,6255	0,6255	0,7564	0,4727	0,4000	0,7564	0,7564	0,6764	0,8291	0,7564	-	0,9273	0,6036	0,6036	0,7564	0,7964	0,6255	0,6764	0,6764
A12	0,6255	0,6255	0,7564	0,4727	0,4000	0,4000	0,7564	0,6764	0,8291	0,7564	0,8655	-	0,6036	0,6036	0,7564	0,7964	0,6255	0,6764	0,6764
A13	0,4909	0,5636	0,8291	0,6364	0,4909	0,8291	0,8291	0,9018	0,9018	0,9273	0,8655	0,8655	-	1,0000	0,8291	0,7964	0,6982	0,8291	0,8291
A14	0,4909	0,5636	0,8291	0,5636	0,4909	0,8291	0,8291	0,9018	0,8291	0,9273	0,8655	0,8655	0,9273	-	0,8291	0,7964	0,6982	0,8291	0,8291
A15	0,3891	0,4145	0,6509	0,4327	0,3600	0,7200	0,7200	0,5636	0,5855	0,5855	0,5855	0,5855	0,4327	0,4327	-	0,5855	0,5600	0,5673	0,4945
A16	0,6218	0,6218	0,7564	0,4400	0,2364	0,6545	0,7564	0,5127	0,8000	0,7273	0,7636	0,7636	0,4400	0,4400	0,7564	-	0,3891	0,7491	0,6764
A17	0,6218	0,6473	0,7818	0,5636	0,4909	0,9527	0,9527	0,6982	0,8509	0,8509	0,7164	0,7164	0,6982	0,6982	1,0000	0,9527	-	0,8000	0,8000
A18	0,2727	0,3745	0,5091	0,4436	0,3709	0,3709	0,4873	0,6473	0,5164	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,6036	0,3709	0,3709	-	0,9273
A19	0,2727	0,3745	0,5091	0,4436	0,3709	0,4436	0,5600	0,6473	0,5164	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,6764	0,4436	0,3709	1,0000	-
A20	0,4909	0,4909	0,6255	0,5600	0,4873	0,6945	0,7964	0,7636	0,6327	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,9273	0,6618	0,4873	1,0000	1,0000
A21	0,3891	0,4909	0,6255	0,5600	0,4873	0,6945	0,6945	0,7636	0,6327	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,9273	0,5600	0,4873	1,0000	0,9273
A22	0,2727	0,3745	0,5091	0,4436	0,3709	0,5600	0,6473	0,6473	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,6764	0,4436	0,3709	0,8982	0,8982

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 14 – Matriz de concordância cenário 2 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A23	0,4909	0,4909	0,6255	0,5600	0,4873	0,6218	0,7236	0,6327	0,7673	0,6945	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,7236	0,5891	0,4873	0,7964	0,7964
A24	0,3745	0,3745	0,5091	0,4436	0,3709	0,6945	0,7964	0,6473	0,5164	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,8109	0,5455	0,3709	1,0000	0,9273
A25	0,3745	0,3745	0,5091	0,4436	0,3709	0,6945	0,7964	0,6473	0,5164	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,4436	0,8109	0,5455	0,3709	1,0000	0,9273
A26	0,4909	0,4909	0,6255	0,5600	0,4873	0,7236	0,7236	0,7636	0,6327	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,5600	0,8545	0,5891	0,5891	0,9273	0,9273
A27	0,0473	0,0727	0,0727	0,2182	0,1455	0,2182	0,1455	0,2764	0,1455	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,3236	0,2436	0,1200	0,1455	0,0727
A28	0,0473	0,0727	0,1745	0,1455	0,1455	0,1455	0,1455	0,2764	0,1455	0,1455	0,2436	0,2436	0,1455	0,1455	0,3236	0,2436	0,1200	0,1455	0,0727
A29	0,0473	0,0727	0,1745	0,1455	0,1455	0,1455	0,1455	0,2764	0,1455	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,3236	0,2436	0,1200	0,1455	0,0727
A30	0,0473	0,0727	0,0727	0,2182	0,1455	0,2182	0,2618	0,1455	0,1455	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,1927	0,2436	0,1200	0,1455	0,0727
A31	0,0473	0,0727	0,0727	0,2182	0,1455	0,2182	0,2618	0,1455	0,1455	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,1927	0,2436	0,1200	0,1455	0,0727
A32	0,0473	0,0727	0,0727	0,2182	0,1455	0,2182	0,1455	0,1455	0,1455	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,2436	0,1927	0,2436	0,1200	0,1455	0,0727
A33	0,3164	0,3891	0,6255	0,3818	0,3091	0,3818	0,4618	0,4400	0,4618	0,5600	0,4073	0,4073	0,4073	0,4073	0,4400	0,4073	0,2364	0,4436	0,3709
A34	0,3164	0,3891	0,6255	0,3345	0,2618	0,3818	0,4145	0,3927	0,4145	0,5127	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,4400	0,3600	0,2364	0,3964	0,3236
A35	0,0473	0,0727	0,2073	0,1455	0,1455	0,1455	0,1455	0,2764	0,1455	0,1455	0,2436	0,2436	0,1455	0,1455	0,3236	0,2436	0,1200	0,2764	0,2764
A36	0,0473	0,0727	0,2073	0,1455	0,1455	0,1455	0,2618	0,2764	0,1455	0,1455	0,2436	0,2436	0,1455	0,1455	0,3236	0,2436	0,1200	0,1455	0,1455
A37	0,3164	0,3891	0,6255	0,3345	0,2618	0,3818	0,4145	0,3927	0,4145	0,5127	0,3600	0,3600	0,3600	0,3600	0,4400	0,3600	0,2364	0,3964	0,3236

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 14 – Matriz de concordância cenário 2 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	0,6982	0,8000	0,8000	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9527	0,9527	1,0000	1,0000	0,9527
A2	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	0,6982	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9527	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A3	0,4909	0,4909	0,4909	0,4909	0,4909	0,4909	0,4909	1,0000	0,8982	0,8982	1,0000	1,0000	1,0000	0,7164	0,7636	1,0000	1,0000	0,7636
A4	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545
A5	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	1,0000	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545
A6	0,4036	0,4036	0,5382	0,4764	0,5382	0,5382	0,4764	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,6909	0,7382	0,8545	0,8545	0,7382
A7	0,3491	0,4509	0,5855	0,4218	0,4836	0,4836	0,4218	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,7382	0,7382	0,8545	0,8545	0,7382
A8	0,7236	0,7236	0,7236	0,8545	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236	0,8545	0,8545	0,8545	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236
A9	0,5855	0,5855	0,7018	0,5855	0,7018	0,7018	0,5855	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,7382	0,7382	0,8545	0,8545	0,7382
A10	0,6036	0,6036	0,6036	0,6036	0,6036	0,6036	0,6036	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545
A11	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,7564	0,8545	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,8545	0,8545	0,7564
A12	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,6764	0,7564	0,8545	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,8545	0,8545	0,7564
A13	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273
A14	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,8291	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273
A15	0,3600	0,3600	0,4945	0,5636	0,4945	0,4945	0,4327	0,9273	0,7964	0,7964	0,9273	0,9273	0,9273	0,8800	0,8800	0,7964	0,9273	0,8800
A16	0,5745	0,6764	0,6764	0,6473	0,5745	0,5745	0,6473	0,7564	0,8545	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,7564	0,8545	0,8545	0,7564
A17	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9527	0,9527	1,0000	1,0000	0,9527
A18	0,4436	0,6764	0,6764	0,6473	0,5745	0,5745	0,6473	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,7382	0,7382	0,8545	0,8545	0,7382
A19	0,5164	0,7491	0,7491	0,6473	0,6473	0,6473	0,6473	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,8109	0,8109	0,9273	0,9273	0,8109
A20	-	1,0000	1,0000	0,7636	1,0000	1,0000	0,8982	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273
A21	0,5600	-	0,9273	0,7636	0,8982	0,8982	0,8982	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,8545	0,8545	0,9273
A22	0,5164	0,6473	-	0,6473	0,6473	0,6473	0,6473	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,9273	0,8109	0,8109	0,9273	0,9273	0,8109

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 14 – Matriz de concordância cenário 2 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A23	0,7964	0,7964	0,7964	-	0,7964	0,7964	0,7673	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236	0,8545	0,8545	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236	0,7236
A24	0,5455	0,6764	0,9273	0,6473	-	1,0000	0,6473	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,9273	0,8109	0,7382	0,8545	0,8545	0,7382
A25	0,5455	0,6764	0,9273	0,6473	0,8836	-	0,6473	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,9273	0,8109	0,7382	0,8545	0,8545	0,7382
A26	0,6618	0,9273	0,9273	0,7927	0,9273	0,9273	-	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545	0,8545
A27	0,0727	0,0727	0,0727	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	-	0,6145	0,7673	0,8836	0,8836	1,0000	0,4473	0,4473	0,5091	0,5236	0,3745
A28	0,0727	0,0727	0,0727	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	0,7127	-	0,9018	0,7127	0,7127	0,7127	0,2764	0,2764	0,5455	0,6764	0,2036
A29	0,0727	0,0727	0,0727	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	0,8109	0,8473	-	0,8109	0,8109	0,8109	0,3745	0,3745	0,3927	0,5236	0,3018
A30	0,0727	0,0727	0,0727	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	0,7345	0,4800	0,6327	-	1,0000	1,0000	0,3164	0,3164	0,5091	0,5091	0,2436
A31	0,0727	0,0727	0,0727	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	0,7345	0,4800	0,6327	0,7345	-	1,0000	0,3164	0,3164	0,5091	0,5091	0,2436
A32	0,0727	0,0727	0,0727	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	0,5600	0,4073	0,5600	0,4436	0,7091	-	0,3164	0,2436	0,4073	0,2909	0,2436
A33	0,2364	0,2364	0,2364	0,4400	0,3091	0,3091	0,3091	0,9273	0,7964	0,7964	0,9273	0,9273	1,0000	-	0,9273	0,7964	0,9273	0,9273
A34	0,1891	0,1891	0,1891	0,3927	0,2618	0,2618	0,2618	1,0000	0,8691	0,8691	1,0000	1,0000	1,0000	0,8509	-	0,7964	0,9273	0,8255
A35	0,1455	0,2764	0,2764	0,2764	0,2764	0,2764	0,2764	0,8291	0,8982	0,8000	0,7127	0,7127	0,8291	0,2764	0,2764	-	0,8836	0,2764
A36	0,1455	0,1455	0,1455	0,2764	0,1455	0,1455	0,1455	0,8291	0,7673	0,6691	0,8291	0,8291	0,8291	0,2764	0,2764	0,8691	-	0,2764
A37	0,1891	0,2618	0,1891	0,3927	0,2618	0,2618	0,2618	1,0000	0,8691	0,8691	1,0000	1,0000	1,0000	0,8509	1,0000	0,7964	0,9273	-

Fonte: Autora, 2020.

Foi utilizada a equação 9.0 para determinar o índice de discordância para o Cenário 2, através da máxima diferença elemento a elemento das avaliações dividido pela escala (δ), como mostra a Tabela 15.

$$D_{(1,2)} = \max(0,0094-0,0094/0,0578; 0,0000-0,0000/0,1090; 0,0160-0,0160/0,0353; 0,0004-0,0005/0,5121; 0,0202-0,0100/0,0858; 0,0185-0,0185/0,0370; 0,0297-0,0396/0,0198; 0,0333-0,0333/0,0444; 0,0171-0,0085/0,0342; 0,0154-0,0077/0,0308)$$

$$D_{(1,2)} = 0,2500$$

Tabela 15 - Matriz de discordância cenário 2.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0,2500	0,6903	0,5000	0,5000	0,5143	0,6286	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000
A2	0,5000	-	0,5710	0,5000	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	1,0000	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500
A3	0,5000	0,0000	-	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,9996	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500
A4	1,0000	0,5000	0,7774	-	0,0226	0,5143	0,6286	0,6364	0,5000	0,5000	0,9207	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A5	1,0000	0,5000	0,7548	0,7500	-	0,7500	0,6286	0,6970	0,5000	0,5000	0,9408	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A6	0,5000	0,2500	0,7355	0,0701	0,0500	-	0,2500	0,5152	0,5000	0,2500	0,9908	0,5000	0,2500	0,2500	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
A7	1,0000	0,5000	0,6903	0,2500	0,0520	0,5000	-	0,5152	0,5000	0,2500	0,9928	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	0,5000
A8	1,0000	0,5000	0,7548	0,2500	0,0000	0,5143	0,5143	-	0,5000	0,5000	0,9007	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A9	1,0000	0,5000	0,7548	0,2500	0,0000	0,5000	0,5714	0,5152	-	0,2500	0,9307	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5143	0,5143
A10	1,0000	0,5000	0,7452	0,2500	0,0000	0,5143	0,6286	0,5152	0,5000	-	0,9367	0,2500	0,0060	0,0360	1,0000	0,2500	1,0000	0,5714	0,5714
A11	1,0000	0,5000	0,8065	0,5000	0,0516	0,5143	0,6286	0,5152	0,2500	0,2500	-	0,0408	0,0816	0,0816	1,0000	0,1224	1,0000	0,5714	0,5714
A12	1,0000	0,5000	0,8065	0,5000	0,0516	0,5143	0,6286	0,5152	0,2500	0,2500	0,8807	-	0,0408	0,0408	1,0000	0,1161	1,0000	0,5714	0,5714
A13	1,0000	0,5000	0,8065	0,5000	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,9307	0,5000	-	0,0300	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A14	1,0000	0,5000	0,8065	0,5000	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,9007	0,5000	0,0000	-	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A15	0,2500	0,2500	0,4839	0,5000	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,9938	0,5000	0,2500	0,2500	-	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A16	1,0000	0,5000	0,6903	0,5000	0,0300	0,5143	0,6286	0,6667	0,2500	0,2500	0,9708	0,1515	0,1515	0,1515	1,0000	-	1,0000	0,5714	0,5714
A17	1,0000	0,5000	0,6903	0,5000	0,0300	0,5143	0,6286	0,6667	0,2500	0,2500	0,9708	0,1515	0,1515	0,1515	1,0000	0,0000	-	0,7500	0,7500
A18	1,0000	0,5000	0,6774	0,5000	0,0200	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,9608	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	-	0,0000
A19	1,0000	0,5000	0,6774	0,5000	0,0570	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,9978	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,0370	-
A20	1,0000	0,5000	0,7097	0,5000	0,0570	0,5143	0,6286	0,4545	0,5000	0,5000	0,9978	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A21	1,0000	0,5000	0,6774	0,5000	0,0560	0,5143	0,6286	0,3636	0,5000	0,5000	0,9968	0,5000	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A22	1,0000	0,5000	0,6548	0,5000	0,0570	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,9978	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,2286	0,2286
A23	1,0000	0,5000	0,7258	0,5000	0,0100	0,5143	0,6286	0,2500	0,5000	0,5000	0,9508	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 15 - Matriz de Discordância Cenário 2 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A24	1,0000	0,5000	0,7097	0,5000	0,0540	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,9948	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,4286	0,4286
A25	1,0000	0,5000	0,7097	0,5000	0,0540	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,9948	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,3429	0,3429
A26	1,0000	0,5000	0,7355	0,5000	0,0000	0,5143	0,6286	0,3636	0,5000	0,5000	0,9408	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A27	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,5000	0,0651	0,0951	0,0020	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A28	0,0000	0,0000	0,1613	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,5000	0,0651	0,0951	0,0909	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A29	0,0000	0,0000	0,1613	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,5000	0,0651	0,0951	0,0909	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A30	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,5000	0,0651	0,0951	0,0020	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A31	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,5000	0,0651	0,0951	0,0020	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A32	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9948	0,5000	0,0641	0,0941	0,0010	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A33	1,0000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,9948	0,5000	0,0641	0,0941	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A34	0,5000	0,0000	0,1935	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,9958	0,5000	0,0651	0,0951	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500
A35	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9978	0,5000	0,0671	0,0971	0,1515	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A36	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,9978	0,5000	0,0671	0,0971	0,0040	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A37	0,5000	0,0000	0,3226	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,9968	0,5000	0,0661	0,0961	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 15 - Matriz de Discordância Cenário 2 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8516	1,0000	1,0000	0,8571	0,9592	0,9592	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500
A2	0,7500	0,7500	0,7500	0,9091	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,8571	0,9592	0,9592	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A3	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,7576	0,7576	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A4	0,5000	0,5000	0,5000	0,8788	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5839	1,0000	1,0000	0,5000
A5	0,5000	0,5000	0,5000	0,9394	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500
A6	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	0,8968	0,5742	0,7500	0,8968	0,8968	0,9290	0,3030	0,5419	0,8968	0,8968	0,4129
A7	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3030	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A8	0,1020	0,1633	0,3429	0,2424	0,2041	0,2286	0,1633	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5613	1,0000	1,0000	0,5000
A9	0,0606	0,1515	0,2857	0,7576	0,1515	0,1714	0,1515	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3265	0,5613	1,0000	1,0000	0,5000
A10	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3265	0,5516	1,0000	1,0000	0,5000
A11	0,2500	0,2500	0,3429	0,7576	0,2857	0,2857	0,2500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A12	0,2500	0,2500	0,3429	0,7576	0,2500	0,2500	0,2500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A13	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A14	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A15	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	0,7500	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A16	0,2500	0,3030	0,3429	0,9091	0,3030	0,3030	0,3030	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A17	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	0,7500	0,7500	0,7500	0,8968	1,0000	1,0000	0,8968	1,0000	1,0000	0,5455	0,5455	0,8968	0,8968	0,5455
A18	0,0000	0,0000	0,0226	0,6061	0,0000	0,0000	0,0200	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A19	0,0000	0,0010	0,0226	0,6061	0,0030	0,0030	0,0570	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A20	-	0,0909	0,3429	0,6970	0,1429	0,2286	0,0909	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5161	1,0000	1,0000	0,5000
A21	0,0000	-	0,3429	0,6061	0,1429	0,2286	0,0560	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A22	0,0000	0,0010	-	0,6061	0,0030	0,0030	0,0570	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A23	0,0204	0,0816	0,3429	-	0,1429	0,2286	0,0816	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5323	1,0000	1,0000	0,5000

