

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**MURILO KEITH UMADA**

**AVALIAÇÃO DE LOTEAMENTO PELO MODELO MULTICRITÉRIO AURB/ANP  
E INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: Estudo de caso no  
Município de Sarandi - PR**

**MARINGÁ  
2017**

**MURILO KEITH UMADA**

**AVALIAÇÃO DE LOTEAMENTO PELO MODELO MULTICRITÉRIO AURB/ANP  
E INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: Estudo de caso no  
Município de Sarandi - PR**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, na área de concentração Infraestrutura e Sistemas Urbanos, para obtenção do Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Miotto

**MARINGÁ  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

U48a Umada, Murilo Keith  
Avaliação de loteamento pelo modelo multicritério  
AURB/ANP e indicadores de desenvolvimento  
sustentável : estudo de caso no Município de Sarandi  
- PR / Murilo Keith Umada. -- Maringá, PR, 2017.  
151 f.: il., color, tabs.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Miotto.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de  
Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Urbana, 2017.

1. Loteamentos urbanos - Sarandi (PR). 2.  
Desenvolvimento sustentável - Sarandi (PR). 3.  
Avaliação de impactos - Urbanização. 4. Urbanização  
- Sarandi (PR). 5. Desenvolvimento urbano - Sarandi  
(PR). I. Miotto, José Luiz, orient. II. Universidade  
Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia.  
Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD 23.ed. 624

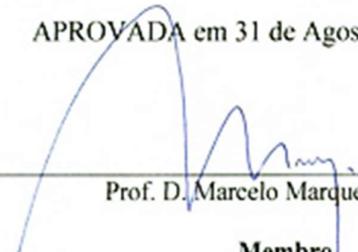
Márcia Regina Paiva de Brito - CRB-9/1267