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 15 - Matriz de Discordância Cenário 2 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A24	0,0000	0,0323	0,2000	0,6061	-	0,0857	0,0540	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5161	1,0000	1,0000	0,5000
A25	0,0000	0,0323	0,1143	0,6061	0,0000	-	0,0540	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5161	1,0000	1,0000	0,5000
A26	0,0258	0,0581	0,3429	0,6061	0,1429	0,2286	-	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5419	1,0000	1,0000	0,5000
A27	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	-	0,2571	0,2571	0,3030	0,4545	0,4545	0,0010	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A28	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,3226	-	0,2500	0,3939	0,5455	0,5455	0,0909	0,0909	0,3226	0,3226	0,0909
A29	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,3226	0,2500	-	0,3939	0,5455	0,5455	0,0909	0,0909	0,3226	0,3226	0,0909
A30	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,1143	0,3714	0,3714	-	0,1515	0,1515	0,0010	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A31	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,1143	0,3714	0,3714	0,0000	-	0,1143	0,0010	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A32	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,0000	0,2571	0,2571	0,0000	0,0000	-	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A33	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A34	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,6286	0,7429	0,0010	-	0,7429	0,6286	0,0000
A35	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,2500	0,2571	0,2571	0,4545	0,6061	0,6061	0,1515	0,1515	-	0,1515	0,1515
A36	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,2500	0,3714	0,3714	0,3061	0,4545	0,4545	0,0030	0,0020	0,1143	-	0,0010
A37	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,6286	0,7429	0,0020	0,1290	0,7429	0,6286	-

Fonte: Autora, 2020.

Antes de montar a matriz de superação é necessário definir os limiares de concordância e discordância, estabelecidos neste trabalho como sendo $c=0,6$ e $d=0,4$ respectivamente. A próxima etapa foi a verificação das condições estabelecidas na equação 11.0, como é apresentado na Tabela 16.

1ª Condição → $c = 0,6$ e $C_{1,2} = 0,8800$

$C_{1,2} \geq c$ condição satisfeita

2ª Condição → $d = 0,4$ e $D_{1,2} = 0,2500$

$D_{1,2} \leq d$ condição satisfeita

Então o índice da matriz de superação recebe o valor 1.

Tabela 16 – Matriz de superação cenário 2 c=0,6 d=0,4.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	-	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	1	0	0	0	1	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-	0	0	0	1	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	-	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	-	0	0
A18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
A19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
A20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 16 – Matriz de Superação Cenário 2 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 16 – Matriz de Superação Cenário 2 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A11	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A16	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A18	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A19	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	-	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	0	-	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A22	0	1	-	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A23	1	1	1	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	0	1	1	0	-	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	0	1	1	0	1	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A26	0	1	1	0	1	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

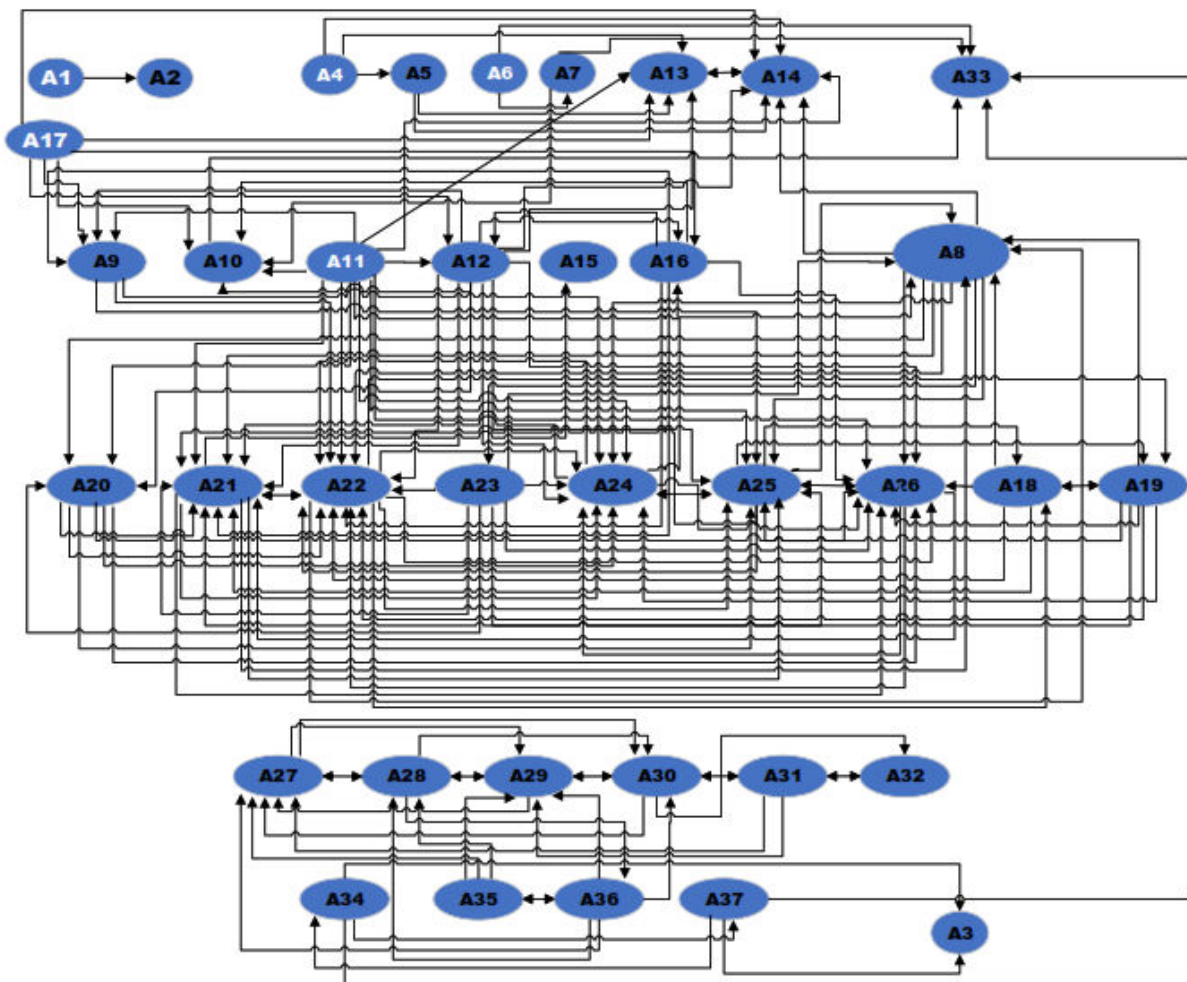
Fonte: Autora, 2020.

Tabela 16 – Matriz de Superação Cenário 2 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A28	0	0	0	0	0	0	0	1	-	1	1	0	0	0	0	0	1	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	1	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	-	1	1	0	0	0	0	0
A31	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	-	1	0	0	0	0	0
A32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
A34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	1
A35	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	-	1	0
A36	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	-	0
A37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-

Fonte: Autora, 2020.

A última etapa do método é a representação das relações de sobreclassificação usando grafos. A Figura 13 apresenta a relação de sobreclassificação, onde é possível observar que as alternativas A1, A4, A6, A11 e A17 (destacados em branco na Figura 13) não foram superadas por nenhuma alternativa.

Figura 13 - Relação de sobreclassificação das alternativas utilizando grafo com $c=0,6$ e $d=0,4$ Cenário 2.

Fonte: Autora, 2020.

O Kernel desse trabalho para o cenário 2 foi formado por 5 alternativas como sendo as mais adequadas para população de 10.000 a 50.000 habitantes: tratamento primário (tanques sépticos), lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, infiltração lenta e reator UASB.

Para as alternativas selecionadas tratamento primário e infiltração lenta são considerados as mesmas observações apontadas no item 5.5 de trabalho.

A tecnologia, reator UASB pode ser utilizada como unidade única de tratamento ou combinada com pós-tratamento. Durante a avaliação para escolha do sistema de tratamento, em função da dificuldade em satisfazer os padrões de lançamento, é prudente avaliar a inclusão de pós-tratamento ao reator UASB como lagoas de polimento em série, reator aeróbio + decantador secundário, filtro biológico + decantador secundário, biofiltro aerado, escoamento superficial, filtro anaeróbio etc.

Todas as tecnologias de tratamento selecionadas no cenário 2 necessitam de unidades de tratamento preliminar e soluções de tratamento e disposição final do lodo gerado.

5.6 CENÁRIO 3: POPULAÇÃO ABAIXO DE 10.000 HABITANTES

Definidos os dados necessários a aplicação do método, foram lançados os dados do cenário 3 para cada alternativa referente a cada critério em planilha desenvolvida no Software Excel, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 3.

	CCC1	CCC2	CCC3	CCC4	CCC5	CCC6	CCC7	CCC8
A1	8	0	150	360	4	3	1	1
A2	8	0	150	730	3	3	2	2
A3	35	0	200	2.500	3	3	2	2
A4	8	0	160	90	2	1	3	3
A5	8	0	140	160	2	1	3	3
A6	20	18	200	220	3	2	3	3
A7	20	22	200	360	2	3	3	3
A8	10	0	370	160	2	1	5	3
A9	14	2	200	160	2	3	5	3
A10	14	0	200	190	2	3	3	4
A11	6	0	200	0	2	2	4	5
A12	8	0	200	0	2	2	4	5
A13	10	0	200	0	2	1	2	4
A14	10	0	200	0	2	1	2	4
A15	20	0	300	1.000	4	2	2	3
A16	12	0	150	360	2	2	4	5
A17	10	0	120	220	4	2	2	3
A18	30	20	250	400	2	1	5	3
A19	30	20	250	400	2	1	5	3
A20	15	0	220	300	2	1	5	3
A21	18	0	250	400	2	1	5	3
A22	22	12	250	470	2	1	5	3
A23	14	0	450	250	2	1	5	3

Fonte: VON SPERLING, 2014.

Tabela 17 – Dados de entrada do método Electre I para cenário 3 (Continuação).

	CCC1	CCC2	CCC3	CCC4	CCC5	CCC6	CCC7	CCC8
A24	20	5	250	300	2	1	5	3
A25	20	8	250	300	2	1	5	3
A26	18	0	250	220	2	1	5	3
A27	40	26	300	3.000	4	5	2	4
A28	40	35	270	2.000	4	4	2	5
A29	40	35	270	2.000	4	5	2	4
A30	50	22	400	3.000	4	5	2	4
A31	55	22	450	3.000	4	5	2	4
A32	55	26	450	3.100	4	5	2	4
A33	30	0	300	1.100	2	3	2	4
A34	30	0	300	1.900	3	3	2	4
A35	35	26	250	3.000	4	4	2	5
A36	35	22	300	3.000	4	4	2	5
A37	30	0	300	1.500	3	3	2	4

Fonte: VON SPERLING, 2014.

Utilizando a equação 28.0, foi realizada a normalização dos dados de entrada. A normalização foi realizada dividindo o índice pela soma do critério indicado, conforme apresentado na Tabela 18.

$$N_{1,1} = 8/848$$

$$N_{1,1} = \mathbf{0,0094}$$

Tabela 18 – Dados de entrada normalizados cenário 3.

	CCC1	CCC2	CCC3	CCC4	CCC5	CCC6	CCC7	CCC8
A1	0,0094	0,0000	0,0160	0,0100	0,0396	0,0333	0,0085	0,0077
A2	0,0094	0,0000	0,0160	0,0202	0,0297	0,0333	0,0171	0,0154
A3	0,0413	0,0000	0,0214	0,0692	0,0297	0,0333	0,0171	0,0154
A4	0,0094	0,0000	0,0171	0,0025	0,0198	0,0111	0,0256	0,0231
A5	0,0094	0,0000	0,0150	0,0044	0,0198	0,0111	0,0256	0,0231
A6	0,0236	0,0561	0,0214	0,0061	0,0297	0,0222	0,0256	0,0231
A7	0,0236	0,0685	0,0214	0,0100	0,0198	0,0333	0,0256	0,0231
A8	0,0118	0,0000	0,0396	0,0044	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A9	0,0165	0,0062	0,0214	0,0044	0,0198	0,0333	0,0427	0,0231
A10	0,0165	0,0000	0,0214	0,0053	0,0198	0,0333	0,0256	0,0308
A11	0,0071	0,0000	0,0214	0,0000	0,0198	0,0222	0,0342	0,0385
A12	0,0094	0,0000	0,0214	0,0000	0,0198	0,0222	0,0342	0,0385
A13	0,0118	0,0000	0,0214	0,0000	0,0198	0,0111	0,0171	0,0308
A14	0,0118	0,0000	0,0214	0,0000	0,0198	0,0111	0,0171	0,0308
A15	0,0236	0,0000	0,0321	0,0277	0,0396	0,0222	0,0171	0,0231
A16	0,0142	0,0000	0,0160	0,0100	0,0198	0,0222	0,0342	0,0385
A17	0,0118	0,0000	0,0128	0,0061	0,0396	0,0222	0,0171	0,0231
A18	0,0354	0,0623	0,0267	0,0111	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A19	0,0354	0,0623	0,0267	0,0111	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A20	0,0177	0,0000	0,0235	0,0083	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A21	0,0212	0,0000	0,0267	0,0111	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A22	0,0259	0,0374	0,0267	0,0130	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A23	0,0165	0,0000	0,0481	0,0069	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 18 – Dados de entrada normalizados cenário 3 (Continuação).

	CCC1	CCC2	CCC3	CCC4	CCC5	CCC6	CCC7	CCC8
A24	0,0236	0,0156	0,0267	0,0083	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A25	0,0236	0,0249	0,0267	0,0083	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A26	0,0212	0,0000	0,0267	0,0061	0,0198	0,0111	0,0427	0,0231
A27	0,0472	0,0810	0,0321	0,0830	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A28	0,0472	0,1090	0,0289	0,0553	0,0396	0,0444	0,0171	0,0385
A29	0,0472	0,1090	0,0289	0,0553	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A30	0,0590	0,0685	0,0428	0,0830	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A31	0,0649	0,0685	0,0481	0,0830	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A32	0,0649	0,0810	0,0481	0,0858	0,0396	0,0556	0,0171	0,0308
A33	0,0354	0,0000	0,0321	0,0304	0,0198	0,0333	0,0171	0,0308
A34	0,0354	0,0000	0,0321	0,0526	0,0297	0,0333	0,0171	0,0308
A35	0,0413	0,0810	0,0267	0,0830	0,0396	0,0444	0,0171	0,0385
A36	0,0413	0,0685	0,0321	0,0830	0,0396	0,0444	0,0171	0,0385
A37	0,0354	0,0000	0,0321	0,0415	0,0297	0,0333	0,0171	0,0308

Fonte: Autora, 2020.

Para determinar as matrizes de concordância e discordância, primeiramente foram determinadas as escalas (δ) de cada critério, subtraindo o maior valor pelo menor valor de cada critério. A Tabela 19 apresenta os valores obtidos de cada δ .

$$\delta_1 = 0,06486 - 0,0071 = \mathbf{0,0578}$$

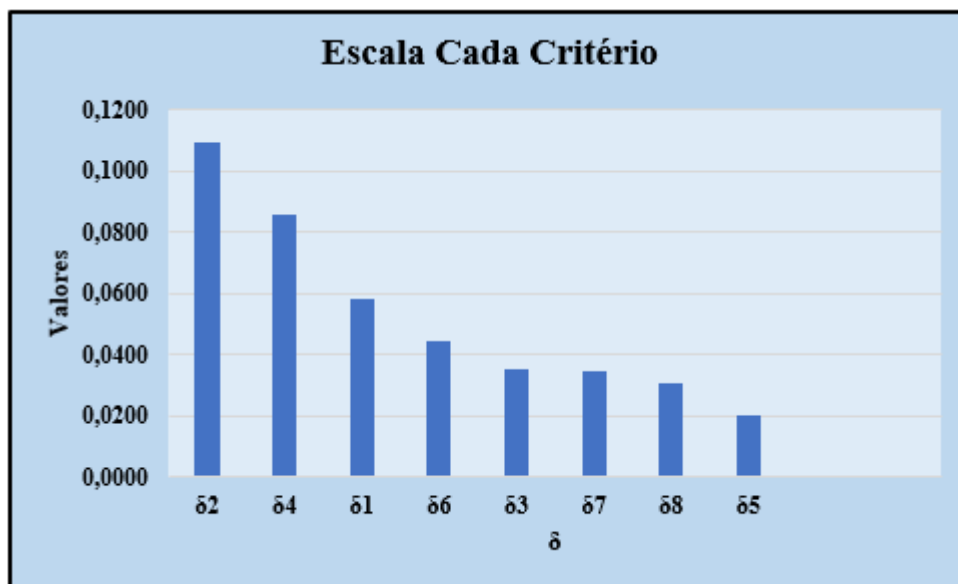
Tabela 19 – Valores de escala de cada critério cenário 3.

Escala	Valor	Escala	Valor
δ_1	0,0578	δ_5	0,0198
δ_2	0,1090	δ_6	0,0444
δ_3	0,0353	δ_7	0,0342
δ_4	0,0858	δ_8	0,0308

Fonte: Autora, 2020

A Figura 14 apresenta graficamente os valores obtidos das 8 escalas referentes a cada critério definido para o cenário 3.

Figura 14 – Escala de cada critério cenário 3.



Fonte: Autora, 2020.

Conforme pode ser observado na Tabela 19 e na Figura 14, a escala δ_2 referente ao critério demanda de área é a que apresenta maior dispersão entre os valores, já a escala δ_5 que representa o critério atração de insetos apresentou a menor dispersão entre as escalas calculadas.

O valor da escala (δ) de cada critério é importante uma vez que pode influenciar na determinação do índice de discordância utilizado na matriz discordância, empregada na relação de superação entre as alternativas, uma vez que o valor da escala (δ) está no denominador da equação (Equação 9.0).

Para calcular os índices de concordância, foi utilizada a equação 8.0, onde são somados os pesos dos critérios nos quais a alternativa “A1” supera a “A2”, como mostra a Tabela 20.

$$C_{1,2} = SE(0.0094 \leq 0.0094, 0.1722) + SE(0.0000 \leq 0.0000, 0.1389) + SE(0.0160 \leq 0.0160, 0.1500) + SE(0.0100 \leq 0.0202, 0.1167) + SE(0.0396 \leq 0.02297, 0.0444) + SE(0.0333 \leq 0.0333, 0.1556) + SE(0.0085 \leq 0.0171, 0.1000) + SE(0.0077 \leq 0.0154, 0.1222)$$

$$C_{1,2} = \mathbf{0,9556}$$

Tabela 20 – Matriz de concordância cenário 3.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0,9556	0,9556	0,6833	0,5333	0,6833	0,9556	0,6833	0,8389	0,8389	0,5111	0,6833	0,6833	0,6833	0,8444	0,8000	0,5778	0,8000	0,8000
A2	0,6611	-	1,0000	0,6833	0,5333	0,7278	0,8389	0,6833	0,8389	0,8389	0,5111	0,6833	0,6833	0,6833	0,8444	0,6833	0,5778	0,6833	0,6833
A3	0,3389	0,5611	-	0,3611	0,3611	0,5556	0,6667	0,5111	0,6667	0,6667	0,5111	0,5111	0,5111	0,5111	0,5556	0,3611	0,4056	0,5111	0,5111
A4	0,6278	0,6278	0,7778	-	0,8500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7111	0,8833	0,7833	0,7833	0,9000	0,8500	0,7500	1,0000	1,0000
A5	0,7778	0,7778	0,7778	0,8833	-	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,7111	0,8833	0,7833	0,7833	0,9000	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000
A6	0,3167	0,3167	0,6389	0,2222	0,2222	-	0,9556	0,3722	0,5278	0,5278	0,5278	0,5278	0,2722	0,2722	0,7611	0,4944	0,4389	0,8000	0,8000
A7	0,3167	0,3167	0,6389	0,2667	0,2667	0,5889	-	0,4167	0,5722	0,5722	0,4167	0,4167	0,3167	0,3167	0,6056	0,3833	0,1667	0,7056	0,7056
A8	0,4556	0,4556	0,6278	0,4611	0,5778	0,7500	0,7500	-	0,8500	0,7500	0,4611	0,4611	0,6333	0,6333	0,7500	0,7500	0,7500	0,8500	0,8500
A9	0,3167	0,3167	0,6389	0,1667	0,2833	0,7444	0,9000	0,5333	-	0,7611	0,3167	0,3167	0,3167	0,3167	0,6056	0,2833	0,2833	0,8444	0,8444
A10	0,4556	0,4556	0,7778	0,2833	0,2833	0,7222	0,8778	0,4333	0,7611	-	0,5556	0,5556	0,4556	0,4556	0,6222	0,5222	0,3000	0,7222	0,7222
A11	0,6278	0,6278	0,7778	0,4722	0,4722	0,7778	0,7778	0,7222	0,8778	0,7778	-	1,0000	0,6222	0,6222	0,7778	0,8500	0,6278	0,7222	0,7222
A12	0,6278	0,6278	0,7778	0,4722	0,4722	0,4722	0,7778	0,7222	0,8778	0,7778	0,8278	-	0,6222	0,6222	0,7778	0,8500	0,6278	0,7222	0,7222
A13	0,4556	0,5556	0,8778	0,5556	0,5556	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	1,0000	0,8278	0,8278	-	1,0000	0,8778	0,8500	0,7278	0,8778	0,8778
A14	0,4556	0,5556	0,8778	0,5556	0,5556	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	1,0000	0,8278	0,8278	1,0000	-	0,8778	0,8500	0,7278	0,8778	0,8778
A15	0,3389	0,3944	0,6833	0,3611	0,3611	0,6889	0,6889	0,5111	0,5167	0,5167	0,5167	0,5167	0,3611	0,3611	-	0,5167	0,5611	0,5333	0,5333
A16	0,6056	0,6056	0,7778	0,3333	0,1833	0,6611	0,7778	0,4333	0,7611	0,6611	0,7111	0,7111	0,3333	0,3333	0,7778	-	0,3389	0,7222	0,7222
A17	0,6056	0,6611	0,8333	0,5111	0,5111	0,9556	0,9556	0,6833	0,8389	0,8389	0,6667	0,6667	0,6833	0,6833	1,0000	0,9556	-	0,8000	0,8000
A18	0,2000	0,3167	0,4889	0,3222	0,3222	0,3222	0,4611	0,5722	0,4222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,5889	0,3222	0,3222	-	1,0000
A19	0,2000	0,3167	0,4889	0,3222	0,3222	0,3222	0,4611	0,5722	0,4222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,5889	0,3222	0,3222	1,0000	-
A20	0,4556	0,4556	0,6278	0,4611	0,4611	0,6333	0,7500	0,7111	0,5611	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,9000	0,5778	0,4611	1,0000	1,0000
A21	0,3389	0,4556	0,6278	0,4611	0,4611	0,6333	0,6333	0,7111	0,5611	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,9000	0,4611	0,4611	1,0000	1,0000
A22	0,2000	0,3167	0,4889	0,3222	0,3222	0,4611	0,5722	0,5722	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,5889	0,3222	0,3222	0,8833	0,8833

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 20 – Matriz de concordância cenário 3 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A23	0,4556	0,4556	0,6278	0,4611	0,4611	0,6333	0,7500	0,5611	0,7333	0,6333	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,7500	0,5778	0,4611	0,8500	0,8500
A24	0,3167	0,3167	0,4889	0,3222	0,3222	0,6333	0,7500	0,5722	0,4222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,7611	0,4389	0,3222	1,0000	1,0000
A25	0,3167	0,3167	0,4889	0,3222	0,3222	0,6333	0,7500	0,5722	0,4222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,3222	0,7611	0,4389	0,3222	1,0000	1,0000
A26	0,4556	0,4556	0,6278	0,4611	0,4611	0,7500	0,7500	0,7111	0,5611	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,4611	0,9000	0,5778	0,5778	1,0000	1,0000
A27	0,0444	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2944	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A28	0,0444	0,1000	0,2167	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,2222	0,2222	0,1000	0,1000	0,2944	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A29	0,0444	0,1000	0,2167	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2944	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A30	0,0444	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2389	0,1000	0,1000	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,1444	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A31	0,0444	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2389	0,1000	0,1000	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,1444	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A32	0,0444	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,2222	0,1444	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A33	0,3389	0,4389	0,7278	0,2833	0,2833	0,2833	0,4389	0,4333	0,4389	0,5611	0,4056	0,4056	0,4056	0,4056	0,4333	0,4056	0,2833	0,4556	0,4556
A34	0,3389	0,4389	0,7278	0,2389	0,2389	0,2833	0,3944	0,3889	0,3944	0,5167	0,3611	0,3611	0,3611	0,3611	0,4333	0,3611	0,2833	0,4111	0,4111
A35	0,0444	0,1000	0,2722	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,2222	0,2222	0,1000	0,1000	0,2944	0,2222	0,1444	0,2500	0,2500
A36	0,0444	0,1000	0,2722	0,1000	0,1000	0,1000	0,2389	0,2500	0,1000	0,1000	0,2222	0,2222	0,1000	0,1000	0,2944	0,2222	0,1444	0,1000	0,1000
A37	0,3389	0,4389	0,7278	0,2389	0,2389	0,2833	0,3944	0,3889	0,3944	0,5167	0,3611	0,3611	0,3611	0,3611	0,4333	0,3611	0,2833	0,4111	0,4111

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 20 – Matriz de concordância cenário 3 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	0,6833	0,8000	0,8000	0,6833	0,6833	0,6833	0,6833	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9556	0,9556	1,0000	1,0000	0,9556
A2	0,6833	0,6833	0,6833	0,6833	0,6833	0,6833	0,6833	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9556	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A3	0,5111	0,5111	0,5111	0,5111	0,5111	0,5111	0,5111	1,0000	0,8833	0,8833	1,0000	1,0000	1,0000	0,6667	0,7111	1,0000	1,0000	0,7111
A4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
A5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
A6	0,4889	0,4889	0,6611	0,4889	0,6611	0,6611	0,4889	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7167	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A7	0,4167	0,5333	0,7056	0,4167	0,5889	0,5889	0,4167	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A8	0,8500	0,8500	0,8500	1,0000	0,8500	0,8500	0,8500	0,7500	0,7500	0,7500	0,9000	0,9000	0,9000	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500
A9	0,7056	0,7056	0,8444	0,7056	0,8444	0,8444	0,7056	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A10	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
A11	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7778	0,9000	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,9000	0,9000	0,7778
A12	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7222	0,7778	0,9000	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,9000	0,9000	0,7778
A13	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A14	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	0,8778	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A15	0,3611	0,3611	0,5333	0,5111	0,5333	0,5333	0,3611	1,0000	0,8500	0,8500	1,0000	1,0000	1,0000	0,9556	0,9556	0,8500	1,0000	0,9556
A16	0,6056	0,7222	0,7222	0,6056	0,6056	0,6056	0,6056	0,7778	0,9000	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,7778	0,9000	0,9000	0,7778
A17	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	0,8000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9556	0,9556	1,0000	1,0000	0,9556
A18	0,4222	0,6889	0,6889	0,5722	0,5722	0,5722	0,5722	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A19	0,4222	0,6889	0,6889	0,5722	0,5722	0,5722	0,5722	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A20	-	1,0000	1,0000	0,7111	1,0000	1,0000	0,8833	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
A21	0,5611	-	1,0000	0,7111	0,8833	0,8833	0,8833	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
A22	0,4222	0,5722	-	0,5722	0,5722	0,5722	0,5722	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 20 – Matriz de concordância cenário 1 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A23	0,8500	0,8500	0,8500	-	0,8500	0,8500	0,7333	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,9000	0,9000	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500
A24	0,5389	0,6889	1,0000	0,5722	-	1,0000	0,5722	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A25	0,5389	0,6889	1,0000	0,5722	0,8611	-	0,5722	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,7611	0,7611	0,9000	0,9000	0,7611
A26	0,6778	1,0000	1,0000	0,8278	1,0000	1,0000	-	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
A27	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	-	0,5778	0,7333	0,8611	0,8611	1,0000	0,3722	0,3722	0,5222	0,5333	0,3722
A28	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	0,7389	-	0,8778	0,7389	0,7389	0,7389	0,2500	0,2500	0,5389	0,6889	0,2500
A29	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	0,8611	0,8444	-	0,8611	0,8611	0,8611	0,3722	0,3722	0,3833	0,5333	0,3722
A30	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	0,6778	0,4056	0,5611	-	1,0000	1,0000	0,2222	0,2222	0,5222	0,5222	0,2222
A31	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	0,6778	0,4056	0,5611	0,6778	-	1,0000	0,2222	0,2222	0,5222	0,5222	0,2222
A32	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	0,5611	0,4056	0,5611	0,4222	0,7444	-	0,2222	0,2222	0,4056	0,2667	0,2222
A33	0,2833	0,2833	0,2833	0,4333	0,2833	0,2833	0,2833	1,0000	0,8500	0,8500	1,0000	1,0000	1,0000	-	1,0000	0,8500	1,0000	1,0000
A34	0,2389	0,2389	0,2389	0,3889	0,2389	0,2389	0,2389	1,0000	0,8500	0,8500	1,0000	1,0000	1,0000	0,8389	-	0,8500	1,0000	0,8833
A35	0,1000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,8778	0,8833	0,7611	0,7389	0,7389	0,8778	0,2500	0,2500	-	0,8611	0,2500
A36	0,1000	0,1000	0,1000	0,2500	0,1000	0,1000	0,1000	0,8778	0,7333	0,6111	0,8778	0,8778	0,8778	0,2500	0,2500	0,8500	-	0,2500
A37	0,2389	0,2389	0,2389	0,3889	0,2389	0,2389	0,2389	1,0000	0,8500	0,8500	1,0000	1,0000	1,0000	0,8389	1,0000	0,8500	1,0000	-

Fonte: Autora, 2020.

Foi utilizada a equação 9.0 para determinar o índice de discordância, através da máxima diferença elemento a elemento das avaliações dividido pela escala (δ), como mostra a Tabela 21.

$$D_{(1,2)} = \max(0,0094-0,0094/0,0578; 0,0000-0,0000/0,1090; 0,0160-0,0160/0,0353; 0,0202-0,0100/0,0858; 0,0297-0,0396/0,00198; 0,0333-0,0333/0,0444; 0,0171-0,0085/0,0342; 0,0154-0,0077/0,0308)$$

$$\mathbf{D_{(1,2)} = 0,2500}$$

Tabela 21 - Matriz de discordância cenário 3.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	0,2500	0,6903	0,5000	0,5000	0,5143	0,6286	1,0000	1,0000	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	0,5000	1,0000	0,5000	1,0000	1,0000
A2	0,5000	-	0,5710	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500
A3	0,5000	0,0000	-	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,5000	0,7500	0,7500
A4	1,0000	0,5000	0,7774	-	0,0226	0,5143	0,6286	0,6364	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A5	1,0000	0,5000	0,7548	0,0606	-	0,5143	0,6286	0,6970	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A6	0,5000	0,2500	0,7355	0,0000	0,0000	-	0,2500	0,5152	0,5000	0,2500	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
A7	1,0000	0,5000	0,6903	0,0000	0,0000	0,5000	-	0,5152	0,5000	0,2500	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5000	0,5000
A8	1,0000	0,5000	0,7548	0,0000	0,0000	0,5143	0,5143	-	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A9	1,0000	0,5000	0,7548	0,0000	0,0000	0,5000	0,5714	0,5152	-	0,2500	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5143	0,5143
A10	1,0000	0,5000	0,7452	0,0000	0,0000	0,5143	0,6286	0,5152	0,5000	-	0,2500	0,2500	0,0000	0,0000	1,0000	0,2500	1,0000	0,5714	0,5714
A11	1,0000	0,5000	0,8065	0,0408	0,0516	0,5143	0,6286	0,5152	0,2500	0,2500	-	0,0408	0,0816	0,0816	1,0000	0,1224	1,0000	0,5714	0,5714
A12	1,0000	0,5000	0,8065	0,0290	0,0516	0,5143	0,6286	0,5152	0,2500	0,2500	0,0000	-	0,0408	0,0408	1,0000	0,1161	1,0000	0,5714	0,5714
A13	1,0000	0,5000	0,8065	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	-	0,0000	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A14	1,0000	0,5000	0,8065	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	-	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A15	0,2500	0,2500	0,4839	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	-	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A16	1,0000	0,5000	0,6903	0,0303	0,0000	0,5143	0,6286	0,6667	0,2500	0,2500	0,1515	0,1515	0,1515	0,1515	1,0000	-	1,0000	0,5714	0,5714
A17	1,0000	0,5000	0,6903	0,0303	0,0000	0,5143	0,6286	0,6667	0,2500	0,2500	0,1515	0,1515	0,1515	0,1515	1,0000	0,0000	-	0,7500	0,7500
A18	1,0000	0,5000	0,6774	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	-	0,0000
A19	1,0000	0,5000	0,6774	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,0000	-
A20	1,0000	0,5000	0,7097	0,0000	0,0000	0,5143	0,6286	0,4545	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A21	1,0000	0,5000	0,6774	0,0000	0,0000	0,5143	0,6286	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	0,2500	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A22	1,0000	0,5000	0,6548	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,2286	0,2286
A23	1,0000	0,5000	0,7258	0,0000	0,0000	0,5143	0,6286	0,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 21 - Matriz de discordância cenário 3 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A24	1,0000	0,5000	0,7097	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,4286	0,4286
A25	1,0000	0,5000	0,7097	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,3429	0,3429
A26	1,0000	0,5000	0,7355	0,0000	0,0000	0,5143	0,6286	0,3636	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	1,0000	0,5000	1,0000	0,5714	0,5714
A27	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A28	0,0000	0,0000	0,1613	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0909	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A29	0,0000	0,0000	0,1613	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0909	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A30	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A31	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A32	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A33	1,0000	0,5000	0,5000	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	1,0000	0,5000	1,0000	0,7500	0,7500
A34	0,5000	0,0000	0,1935	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500
A35	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,1515	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A36	0,0000	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,0000	0,7500	0,7500
A37	0,5000	0,0000	0,3226	0,2500	0,2500	0,5143	0,6286	0,7500	0,7500	0,2500	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,5000	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 21 - Matriz de discordância cenário 3 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,8516	1,0000	1,0000	0,8571	0,9592	0,9592	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500
A2	0,7500	0,7500	0,7500	0,9091	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,8571	0,9592	0,9592	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A3	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,7576	0,7576	0,5000	0,5000	0,7500	0,7500	0,5000
A4	0,5000	0,5000	0,5000	0,8788	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5839	1,0000	1,0000	0,5000
A5	0,5000	0,5000	0,5000	0,9394	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5613	1,0000	1,0000	0,5000
A6	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	0,8968	0,5742	0,7500	0,8968	0,8968	0,9290	0,3030	0,5419	0,8968	0,8968	0,4129
A7	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3030	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A8	0,1020	0,1633	0,3429	0,2424	0,2041	0,2286	0,1633	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5613	1,0000	1,0000	0,5000
A9	0,0606	0,1515	0,2857	0,7576	0,1515	0,1714	0,1515	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3265	0,5613	1,0000	1,0000	0,5000
A10	0,5000	0,5000	0,5000	0,7576	0,5000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,3265	0,5516	1,0000	1,0000	0,5000
A11	0,2500	0,2500	0,3429	0,7576	0,2857	0,2857	0,2500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4898	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A12	0,2500	0,2500	0,3429	0,7576	0,2500	0,2500	0,2500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4490	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A13	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A14	0,7500	0,7500	0,7500	0,7576	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,6129	1,0000	1,0000	0,5000
A15	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	0,7500	0,7500	0,7500	0,2500	0,2903	0,7429	0,6452	0,2500
A16	0,2500	0,3030	0,3429	0,9091	0,3030	0,3030	0,3030	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4545	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A17	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	0,7500	0,7500	0,7500	0,8968	1,0000	1,0000	0,8968	1,0000	1,0000	0,5455	0,5455	0,8968	0,8968	0,5455
A18	0,0000	0,0000	0,0226	0,6061	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A19	0,0000	0,0000	0,0226	0,6061	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A20	-	0,0909	0,3429	0,6970	0,1429	0,2286	0,0909	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5161	1,0000	1,0000	0,5000
A21	0,0000	-	0,3429	0,6061	0,1429	0,2286	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A22	0,0000	0,0000	-	0,6061	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A23	0,0204	0,0816	0,3429	-	0,1429	0,2286	0,0816	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5323	1,0000	1,0000	0,5000

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 21 - Matriz de discordância cenário 3 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A24	0,0000	0,0323	0,2000	0,6061	-	0,0857	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5161	1,0000	1,0000	0,5000
A25	0,0000	0,0323	0,1143	0,6061	0,0000	-	0,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5161	1,0000	1,0000	0,5000
A26	0,0258	0,0581	0,3429	0,6061	0,1429	0,2286	-	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,5000	0,5419	1,0000	1,0000	0,5000
A27	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	-	0,2571	0,2571	0,3030	0,4545	0,4545	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A28	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,3226	-	0,2500	0,3939	0,5455	0,5455	0,0909	0,0909	0,3226	0,3226	0,0909
A29	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,3226	0,2500	-	0,3939	0,5455	0,5455	0,0909	0,0909	0,3226	0,3226	0,0909
A30	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,1143	0,3714	0,3714	-	0,1515	0,1515	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A31	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,1143	0,3714	0,3714	0,0000	-	0,1143	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A32	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,0000	0,2571	0,2571	0,0000	0,0000	-	0,0000	0,0000	0,2500	0,2500	0,0000
A33	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	-	0,5000	1,0000	1,0000	0,5000
A34	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,6286	0,7429	0,0000	-	0,7429	0,6286	0,0000
A35	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,2500	0,2571	0,2571	0,4545	0,6061	0,6061	0,1515	0,1515	-	0,1515	0,1515
A36	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,2500	0,3714	0,3714	0,3061	0,4545	0,4545	0,0000	0,0000	0,1143	-	0,0000
A37	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7500	0,7429	1,0000	1,0000	0,6286	0,6286	0,7429	0,0000	0,1290	0,7429	0,6286	-

Fonte: Autora, 2020.

Antes de montar a matriz de superação foram definidos os limiares de concordância e discordância, estabelecidos neste trabalho como sendo $c=0,6$ e $d=0,4$ respectivamente. A próxima etapa foi verificar as condições estabelecidas na equação 11.0, como é apresentado na tabela 22.

1ª Condição → $c = 0,6$ e $C_{1,2} = 0,9556$

$C_{1,2} \geq c$ condição satisfeita

2ª Condição → $d = 0,4$ e $D_{1,2} = 0,2500$

$D_{1,2} \leq d$ condição satisfeita

Então o índice da matriz de superação recebe o valor 1.

Tabela 22 – Matriz de superação cenário 3 c=0,6 d=0,4.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A1	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	-	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	1	1	1	0	1	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-	1	1	0	1	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	-	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	-	0	0
A18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
A19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
A20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 22 – Matriz de superação cenário 3 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19
A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
A26	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A34	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A37	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2020.

Tabela 22 – Matriz de superação cenário 3 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A11	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A12	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
A16	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A18	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A19	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	-	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A21	0	-	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A22	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

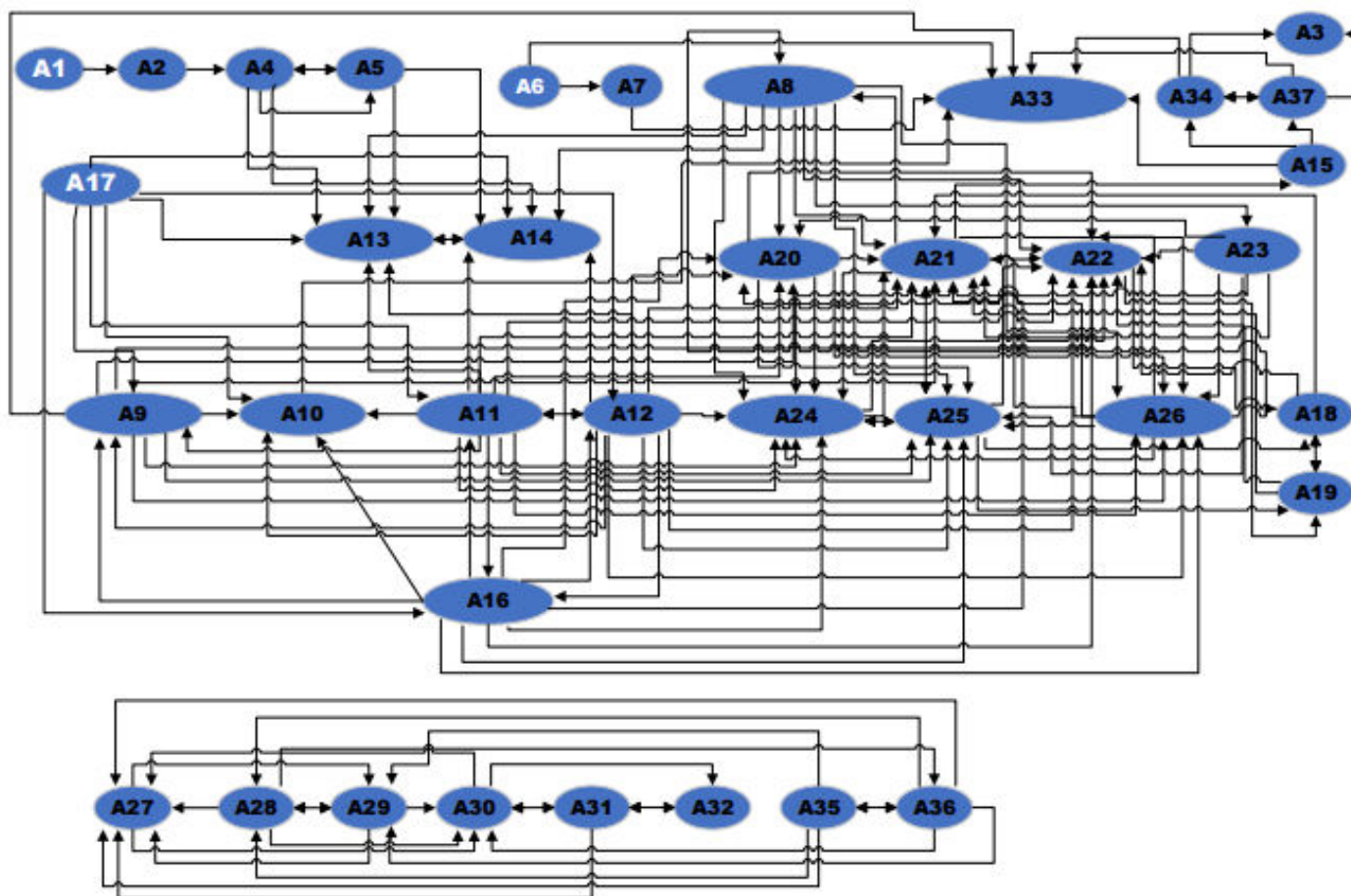
Fonte: Autora, 2020.

Tabela 22 – Matriz de superação cenário 3 c=0,6 d=0,4 (Continuação).

	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37
A23	1	1	1	-	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A24	0	1	1	0	-	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A25	0	1	1	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A26	1	1	1	0	1	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	0	-	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A28	0	0	0	0	0	0	0	1	-	1	1	0	0	0	0	0	1	0
A29	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-	1	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	1	1	0	0	0	0	0
A31	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	-	1	0	0	0	0	0
A32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
A34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	0	0	1
A35	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	-	1	0
A36	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	-	0
A37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	-

Fonte: Autora, 2020.

A última etapa do método foi a representação das relações de sobreclassificação usando grafos. Destacadas em branco na Figura 15, é possível visualizar a relação de sobreclassificação das alternativas A1, A6 e A17 que não foram superadas por outras alternativas.

Figura 15 - Relação de sobreclassificação das alternativas utilizando grafo com $c=0,6$ e $d=0,4$ Cenário 3.

Fonte: Autora, 2020.

O Kernel para população até 10.000 habitantes, cenário 3, compreende um conjunto formado com 3 alternativas: tratamento primário (tanques sépticos), lagoa aerada facultativa e reator UASB.

A tecnologia, reator UASB pode ser utilizada como unidade única de tratamento ou combinada com pós-tratamento. Durante a avaliação para escolha do sistema de tratamento, em função da dificuldade em satisfazer os padrões de lançamento, é prudente avaliar a inclusão de pós tratamento ao reator UASB com lagoas de polimento em série. A indicação de lagoas está pautada na facilidade de operação, considerando que os municípios com menos de 10.000 habitantes do Estado de Goiás em sua maioria ficam longe de grandes centros urbanos, dificultando a manutenção.

5.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Com a finalidade de possibilitar uma análise mais precisa, considerando o grau de subjetividade na definição dos pesos e limiares, foi realizada análise de sensibilidade para os três cenários propostos.

5.7.1 Cenário 1: População Acima de 50.000 Habitantes

Primeiramente foram atribuídos aleatoriamente novos pesos para os critérios adotados para o Cenário 1, os quais não apresentaram alterações significativas nos resultados obtidos.

Em seguida foram atribuídos linearmente novos valores para os limiares, o que possibilitou a obtenção de intervalo para concordância de {0,58 a 0,62} e discordância de {0,42 a 0,38} sem alteração dos resultados já obtidos, com seleção de um conjunto composto por 10 alternativas (A1, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A15, A28 e A34).

Posteriormente foi adotado novo valor para os limiares de concordância e discordância respectivamente, $c=0,7$ e $d=0,3$, valores também adotados por outros autores em trabalhos similares (ARAÚJO, 2015; PEREIRA, 2017; RODRIGUES, 2009) e realizado nova simulação (Simulação 1), onde foram obtidos conjunto com 14 Alternativas (A1, A2, A3, A4, A6, A8, A9, A10, A11, A15, A17, A28, A33 e A34).

Após realização da Simulação 1, percebeu-se que para esse estudo, diminuindo a restrição, aumenta a relação de sobreclassificação, conseqüentemente reduz a quantidade de alternativas do Kernel, objetivo do método, então foram adotados novos limiares $c=0,5$ e $d=0,5$ e realizada

nova simulação (Simulação 2). Estes valores de limiares também foram adotados por Sousa (2017), onde foram obtidos conjunto com 2 Alternativas (A8 e A11).

Os limiares definidos para o Cenário 1, $c=0,6$ e $d=0,4$, mesmo sendo um dos mais utilizados, para este estudo, não se apresentaram os mais eficientes para resolução desse tipo de problemática. Após análise de sensibilidade, com mais duas simulações realizadas, os limiares de concordância e discordância $c=0,5$ e $d=0,5$ apresentaram-se mais adequados para resolução desse tipo de problemática, uma vez que eliminou a maior quantidade de opções e selecionou o conjunto com as melhores alternativas: lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoas de maturação (A8) e infiltração lenta (A11).

Levando em consideração as preferências dos especialistas em relação aos pesos atribuídos, o método Electre I apresentou-se adequado para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto. Uma vez que as tecnologias selecionadas estão coerentes com as tecnologias hoje utilizadas no Estado e os especialistas consultados atuam na área de esgotamento sanitário no Estado de Goiás.

Para as tecnologias de tanques sépticos é prudente que a mesma seja considerada para áreas de baixa densidade populacional ou onde a implantação de rede de esgoto não for possível em função do custo ou da topografia e a tecnologia de infiltração lenta seja considerada como uma opção de destinação final dos esgotos tratados principalmente em áreas onde há ausência ou poucas alternativas de corpo receptor.

Quando da escolha do tipo de tratamento de cada município em função das particularidades de cada lugar e do tempo disponível para análise, o decisor pode adotar o menor ou o maior conjunto apresentado.

5.7.2 Cenário 2: População Entre 10.000 e 50.000 Habitantes

Primeiramente foi atribuído aleatoriamente novo pesos para os critérios adotados para o Cenário 2, o qual não apresentou alterações significativas nos resultados obtidos.

Para o Cenário 2, foi atribuído linearmente novo valores para os limiares, o que possibilitou obtenção de intervalo para concordância de $\{0,57$ a $0,62\}$ e discordância de $\{0,43$ a $0,38\}$ sem alteração dos resultados já obtidos, com seleção de um conjunto composto por 5 alternativas (A1, A4, A6, A11 e A17).

Em seguida, foi adotado novo valor para os limiares de concordância e discordância respectivamente, $c=0,7$ e $d=0,3$, valores também adotados por outros autores em trabalhos similares (ARAÚJO, 2015; PEREIRA, 2017; RODRIGUES, 2009), e realizado nova simulação (Simulação 3), onde foram obtidos conjunto com 7 Alternativas (A1, A3, A4, A6, A8, A11, A17). Assim como no Cenário 1 para os limiares de 0,7 e 0,3 a quantidade de alternativas no Kernel foi maior.

Após realização da Simulação 3, percebeu-se que para esse estudo, o cenário 2 apresentou o mesmo comportamento do cenário 1, então foi adotado novos limiares $c=0,5$ e $d=0,5$ e realizada nova simulação (Simulação 4). Estes valores de limiares também foram adotados por Sousa (2017), onde foram obtidos conjunto com 1 Alternativa: infiltração lenta (A11). Na Simulação 4, não foi possível determinar um intervalo sem alteração dos dados já obtidos.

Apesar da simulação 4 ter eliminado a maior quantidade de opções, a alternativa selecionada de infiltração lenta não se apresenta adequada como única tecnologia de tratamento para essa faixa de população.

Considera-se mais adequado para esse estudo, em função da problemática a ser resolvida, o conjunto composto pelas 5 alternativas selecionadas para os limiares de $c=0,6$ e $d=0,4$: tratamento primário (tanques sépticos), lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, infiltração lenta e reator UASB.

Quando da escolha do tipo de tratamento de cada município em função das particularidades de cada lugar e do tempo disponível para análise, o decisor pode adotar o menor ou o maior conjunto apresentado.

5.7.3 Cenário 3: População Abaixo de 10.000 Habitantes

Primeiramente, foi atribuído aleatoriamente novo pesos para os critérios adotados para o Cenário 3, o qual não apresentou alterações significativas nos resultados obtidos.

Na sequência, foi atribuído linearmente novo valores para os limiares, para o Cenário 3, o que possibilitou obtenção de intervalo para concordância de $\{0,57$ a $0,63\}$ e discordância de $\{0,43$ a $0,37\}$ sem alteração dos resultados já obtidos, com seleção de um conjunto composto por 3 alternativas (A1, A6 e A17).

Posteriormente, foi adotado novo valor para os limiares de concordância e discordância respectivamente, $c=0,7$ e $d=0,3$, valores também adotados por outros autores em trabalhos

similares (ARAÚJO, 2015; PEREIRA, 2017; RODRIGUES, 2009), e realizada nova simulação (Simulação 5), onde foram obtido um conjunto maior, composto por 5 Alternativas (A1, A6, A8, A17 e A30).

Após realização da Simulação 5, percebeu-se que para esse estudo, o cenário 3 apresentou mesmo comportamento dos cenários 1 e 2, então foi adotado novos limiares $c=0,5$ e $d=0,5$ e realizada nova simulação (Simulação 6). Estes valores de limiares também foram adotados por Sousa (2017), onde não foi possível a determinação do Kernel, ou seja, todas as alternativas foram superadas.

Para o cenário 3, os limiares definidos, $c=0,6$ e $d=0,4$, apresentaram-se adequados para resolução desse tipo de problemática, uma vez que eliminou a maior quantidade de opções e selecionou o conjunto com as melhores alternativas: tratamento primário (tanque séptico), lagoa aerada facultativa e reator UASB.

As tecnologias selecionadas apresentam-se coerentes com a faixa de população de até 10.000 habitantes. Quando da escolha do tipo de tratamento de cada município em função das particularidades de cada lugar e do tempo disponível para análise, o decisor pode adotar o menor ou o maior conjunto apresentado.

6 CONCLUSÕES

Para seleção de tecnologias de tratamento de esgoto doméstico foi utilizado o método Electre I.

Para o cenário 1, com adoção de 16 critérios de avaliação utilizando limiares $c=0,6$ e $d=0,4$, foi selecionado um conjunto com 10 alternativas como sendo as mais adequadas para população com mais de 50.000 habitantes: tratamento primário - tanques sépticos, lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de alta taxa, lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas, infiltração lenta, tanque séptico + filtro anaeróbio, lodos ativados - aeração prolongada e filtro biológico percolador de alta carga.

O Kernel para o cenário 2, com adoção de 10 critérios de avaliação utilizando limiares $c=0,6$ e $d=0,4$ é formado por 5 alternativas como sendo as mais adequadas para população de 10.000 a 50.000 habitantes: tratamento primário (tanques sépticos), lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, infiltração lenta e reator UASB.

Já para o cenário 3, com população até 10.000 habitantes, adoção de 8 critérios de avaliação utilizando limiares $c=0,6$ e $d=0,4$, o Kernel foi formado por um conjunto com 3 alternativas: tratamento primário (tanques sépticos), lagoa aerada facultativa e reator UASB.

Após análise de sensibilidade foi selecionado para população com mais de 50.000 habitantes conjunto composto por 2 alternativas (lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação e infiltração lenta).

Para população de 10.000 a 50.000 habitantes após análise de sensibilidade foi composto por 5 alternativas: tratamento primário (tanques sépticos), lagoa facultativa, lagoa aerada facultativa, infiltração lenta e reator UASB. Já para população até 10.000 habitantes o conjunto foi composto por 3 alternativas (tanques sépticos, lagoa aerada facultativa e reator UASB).

A aplicação do método ELECTRE I, apresentou-se adequada para resolução do problema exposto, de forma a otimizar o tempo dos decisores durante o processo de escolha de tecnologias de tratamento de esgoto, garantindo que todas as questões levantadas fossem consideradas segundo os cenários avaliados.

7 SUGESTÕES

Em função dos resultados apresentados neste estudo é sugerido para trabalhos futuros:

- Aplicação de metodologias de análise multicritério com problemática de ordenação ou classificação para escolha da melhor alternativa dentro do conjunto selecionado neste estudo.
- Aplicação de método de análise multicritério da Escola Americana, com a finalidade de comparação dos resultados.
- Aplicação do método Electre I, utilizando fórmulas para atribuição de pesos, onde o decisor não interfere nos valores dos pesos, para fins de comparação dos resultados.

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. **Processo de decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão Multicritério**. Atlas, 2013.

ANDRADE, P. F. **Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para Seleção de Escopos de Projetos de Investimento Social Privado**. Dissertação (Mestrado Engenharia da Produção e Sistemas), Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2014.

ARAUJO, F. A.; BELDERRAIN, M. C. N.; CARVALHO, N. H. C.; JÚNIOR; GONÇALVES, T. J. M. **Aplicação do Método Electre I, na Escolha do Tipo de Gás para Uso em Edificações**, XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Salvador, 2014.

ARAUJO, J. J.; AMARAL, T. M. Aplicação do Método ELECTRE I para Problemas de Seleção envolvendo Projetos de Desenvolvimento de Software Livre, **GEPROS. Gestão de Produção, Operação e Sistemas**, Ano 11, nº 2, abr-jun/2016, p. 121-137, 2016.

BALTAR, A.M.; NETTO, M.C. **Métodos multicritério aplicados à hierarquização de investimentos na área de recursos hídricos**. Simpósio Internacional sobre Gestão de Recursos Hídricos. Gramado, RS, 1998.

BANDEIRA, Otniel Alencar. **Saneamento Básico em Goiânia: uma questão de saúde pública**. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/handle/tede/3628>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (BRASIL). **Atlas Esgoto: Despoluição de Bacias Hidrográficas/Agência Nacional de Águas. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental**. Brasília: ANA, 2017, 88 p il., 2017.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 30 jan 2019.

BRASIL. Constituição as República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 30 jan. 2019.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Censo Demográfico. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/series-temporais/series-temporais/>>. Acesso em: 30 de agosto de 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Plano Nacional de Saneamento Básico-Plansab**, Brasília, 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, SECRETARIA

NACIONAL DE SANEAMENTO. **SNIS Série Histórica**. Disponível em <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 26 de janeiro de 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO-SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto 2017**, Brasília: SNS/MDR, 2019. 226 p.: il., 2019

BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas/ organizadora Adriana Maria Magalhães de Moura**, Brasília: Ipea, 2016. 352 p.: il., 2016.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrão de lançamento de esgotos complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Diário Oficial 16 de maio de 2011; pág. 89.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de esgotos, e dá outras providências. Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.**

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual de Saneamento** - 4 ed. - Brasília: Funasa, 642 p. il, 2015.

BRINGER, L. M. **Seleção de sistemas de tratamento de esgotos no âmbito de bacias hidrográficas a partir do emprego de modelagem de qualidade, otimização e da análise multiobjetivo**, 2017, 207f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

BRIOZO, R. A.; MUSETTI, M. A. Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA 24 h, **Gestão & Produção**, vol.22 no. 4, São Carlos out./dez. 2015, pub. 29-Set-2015, 2015.

BRITES, C. R. C. **Abordagem multiobjetivo na seleção de sistemas de reúso de água em irrigação paisagística no Distrito Federal**. 2008. 262 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Publicação PTARH.DM-112/08, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2008.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos de saneamento**. 2011, 175 f. Tese (Doutorado – programa de pós-graduação em engenharia de produção). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

CASTRO, L. M. A. Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água. 2007. 297 f. Tese (Doutorado em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

CORNELLI, R. **Análise e seleção de alternativas sustentáveis de esgotamento sanitário**, 2014, 136 f. Tese (Doutorado Engenharia Sistemas de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

COSTA, H.G. Graphical interpretation of outranking principles, **Journal of Modelling in**

Management, Vol. 11 Iss 1 pp. 26 - 42, 2016.

DANTAS, G. H. G. D.; GARCIAS, C M.; AISSE, M. M. **Metodologia para Escolha de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico para Comunidades Nucleadas pelo Exército Brasileiro**, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005.

FANTIN, L. L. D. REIS, J. A. T.; MENDONÇA, S. F. Proposta metodológica para pré-seleção de sistemas de tratamento de esgoto no âmbito de bacias hidrográficas, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 22 e 12, <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011716079>, 2016.

GOFFI, A. S. **Uso da análise multicritério para a seleção de tecnologias de tratamento de esgotos**, 2017, 113 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção e Sistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

GOFFI, A. S.; TROJAN, F.; LIMA, J. D.; LIZOT, M.; THESARI, S. S. Economic feasibility for selecting wastewater treatment systems, **Water Science & Technology**, v.78, Ed. 12, 2018.

GOIÁS (Estado). **Lei nº 8.544, DE 17 de outubro de 1978**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial 17 de outubro de 1978; 90º da República.

GOIÁS. Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. Disponível em <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

GOIÁS. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Goiás - Produto 5 - Revisão Final-Setembro 2015. Disponível em <<http://www.meioambiente.go.gov.br/planos-e-projetos/plano-estadual-de-recursos-h%C3%ADricos.html>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

GOMES L. A. M.; GOMES C. F. S; **Tomada de Decisão Gerencial Enfoque Multicritério**. 5ª ed. Revista e Ampliada. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em cenários Complexos: Introdução aos Métodos**

GONÇALVES, J. C. S. I.; DIBIAZI, A. L. B.; SOUZA, A. D. G.; PENNER, G. C. **O uso do modelo QUAL2k como subsídio à seleção de alternativas de tratamento de esgotos – estudo de caso: município de São Simão-SP**, **Revista Uniara**, v.12, n.2, dez/2009, 2009.

HAIKOWICZ, S. A.; COLLINS, K. A. Review of Multiple Criteria Analysis for Water Resource Planning and Management. **Water Resource Management**, v.21, p. 1553-1566, 2007.

HUNT, A. C. **Modelo multicritério de apoio à decisão aplicado à seleção de sistema de tratamento de esgoto para pequenos municípios**, 2013, 118 f. Dissertação (Mestrado Programa de Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

INFANTE, C. E. D. C.; MENDONÇA, F. M.; VALLE, R.A.B. Análise de robustez com o método Electre III: o caso da região de Campo das Vertentes em Minas Gerais. *Gestão e Produção*, São Carlos, vol.21 no.2, April/June 2014, <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X958>.

LEONETI, A. B. **Avaliação de modelo de tomada decisão para escolha de sistema de esgotamento sanitário**. 2009 154 f. Dissertação (Mestrado Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

LISBOA, S.S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R.B.; **Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores**, Engenharia Ambiental e Sanitária, v.18 n.4, out/dez 2013, p.341-348, 2013.

LÓPEZ, G. M. D.; BAYO, J.; CASCALES, G. M. S.; ANGOSTO, J.M. Decision support in disinfection technologies for treated waster reuse. **Jounal of Ceaner Production**, v.17, p.1504-1511, 2009.

MAHJOURIM, M.; ISHAK, M. B.; TORABIAN, A.; MANAF, L. A.; HALIMOON N.; GHODDUSI, J. Optimal selection of Iron and Steel wastewater treatment technology using integrated multi-criteria decision-making techniques and fuzzy logic, **Process Safety and Environmental Protection**, v. 107, abril/2017, p. 54-68, 2017.

MELO, L. F. **Biofilm formation and its role in fixed film processes**. In: HORAN, N. J. (Org). Handbook of Water and Wastewater Microbiology, California: Elsever, 2003.

METCALF & EDDY; **Tratamento de Esgotos e Recuperação de Recursos**. 5 ed.Tradução, Ivanildo Hespanhol e José Carlos Mierzwa. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MIRANDA, A. B.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores para o Monitoramento da Sustentabilidade em Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, Engenharia Ambiental e Sanitária, vol.9, n.4, out/dez 2004, p. 269-279, 2004.

NEVES, C.; NEVES, M. S. Proposta Metodológica para Seleção e Hierarquização de Projetos de Saneamento. Simpósio em Engenharia de Produção, 10, 2003, Universidade Estadual Paulista, Bauru, p. 1-10, 2003.

OLIVEIRA, S. V. W. B. Modelo para Tomada de Decisão na Escolha de Sistema de Tratamento de Esgoto Sanitário, 293 f, Tese (Administração), Faculdade de Economia Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PEREIRA, L. A. C.; PATRÃO, C.N.; ERTHAL, M. Expansão da Educação a Distância no Território Fluminense: Um Enfoque Multicritério, **Revista Cadernos do Desenvolvimento Fluminense**, #12, 1º semestre 2017, 2017.

RABBANI, S.J., S.R., RABBANI, **Decision in Transpotion With the Analytic Hierarchy process**, Campina Grande, UFBP, 1996.

REIS, A. O. P. **Sistemática para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos: uma análise multicriterial aplicada à bacia hidrográfica**, 2018, 133 f. Tese (Engenharia de Produção), Universidade Federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

REN, J.; LIANG, H.; CHAN, F. T. S. Urban sewage sludge, sustainability, and transition for Eco-City: Multi-criteria sustainability assessment of technologies based on best-worst method, **Technological Forecasting and Social Change**, V. 116, mar/2017, p. 29-39, 2017.

RODRIGUES, S. J. P. **Priorização de Requisitos de Software utilizando AHP e**

ELECTRE I, 2009, 66 f., Dissertação (Mestrado em Informática), Universidade do Minho, Braga, 2009.

RODRIGUEZ, D; COSTA, H; CARMO, L. **Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil**. Gestão e Produção, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 134-146, 2013.

Saneamento de Goiás, S.A., **Informações Institucionais**. Disponível em: <<https://www.saneago.com.br/2016/>>. Acesso em: 24 de agosto de 2019.

SILVA, R.C. **Proposta de método para priorização de alternativas por múltiplos critérios**. 2006. 113 f. Tese (Mestrado curso de engenharia aeronáutica e mecânica, área de produção) Instituto Tecnológico de Aeronáutica/ITA. Campo Montenegro, São José dos Campos, SP, 2006.

SIQUEIRA, G. B. A.; FILHO, A. T. A. **Aplicação do Método Electre I para Seleção de Ideias de Inovação**, XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba, 2011.

Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. Disponível em <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

SOUSA, J. R.; EGUCHI, T. Y.; FERREIRA, M. M. G.; JUNIOR, S. N. F.; SILVA, R. G. **Utilização do Método Multicritério ELECTRE I como Auxílio na Seleção de Fornecedores de uma Empresa do Ramo Calçadista**, XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Blumenau, 2017.

SOUZA, M. A. A. **Um modelo para seleção de processos de tratamento de esgotos municipais**. Mestrado (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília, 2015.

VON SPERLING SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 4ª edição revisada. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Esgotos - Lagoas de Estabilização**, 2ª Edição Ampliada. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1986.

STEPNIEWSKA; MALGORZATA. Geographical-Based Sewerage Needs Priorization of Rural Areas: Study of Wielkopolska Region (Poland), **Clean-Soil, Air, Water**, vol.42, abril 2014, p. 513-520, 2014.

STEWART, T. J. A criterial survey on the status of multiple criteria decision making theory and practice. **Omega International Journal of management Science**, v.20, n° 5/6, p. 569-586,1992.

TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L. Priorização de Investimentos em Saneamento Baseada em Indicadores Epidemiológico e Financeiro; **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.6, n.3, jul/set 2001 n.4, out/dez/2001,2001.

TORRES, C. J. F. **Desenvolvimento Metodológico para Apoio à Tomada de Decisão sobre**

o Programa de Efetivação do Enquadramento dos Corpos D'Água. 2014. 176 f. Dissertação (Mestrado Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2014).

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid.** Londres: John Wiley & Sons, 1992.

ZANIN, R. A. **Seleção de processos de tratamento de esgoto.** 2011, 121 F. Dissertação (Mestrado Engenharia de Processos), Universidade da Região de Joinville, 2011.

ZUFFO, A. C.; REIS, L. F. R.; SANTOS, R. F.; CHAUDHRY, F. H. Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento de Recursos Hídricos, **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, n.1 jan/mar 2002, p. 81-102, 2002.

ZUFFO, A.C. **Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos.** 1998. Tese (Doutorado Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1998.

9 APÊNDICE

Nesta seção são apresentados os apêndices elaborados para este estudo de forma a complementar o entendimento do trabalho.

9.1 APÊNDICE 1 – CENÁRIO 1

DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PARA POPULAÇÕES ACIMA DE 50.000 HAB

Título da Dissertação de Mestrado: Seleção de Tecnologia de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Mestranda: Elaine Cristina Brás de Freitas, Eng^a Civil, Especialista em Sistemas de Esgotamento Sanitário, Projetista na Empresa Hollus Serviços Técnicos Especializados Ltda.

Orientador: Francisco Javier Cuba Teran, Mestrado e Doutorado em Hidráulica e Saneamento e Pós-doutorado em Engenharia Urbana.

A seleção de processo de tratamento envolve uma análise detalhada dos diversos fatores que devem ser considerados quando avaliar os processos unitários e outros métodos de tratamento para atender aos objetivos atuais e futuros (METCALF & EDDY, 2016).

Várias metodologias de Análise Multicritério vêm sendo utilizadas para seleção de tecnologia de tratamento de esgotos mais adequado. A adoção dessas metodologias facilita a tomada de decisão, uma vez que é possível resolver problemas com objetivos conflitantes, que abordam tanto critérios quantitativos quanto qualitativos.

Para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos utilizando Análise Multicritério é necessário à adoção de critérios e definição de pesos para os mesmos. Os critérios elencados a seguir são os mais utilizados para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos, provenientes de uma análise sistemática da literatura.

Os critérios selecionados possuem características econômicas, técnicas, sociais e ambientais e serão avaliados quanto sua influência em 37 tipos de tratamento, utilizando a metodologia multicriterial ELECTRE I: Tratamento primário (tanques sépticos), Tratamento primário

convencional, Tratamento primário avançado, Lagoa facultativa, Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa, Lagoa aerada facultativa, Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoas de maturação, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de alta taxa, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas, Infiltração lenta, Infiltração rápida, escoamento superficial, Sistemas alagados construídos (wetlands), Tanque séptico + filtro anaeróbio, Tanque séptico + infiltração, Reator UASB, UASB + lodos ativados, UASB + biofiltro aerado submerso, UASB + filtro anaeróbio, UASB + filtro biológico percolador de alta carga, UASB + flotação por ar dissolvido, UASB + lagoas de polimento/maturação, UASB + lagoa aerada facultativa, UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa decantação, UASB + escoamento superficial, Lodos ativados convencional, Lodos ativados - aeração prolongada, Lodos ativados - batelada (aeração prolongada), Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio, Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio/Fósforo, Lodos ativados convencional + filtração terciária, Filtro biológico percolador de baixa carga, Filtro biológico percolador de alta carga, Biofiltro aerado submerso com nitrificação, Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nitrogênio, Tanque séptico + biodisco.

Sendo assim, solicita-se a contribuição nesta pesquisa, para atribuir pesos de importância para cada critério listado, utilizando ordenação simples, para escolha de tecnologias de tratamento de esgotos para populações acima de 50.000 habitantes. Favor utilizar a escala de 1 a 16, sendo:

- “1” – critério de **menor** importância;
- “16” – critério de **maior** importância.

Característica	Critério	Peso do Critério
Econômica	Operação e manutenção	
	Potência Consumida	
	Demanda por área	
	Investimento	
Ambiental	Lodo líquido a ser tratado	
	Lodo desidratado a ser disposto	
Social	Odor	
	Ruído	
	Aerossóis	
	Atração de insetos	
Técnica	Confiabilidade	
	Complexidade	
	Resistência a variações de vazão	
	Coliformes	
	Nutrientes	
	Demanda Bioquímica de Oxigênio	

Nome do Avaliador: _____

Data da avaliação: _____

9.2 APÊNDICE 2 - CENÁRIO 2

DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PARA POPULAÇÕES ENTRE 10.000 E 50.000 HAB

Título da Dissertação de Mestrado: Seleção de Tecnologia de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Mestranda: Elaine Cristina Brás de Freitas, Eng^a Civil, Especialista em Sistemas de Esgotamento Sanitário, Projetista na Empresa Hollus Serviços Técnicos Especializados Ltda.

Orientador: Francisco Javier Cuba Teran, Mestrado e Doutorado em Hidráulica e Saneamento e Pós-doutorado em Engenharia Urbana.

A seleção de processo de tratamento envolve uma análise detalhada dos diversos fatores que devem ser considerados quando avaliar os processos unitários e outros métodos de tratamento para atender aos objetivos atuais e futuros (METCALF & EDDY, 2016).

Várias metodologias de Análise Multicritério, vêm sendo utilizadas para seleção de tecnologia de tratamento de esgotos mais adequado. A adoção dessas metodologias facilita a tomada de decisão, uma vez que é possível resolver problemas com objetivos conflitantes, que abordam tanto critérios quantitativos quanto qualitativos.

Para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos utilizando Análise Multicritério é necessário a adoção de critérios e definição de pesos para os mesmos. Os critérios elencados a seguir, são os mais utilizados para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos, provenientes de uma análise sistemática da literatura.

Os critérios selecionados possuem características econômicas, técnicas, sociais e ambientais e serão avaliados quanto sua influência em 37 tipos de tratamento, utilizando a metodologia multicriterial ELECTRE I: Tratamento primário (tanques sépticos), Tratamento primário convencional, Tratamento primário avançado, Lagoa facultativa, Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa, Lagoa aerada facultativa, Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoas de maturação, Lagoa anaeróbia + lagoa

facultativa + lagoa de alta taxa, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas, Infiltração lenta, Infiltração rápida, Escoamento superficial, Sistemas alagados construídos (wetlands), Tanque séptico + filtro anaeróbio, Tanque séptico + infiltração, Reator UASB, UASB + lodos ativados, UASB + biofiltro aerado submerso, UASB + filtro anaeróbio, UASB + filtro biológico percolador de alta carga, UASB + flotação por ar dissolvido, UASB + lagoas de polimento/maturação, UASB + lagoa aerada facultativa, UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa decantação, UASB + escoamento superficial, Lodos ativados convencional, Lodos ativados - aeração prolongada, Lodos ativados - batelada (aeração prolongada), Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio, Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio/Fósforo, Lodos ativados convencional + filtração terciária, Filtro biológico percolador de baixa carga, Filtro biológico percolador de alta carga, Biofiltro aerado submerso com nitrificação, Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nitrogênio, Tanque séptico + biodisco.

Sendo assim, solicita-se a contribuição nesta pesquisa, para atribuir pesos de importância para cada critério listado, utilizando ordenação simples, para escolha de tecnologias de tratamento de esgotos para populações entre 10.000 e 50.000 habitantes. Favor utilizar a escala de 1 a 10, sendo:

- “1” – critério de **menor** importância;
- “10” – critério de **maior** importância.

Característica	Critério	Peso do Critério
Econômica	Operação e manutenção	
	Potência Consumida	
	Investimento	
	Demanda por área	
Ambiental	Lodo líquido a ser tratado	
Social	Odor	
	Atração de insetos	
Técnica	Complexidade	
	Coliformes	
	Demanda Bioquímica de Oxigênio	

Nome do Avaliador: _____

Data da avaliação: _____

9.3 APÊNDICE 3 – CENÁRIO 3

DEFINIÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PARA POPULAÇÕES ATÉ DE 10.000 HAB

Título da Dissertação de Mestrado: Seleção de Tecnologia de Tratamento de Esgoto Utilizando Análise Multicritério

Instituição: Universidade Federal de Goiás (UFG)

Mestranda: Elaine Cristina Brás de Freitas, Eng^a Civil, Especialista em Sistemas de Esgotamento Sanitário, Projetista na Empresa Hollus Serviços Técnicos Especializados Ltda.

Orientador: Francisco Javier Cuba Teran, Mestrado e Doutorado em Hidráulica e Saneamento e Pós-doutorado em Engenharia Urbana.

A seleção de processo de tratamento envolve uma análise detalhada dos diversos fatores que devem ser considerados quando avaliar os processos unitários e outros métodos de tratamento para atender aos objetivos atuais e futuros (METCALF & EDDY, 2016).

Várias metodologias de Análise Multicritério, vêm sendo utilizadas para seleção de tecnologia de tratamento de esgotos mais adequado. A adoção dessas metodologias facilita a tomada de decisão, uma vez que é possível resolver problemas com objetivos conflitantes, que abordam tanto critérios quantitativos quanto qualitativos.

Para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos utilizando Análise Multicritério é necessário à adoção de critérios e definição de pesos para os mesmos. Os critérios elencados a seguir, são os mais utilizados para seleção de tecnologias de tratamento de esgotos, provenientes de uma análise sistemática da literatura.

Os critérios selecionados possuem características econômicas, técnicas, sociais e ambientais e serão avaliados quanto sua influência em 37 tipos de tratamento, utilizando a metodologia multicriterial ELECTRE I: Tratamento primário (tanques sépticos), Tratamento primário convencional, Tratamento primário avançado, Lagoa facultativa, Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa, Lagoa aerada facultativa, Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoas de maturação, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de alta taxa, Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas,

Infiltração lenta, Infiltração rápida, Escoamento superficial, Sistemas alagados construídos (wetlands), Tanque séptico + filtro anaeróbio, Tanque séptico + infiltração, Reator UASB, UASB + lodos ativados, UASB + biofiltro aerado submerso, UASB + filtro anaeróbio, UASB + filtro biológico percolador de alta carga, UASB + flotação por ar dissolvido, UASB + lagoas de polimento/maturação, UASB + lagoa aerada facultativa, UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa decantação, UASB + escoamento superficial, Lodos ativados convencional, Lodos ativados - aeração prolongada, Lodos ativados - batelada (aeração prolongada), Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio, Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio/Fósforo, Lodos ativados convencional + filtração terciária, Filtro biológico percolador de baixa carga, Filtro biológico percolador de alta carga, Biofiltro aerado submerso com nitrificação, Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nitrogênio, Tanque séptico + biodisco.

Sendo assim, solicita-se a contribuição nesta pesquisa, para atribuir pesos de importância para cada critério listado, utilizando ordenação simples, para escolha de tecnologias de tratamento de esgotos para populações até de 10.000 habitantes. Favor utilizar a escala de 1 a 8, sendo:

- “1” – critério de **menor** importância;
- “8” – critério de **maior** importância.

Característica	Critério	Peso do Critério
Econômica	Operação e manutenção	
	Potência Consumida	
	Investimento	
Ambiental	Lodo líquido a ser tratado	
Social	Atração de insetos	
Técnica	Complexidade	
	Coliformes	
	Demanda Bioquímica de Oxigênio	

Nome do Avaliador: _____

Data da avaliação: _____

9.4 APÊNDICE 4 – ESTUDO POPULACIONAL HORIZONTE DE PROJETO 2020-2040 – MÉTODO GEOMÉTRICO

Item	Cidade	Cod. IBGE	Nomenclatura	Pop. Urbana 2000 (IBGE)	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Pop. 2040 (Geométrico)	Bacia Hidrográfica
1	AMORINOPOLIS	5200902	M1	2.437	2.171	1.535	Alto Araguaia
2	ARAGARCAS	5201702	M2	16.090	17.617	23.124	Alto Araguaia
3	ARENOPOLIS	5202353	M3	2.234	1.919	1.216	Alto Araguaia
4	AURILANDIA	5202601	M4	3.076	2.800	2.112	Alto Araguaia
5	BALIZA	5203104	M5	1.077	1.094	1.147	Alto Araguaia
6	BOM JARDIM DE GOIAS	5203401	M6	5.922	6.349	7.824	Alto Araguaia
7	CACHOEIRA DE GOIAS	5204201	M7	1.228	1.171	1.015	Alto Araguaia
8	CORREGO DO OURO	5205703	M8	1.617	1.633	1.682	Alto Araguaia
9	DIORAMA	5207105	M9	1.442	1.506	1.716	Alto Araguaia
10	DOVERLANDIA	5207253	M10	5.319	4.916	3.881	Alto Araguaia
11	FAZENDA NOVA	5207600	M11	4.624	4.078	2.797	Alto Araguaia
12	ISRAELANDIA	5210307	M12	2.289	2.249	2.133	Alto Araguaia
13	IVOLANDIA	5211602	M13	1.535	1.535	1.535	Alto Araguaia
14	JAUPACI	5212006	M14	2.512	2.358	1.950	Alto Araguaia
15	MOIPORA	5213400	M15	1.293	1.133	762	Alto Araguaia
16	MOSSAMEDES	5213905	M16	3.594	3.275	2.478	Alto Araguaia
17	PALESTINA DE GOIAS	5215652	M17	1.823	2.180	3.728	Alto Araguaia
18	PIRANHAS	5217203	M18	10.002	9.071	6.766	Alto Araguaia
19	ALTO HORIZONTE	5200555	M19	1.620	3.863	53.379	Médio Araguaia
20	AMARALINA	5200829	M20	1.170	1.101	917	Médio Araguaia
21	BONOPOLIS	5203575	M21	1.131	1.301	1.980	Médio Araguaia
22	CAMPOS VERDES	5204953	M22	7.224	4.476	1.065	Médio Araguaia
23	CRIXAS	5206404	M23	11.028	12.318	17.166	Médio Araguaia
24	ESTRELA DO NORTE	5207501	M24	2.973	2.931	2.809	Médio Araguaia
25	FAINA	5207535	M25	3.698	3.849	4.340	Médio Araguaia
26	FORMOSO	5208103	M26	4.012	3.607	2.621	Médio Araguaia
27	GUARINOS	5209457	M27	1.327	1.131	700	Médio Araguaia
28	MONTIVIDIU DO NORTE	5213772	M28	1.228	1.347	1.778	Médio Araguaia
29	MOZARLANDIA	5214002	M29	9.598	12.161	24.736	Médio Araguaia
30	MUNDO NOVO	5214051	M30	4.840	3.767	1.776	Médio Araguaia
31	MUTUNOPOLIS	5214101	M31	2.775	2.540	1.948	Médio Araguaia
32	PORANGATU	5218003	M32	33.404	35.731	43.731	Médio Araguaia
33	SANTA TEREZA DE GOIAS	5219605	M33	3.917	3.355	2.108	Médio Araguaia

Item	Cidade	Cod. IBGE	Nomenclatura	Pop. Urbana 2000 (IBGE)	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Pop. 2040 (Geométrico)	Bacia Hidrográfica
34	SANTA TEREZINHA DE GOIAS	5219704	M34	8.846	7.768	5.260	Médio Araguaia
35	TROMBAS	5221452	M35	2.512	2.194	1.462	Médio Araguaia
36	UIRAPURU	5221577	M36	1.404	1.464	1.660	Médio Araguaia
37	ALTO PARAISO DE GOIAS	5200605	M37	4.167	5.219	10.254	Médio Paraná
38	BURITINOPOLIS	5203962	M38	1.651	1.885	2.805	Médio Paraná
39	CAVALCANTE	5205307	M39	3.649	4.742	10.407	Médio Paraná
40	DAMIANOPOLIS	5206701	M40	1.502	1.853	3.479	Médio Paraná
41	DIVINOPOLIS DE GOIAS	5208301	M41	2.997	3.491	5.517	Médio Paraná
42	FLORES DE GOIAS	5207907	M42	2.228	3.170	9.130	Médio Paraná
43	GUARANI DE GOIAS	5209408	M43	1.707	1.763	1.942	Médio Paraná
44	IACIARA	5209903	M44	7.999	9.300	14.616	Médio Paraná
45	MAMBAI	5212709	M45	3.012	4.802	19.459	Médio Paraná
46	MONTE ALEGRE DE GOIAS	5213509	M46	2.752	3.164	4.808	Médio Paraná
47	SAO DOMINGOS	5219803	M47	4.430	5.774	12.785	Médio Paraná
48	SIMOLANDIA	5220686	M48	5.198	5.378	5.956	Médio Paraná
49	SITIO D ABADIA	5220702	M49	854	994	1.567	Médio Paraná
50	TERESINA DE GOIAS	5221080	M50	1.777	2.134	3.696	Médio Paraná
51	VILA BOA	5222203	M51	2.700	3.502	7.641	Médio Paraná
52	CAMPINACU	5204656	M52	1.882	2.173	3.345	Médio Tocantins
53	CAMPINORTE	5204706	M53	7.071	8.995	18.517	Médio Tocantins
54	COLINAS DO SUL	5205521	M54	2.249	2.525	3.573	Médio Tocantins
55	SAO JOAO D ALIANCA	5220058	M55	4.192	6.724	27.749	Médio Tocantins
56	AGUA LIMPA	5200209	M56	1.554	1.426	1.102	Rio Corumbá
57	ALEXANIA	5200308	M57	15.928	19.676	37.091	Rio Corumbá
58	ANHANGUERA	5201207	M58	829	955	1.460	Rio Corumbá
59	CAMPO ALEGRE DE GOIAS	5204805	M59	2.869	4.481	17.073	Rio Corumbá
60	COCALZINHO DE GOIAS	5205513	M60	5.993	6.444	8.011	Rio Corumbá
61	CORUMBA DE GOIAS	5205802	M61	5.576	6.416	9.774	Rio Corumbá
62	CRISTIANOPOLIS	5206305	M62	2.372	2.472	2.798	Rio Corumbá
63	CUMARI	5206602	M63	2.300	2.419	2.814	Rio Corumbá
64	DAVINOPOLIS	5206909	M64	1.294	1.400	1.773	Rio Corumbá
65	GAMELEIRA DE GOIAS	5208152	M65	0	1.094	1.094	Rio Corumbá
66	GOIANDIRA	5208509	M66	4.195	4.538	5.745	Rio Corumbá
67	IPAMERI	5210109	M67	18.809	21.336	31.143	Rio Corumbá

Item	Cidade	Cod. IBGE	Nomenclatura	Pop. Urbana 2000 (IBGE)	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Pop. 2040 (Geométrico)	Bacia Hidrográfica
68	LEOPOLDO DE BULHOES	5212303	M68	4.699	4.843	5.302	Rio Corumbá
69	MARZAGAO	5212907	M69	1.662	1.804	2.307	Rio Corumbá
70	NOVA AURORA	5214804	M70	1.661	1.873	2.686	Rio Corumbá
71	NOVA CRIXAS	5214838	M71	7.060	7.728	10.136	Rio Corumbá
72	NOVA IGUACU DE GOIAS	5214879	M72	1.629	2.024	3.882	Rio Corumbá
73	NOVO PLANALTO	5215256	M73	2.924	2.587	1.792	Rio Corumbá
74	ORIZONA	5215306	M74	6.366	7.975	15.679	Rio Corumbá
75	OUVIDOR	5215504	M75	3.373	4.810	13.949	Rio Corumbá
76	PALMELO	5215801	M76	2.200	2.216	2.265	Rio Corumbá
77	SANTA CRUZ DE GOIAS	5219209	M77	1.040	981	823	Rio Corumbá
78	SAO MIGUEL DO PASSA QUATRO	5220264	M78	1.496	2.074	5.526	Rio Corumbá
79	TRES RANCHOS	5221304	M79	2.281	2.488	3.229	Rio Corumbá
80	URUTAI	5221809	M80	2.213	2.162	2.016	Rio Corumbá
81	VIANOPOLIS	5222005	M81	7.719	9.170	15.374	Rio Corumbá
82	AGUA FRIA DE GOIAS	5200175	M82	1.609	2.137	5.007	Rio das Almas
83	BARRO ALTO	5203203	M83	3.796	6.251	27.914	Rio das Almas
84	CARMO DO RIO VERDE	5205000	M84	5.149	7.054	18.137	Rio das Almas
85	GUARAITA	5209291	M85	1.479	1.442	1.336	Rio das Almas
86	HEITORAI	5209606	M86	2.295	2.645	4.049	Rio das Almas
87	HIDROLINA	5209804	M87	3.028	2.980	2.841	Rio das Almas
88	IPIRANGA DE GOIAS	5210158	M88	0	1.272	1.272	Rio das Almas
89	ITAGUARI	5210562	M89	3.505	3.968	5.757	Rio das Almas
90	ITAGUARU	5210604	M90	4.601	4.521	4.289	Rio das Almas
91	ITAPACI	5210901	M91	11.956	16.675	45.238	Rio das Almas
92	JESUPOLIS	5212055	M92	1.506	1.834	3.312	Rio das Almas
93	MORRO AGUDO DE GOIAS	5213855	M93	1.587	1.649	1.850	Rio das Almas
94	NOVA AMERICA	5214705	M94	1.423	1.647	2.554	Rio das Almas
95	NOVA GLORIA	5214861	M95	5.691	5.730	5.849	Rio das Almas
96	PETROLINA DE GOIAS	5216809	M96	6.438	6.683	7.475	Rio das Almas
97	PILAR DE GOIAS	5216908	M97	1.201	1.201	1.201	Rio das Almas
98	PIRENOPOLIS	5217302	M98	12.458	15.563	30.341	Rio das Almas
99	RIALMA	5218607	M99	9.150	9.798	12.031	Rio das Almas
100	RIANAPOLIS	5218706	M100	3.737	4.081	5.315	Rio das Almas
101	SANTA ISABEL	5219357	M101	1.255	1.367	1.767	Rio das Almas

Item	Cidade	Cod. IBGE	Nomenclatura	Pop. Urbana 2000 (IBGE)	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Pop. 2040 (Geométrico)	Bacia Hidrográfica
102	SANTA RITA DO NOVO DESTINO	5219456	M102	1.057	1.113	1.299	Rio das Almas
103	SANTA ROSA DE GOIAS	5219506	M103	2.297	2.177	1.853	Rio das Almas
104	SAO FRANCISCO DE GOIAS	5219902	M104	4.034	4.464	6.049	Rio das Almas
105	SAO LUIZ DO NORTE	5220157	M105	3.124	3.908	7.650	Rio das Almas
106	SAO PATRICIO	5220280	M106	828	1.171	3.312	Rio das Almas
107	TAQUARAL DE GOIAS	5221007	M107	2.343	2.881	5.356	Rio das Almas
108	VILA PROPICIO	5222302	M108	1.174	1.504	3.162	Rio das Almas
109	ADELANDIA	5200159	M109	2.059	2.207	2.718	Rio dos Bois
110	AMERICANO DO BRASIL	5200852	M110	4.111	4.718	7.132	Rio dos Bois
111	ARACU	5201603	M111	3.502	3.357	2.957	Rio dos Bois
112	AVELINOPOLIS	5202809	M112	1.668	1.877	2.675	Rio dos Bois
113	CAMPESTRE DE GOIAS	5204607	M113	1.987	2.376	4.062	Rio dos Bois
114	CASTELANDIA	5205059	M114	3.492	3.344	2.937	Rio dos Bois
115	CATURAI	5205208	M115	3.115	3.664	5.963	Rio dos Bois
116	CEZARINA	5205455	M116	4.372	5.595	11.726	Rio dos Bois
117	EDEALINA	5207352	M117	2.462	2.569	2.919	Rio dos Bois
118	FIRMINOPOLIS	5207808	M118	7.630	8.778	13.366	Rio dos Bois
119	GOUVELANDIA	5209150	M119	2.897	3.895	9.466	Rio dos Bois
120	INACIOLANDIA	5209937	M120	4.055	4.815	8.061	Rio dos Bois
121	INDIARA	5209952	M121	9.439	11.654	21.934	Rio dos Bois
122	JANDAIA	5211701	M122	3.881	4.154	5.094	Rio dos Bois
123	MAIRIPOTABA	5212600	M123	1.489	1.570	1.840	Rio dos Bois
124	MAURILANDIA	5213004	M124	8.459	11.120	25.262	Rio dos Bois
125	NAZARIO	5214408	M125	5.175	6.187	10.573	Rio dos Bois
126	PALMINOPOLIS	5215900	M126	2.256	2.699	4.622	Rio dos Bois
127	PORTEIRAO	5218052	M127	2.437	2.929	5.085	Rio dos Bois
128	SANTA BARBARA DE GOIAS	5219100	M128	4.223	5.206	9.753	Rio dos Bois
129	SANTO ANTONIO DA BARRA	5219712	M129	3.293	3.372	3.621	Rio dos Bois
130	TURVANIA	5221502	M130	3.989	3.891	3.611	Rio dos Bois
131	TURVELANDIA	5221551	M131	2.288	3.138	8.096	Rio dos Bois
132	VARJAO	5221908	M132	2.194	2.243	2.397	Rio dos Bois
133	VICENTINOPOLIS	5222054	M133	4.921	6.321	13.396	Rio dos Bois
134	ALOANDIA	5200506	M134	1.734	1.769	1.878	Rio Meia Ponte
135	ARAGOIANIA	5201801	M135	4.268	5.528	12.012	Rio Meia Ponte

Item	Cidade	Cod. IBGE	Nomenclatura	Pop. Urbana 2000 (IBGE)	Pop. Urbana 2010 (IBGE)	Pop. 2040 (Geométrico)	Bacia Hidrográfica
136	BONFINOPOLIS	5203559	M136	4.899	7.021	20.667	Rio Meia Ponte
137	BRAZABRANTES	5203609	M137	1.722	2.170	4.342	Rio Meia Ponte
138	CALDAZINHA	5204557	M138	1.207	1.918	7.696	Rio Meia Ponte
139	CAMPO LIMPO DE GOIAS	5204854	M139	0	5.289	5.289	Rio Meia Ponte
140	CROMINIA	5206503	M140	2.713	2.675	2.564	Rio Meia Ponte
141	DAMOLANDIA	5206800	M141	1.880	2.182	3.412	Rio Meia Ponte
142	GOIANAPOLIS	5208400	M142	9.770	9.691	9.458	Rio Meia Ponte
143	HIDROLANDIA	5209705	M143	7.495	10.470	28.541	Rio Meia Ponte
144	NEROPOLIS	5214507	M144	17.262	23.229	56.604	Rio Meia Ponte
145	NOVA VENEZA	5215009	M145	5.336	7.026	16.039	Rio Meia Ponte
146	OURO VERDE DE GOIAS	5215405	M146	2.565	2.683	3.071	Rio Meia Ponte
147	PANAMA	5216007	M147	1.945	2.035	2.331	Rio Meia Ponte
148	PROFESSOR JAMIL	5218391	M148	2.176	2.261	2.536	Rio Meia Ponte
149	SANTO ANTONIO DE GOIAS	5219738	M149	2.562	4.271	19.787	Rio Meia Ponte
150	SENADOR CANEDO	5220454	M150	50.378	84.111	391.461	Rio Meia Ponte
151	APORE	5201504	M151	2.096	2.541	4.527	Rio Paranaíba
152	CABECEIRAS	5204003	M152	4.903	5.505	7.792	Rio Paranaíba
153	ITAJA	5210802	M153	4.150	3.740	2.737	Rio Paranaíba
154	ITARUMA	5211305	M154	3.030	4.078	9.942	Rio Paranaíba
155	NOVA ROMA	5214903	M155	1.340	1.426	1.719	Rio Paranaíba
156	PEROLANDIA	5216452	M156	1.697	1.859	2.444	Rio Paranaíba
157	PORTELANDIA	5218102	M157	2.820	3.110	4.172	Rio Paranaíba
158	SANTA RITA DO ARAGUAIA	5219407	M158	4.629	6.159	14.507	Rio Paranaíba
159	SERRANOPOLIS	5220504	M159	4.095	5.534	13.658	Rio Paranaíba
160	CACHOEIRA ALTA	5204102	M160	6.074	8.382	22.028	Rio Paranaíba
161	BURITI DE GOIAS	5203939	M161	1.701	1.735	1.841	Rio Vermelho
162	ITAPIRAPUA	5211008	M162	7.480	5.536	2.244	Rio Vermelho
163	MATRINCHA	5212956	M163	3.254	2.995	2.335	Rio Vermelho
164	NOVO BRASIL	5215207	M164	2.571	2.274	1.573	Rio Vermelho
165	SANTA FE DE GOIAS	5219258	M165	3.112	3.811	6.999	Rio Vermelho

10 ANEXO

São apresentados neste item dois anexos de tabelas elaboradas por Von Sperling (2014) respectivamente para fundamentar o trabalho realizado.

10.1 ANEXO 1 – CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS, EXPRESSOS VALORES PER CAPITA

Tecnologias de Tratamento	Demanda de área (m ² /hab)		Potência para aeração				Volume de lodo				Custos			
			Potência instalada (W/hab)		Potência consumida (kWh/hab.ano)		Lodo líquido a ser tratado (L/hab.ano)		Lodo desidratado a ser disposto (L/hab.ano)		Implantaçã o (R\$/hab)		Operação e Manutenção (R\$/hab.ano)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Tratamento primário (tanques sépticos)	0,03	0,05	0	0	0	0	110	360	15	35	80	150	4	8
Tratamento primário convencional	0,02	0,04	0	0	0	0	330	730	15	40	80	150	4	8
Tratamento primário avançado	0,04	0,06	0	0	0	0	730	2500	40	110	100	200	20	35
Lagoa facultativa	2	4	0	0	0	0	35	90	15	30	100	160	5	8
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	1,5	3	0	0	0	0	55	160	20	60	90	140	5	8
Lagoa aerada facultativa	0,25	0,5	1,2	2	11	18	30	220	7	30	120	200	10	20
Lagoa aerada mistura completa - lagoa sedimentação	0,2	0,4	1,8	2,5	16	22	55	360	10	35	120	200	10	20
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoas de maturação	3	5	0	0	0	0	55	160	20	60	200	370	6	10
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de alta taxa	2	3,5	<0,3		<2		55	160	20	60	120	200	8	14
Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + remoção de algas	1,7	3,2	0	0	0	0	60	190	25	70	120	200	8	14

Tecnologias de Tratamento	Demanda de área (m2/hab)		Potência para aeração				Volume de lodo				Custos			
			Potência instalada (W/hab)		Potência consumida (kWh/hab.ano)		Lodo líquido a ser tratado (L/hab.ano)		Lodo desidratado a ser disposto (L/hab.ano)		Implantação (R\$/hab)		Operação e Manutenção (R\$/hab.ano)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Infiltração lenta	10	50	0	0	0	0	-	-	-	-	50	200	2	6
Infiltração rápida	1	6	0	0	0	0	-	-	-	-	50	200	3	8
Escoamento superficial	2	3,5	0	0	0	0	-	-	-	-	80	200	5	10
Sistemas alagados construídos (wetlands)	1	5	0	0	0	0	-	-	-	-	100	200	5	10
Tanque séptico + filtro anaeróbio	0,2	0,35	0	0	0	0	180	1000	25	50	160	300	12	20
Tanque séptico + infiltração	1	1,5	0	0	0	0	110	360	15	35	120	150	6	12
Reator UASB	0,03	0,1	0	0	0	0	70	220	10	35	40	120	6	10
UASB + lodos ativados	0,08	2	1,8	3,5	14	20	180	400	15	60	120	250	15	30
UASB + biofiltro aerado submerso	0,05	0,15	1,8	3,5	14	20	180	400	15	55	120	250	15	30
UASB + filtro anaeróbio	0,05	0,15	0	0	0	0	150	300	10	50	140	220	8	15
UASB + filtro biológico percolador de alta carga	0,1	0,2	0	0	0	0	180	400	15	55	150	250	12	18
UASB + flotação por ar dissolvido	0,05	0,15	1	1,5	8	12	300	470	25	75	150	250	14	22
UASB + lagoas de polimento/maturação	1,5	2,5	0	0	0	0	150	250	10	35	180	450	7	14
UASB + lagoa aerada facultativa	0,15	0,3	0,3	0,6	2	5	150	300	15	50	150	250	10	20
UASB + lagoa aerada mistura completa + lagoa decantação	0,1	0,3	0,5	0,9	4	8	150	300	15	50	150	250	10	20
UASB + escoamento superficial	1,5	3	0	0	0	0	70	220	10	35	150	250	10	18
Lodos ativados convencional	0,12	0,25	2,5	4,5	18	26	1100	3000	25	90	240	300	20	40
Lodos ativados - aeração prolongada	0,12	0,25	3,5	5,5	20	35	1200	2000	40	105	200	270	20	40
Lodos ativados - batelada (aeração prolongada)	0,12	0,25	4,5	6	20	35	1200	2000	40	105	200	270	20	40
Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio	0,12	0,25	2,2	4,2	15	22	1100	3000	35	90	280	400	20	50

Tecnologias de Tratamento	Demanda de área (m ² /hab)		Potência para aeração				Volume de lodo				Custos			
			Potência instalada (W/hab)		Potência consumida (kWh/hab.ano)		Lodo líquido a ser tratado (L/hab.ano)		Lodo desidratado a ser disposto (L/hab.ano)		Implantação (R\$/hab)		Operação e Manutenção (R\$/hab.ano)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Lodos ativados convencional com remoção biológica de Nitrogênio/Fósforo	0,12	0,25	2,2	4,2	15	22	1100	3000	35	90	300	450	30	55
Lodos ativados convencional + filtração terciária	0,15	0,3	2,5	4,5	18	26	1200	3100	40	100	300	450	30	55
Filtro biológico percolador de baixa carga	0,15	0,3	0	0	0	0	360	1100	35	80	150	300	20	30
Filtro biológico percolador de alta carga	0,12	0,25	0	0	0	0	500	1900	35	80	150	300	20	30
Biofiltro aerado submerso com nitrificação	0,1	0,15	2,5	4,5	18	26	1100	3000	35	90	120	250	20	35
Biofiltro aerado submerso com remoção biológica de nitrogênio	0,1	0,15	2,2	4,2	15	22	1100	3000	35	90	150	300	20	35
Tanque séptico + biodisco	0,1	0,2	0	0	0	0	330	1500	20	75	250	300	20	30

Fonte: Von Sperling, 2014, p.358.

10.2 ANEXO 2 – AVALIAÇÃO RELATIVA DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICOS

Tecnologias de Tratamento	Eficiência de Remoção			Economia				
	DBO	Nutrientes	Coliformes	Requisitos		Custos		Geração
				Área	Energia	Implantação	Operação e Manutenção	Sub-produtos
Tratamento preliminar	0	0	0	+++++	+++++	+++++	++++	+++++
Tratamento primário	+	+	+	+++++	++++	++++	+++	+++
Tratamento primário avançado	++	+/++++	++	+++++	+++	+++	++	+
Lagoa facultativa	+++	++	+/++++	+	+++	+++	+++++	+++++
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	+++	++	+/++++	++	+++++	++++	+++++	+++++
Lagoa aerada facultativa	+++	++	+/++++	++	+++	+++	++++	+++++
Lagoa aerada mistura completa - lagoa decantação	+++	++	+/++++	+++	+++	+++	+++	+++
Lagoa de maturação	+++	+++	+++++	+	+++++	+++	+++++	+++++
Lagoa de alta taxa	+++	++++	+++++	++	++++	+++	++++	+++++
Lagoa - remoção de algas	++++	++	+/++++	++	+++++	+++	++++	+++
Infiltração lenta	+++++	++++	++++	+	+++++	+++	+++++	+++++
Infiltração rápida	+++++	++++	++++	+	+++++	++++	+++++	+++++
Escoamento superficial	++++	+++	+/+++	+	+++++	+++	++++	+++++
Sistemas alagados construídos (wetlands)	++++	++	+++	++	+++++	+++	++++	+++++
Fossa séptica + filtro anaeróbio	+++	+	++	+++++	+++++	+++	+++	++++
Reator UASB	+++	+	++	+++++	+++++	++++	++++	++++
Reator UASB - pós tratamento	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)
Lodos ativados convencional	++++	+/++++	++	++++	++	+	++	+
Lodos ativados - aeração prolongada	+++++	+/++++	++	++++	+	++	+	++
Lodos ativados (fluxo intermitente)	++++	+/++++	++	++++	+/++	+	+	+/++

Tecnologias de Tratamento	Eficiência de Remoção			Economia				
	DBO	Nutrientes	Coliformes	Requisitos		Custos		Geração
				Área	Energia	Implantação	Operação e Manutenção	Sub- produtos
Filtro biológico (baixa carga)	++++	++/++++	++	+++	++++	+	+++	++
Filtro biológico (alta carga)	++++	++/+++	++	++++	+++	++	+++	+
Biofiltro aerado submerso	+++++	++/+++	++	+++++	++		+++	+
Biodisco	++++	++/+++	++	++++	+++	+	+++	+

Fonte: Von Sperling, 2014, p.359.

Tecnologias de Tratamento	Capacidade de resistência a variações do Esgoto e cargas de choque			Confiabilidade	Simplicidade de operação e manutenção	Independência de outras características para o bom desempenho		Menor possibilidade de problemas ambientais			
	Vazão	Qualidade	Tóxicos			Clima	Solo	Maus Odores	Ruídos	Aerossóis	Insetos e vermes
Tratamento preliminar	+++++	+++++	+++++	+++++	+++	+++++	+++++	+	++++	+++++	+++
Tratamento primário	++++	+++++	++++	++++	+++	++++	+++++	++	++++	+++++	+++
Tratamento primário avançado	++++	+++++	++++	++++	+++	+++++	+++++	+++	++++	+++++	+++
Lagoa facultativa	++++	++++	+++	++++	+++++	++	+++	+++	+++++	+++++	++
Lagoa anaeróbia-lagoa facultativa	++++	++++	+++	++++	+++++	++	+++	+	+++++	+++++	++
Lagoa aerada facultativa	++++	++++	+++	++++	++++	+++	+++	++++	+	+	+++
Lagoa aerada mistura completa - lagoa decantação	+++	++++	+++	+++	+++	+++	++++	+++	+	+	++
Lagoa de maturação	++++	++++	+++	++++	+++++	++	+++	+++	+++++	+++++	++
Lagoa de alta taxa	++++	++++	+++	++++	+++	+++	+++	+++	++	++	++
Lagoa - remoção de algas	++++	++++	+++	++++	+++	+++	+++	+++	+++++	+++++	++
Infiltração lenta	++++	++++	++++	++++	++++	++	+	++	+++++	+/++++++	++
Infiltração rápida	++++	++++	++++	++++	++++	++	+	++	+++++	+++++	++
Escoamento superficial	++++	++++	+++	++++	+++++	+++	++	++	+++++	+/++++++	++
Sistemas alagados construídos (wetlands)	++++	++++	+++	++++	+++++	++	++	++	+++++	+++++	++
Fossa séptica + filtro anaeróbio	+++	+++	++	+++	++++	++	+++++	++	++++	+++++	++++
Reator UASB	++	++	++	+++	++++	++	+++++	++	++++	+++++	++++
Reator UASB - pós tratamento	(b)	(b)	(b)	(a)	(a)	(a)	(a)	(b)	(a)	(a)	(a)
Lodos ativados convencional	+++	+++	++	++++	+	+++	+++++	++++	+	+/++++++	++++
Lodos ativados - aeração prolongada	++++	++++	+++	++++	++	++++	+++++	+++++	+	+/++++++	++++
Lodos ativados (fluxo intermitente)	++++	++++	+++	++++	+++	++++	+++++	+++	+	+/++++++	++++
Filtro biológico (baixa carga)	+++	++	++	++++	+++	++	+++++	++++	++++	++++	++
Filtro biológico (alta carga)	++++	+++	+++	++++	+++	++	+++++	++++	++++	++++	+++

Tecnologias de Tratamento	Capacidade de resistência a variações do Esgoto e cargas de choque			Confiabilidade	Simplicidade de operação e manutenção	Independência de outras características para o bom desempenho		Menor possibilidade de problemas ambientais			
	Vazão	Qualidade	Tóxicos			Clima	Solo	Maus Odores	Ruídos	Aerossóis	Insetos e vermes
Biofiltro aerado submerso	+++	+++	++	++++	++	++++	+++++	+++++	++	+++++	++++
Biodisco	+++	+++	++	+++	+++	++	+++++	++++	++++	+++++	+++
<p>Nota: a graduação é relativa em cada coluna apenas, e não generalizada para todos os itens As graduações podem variar extremamente com as condições locais: +++++:mais favorável +: menos favorável +++++, +++, ++: intermediários, em classificação decrescente 0: efeito nulo +/-+++++: variável com o tipo de processo, equipamento, modalidade ou projeto</p> <p>Reator UASB + pós-tratamento: (a) predominam as características do pós-tratamento; (b) predominam as características do reator UASB</p> <p>Nota: a graduação é relativa em cada coluna apenas, e não generalizada para todos os itens As graduações podem variar extremamente com as condições locais: +++++:mais favorável +: menos favorável +++++, +++, ++: intermediários, em classificação decrescente 0: efeito nulo +/-+++++: variável com o tipo de processo, equipamento, modalidade ou projeto</p> <p>Reator UASB + pós-tratamento: (a) predominam as características do pós-tratamento; (b) predominam as características do reator UASB</p>											

Fonte: Von Sperling, 2014, p.359.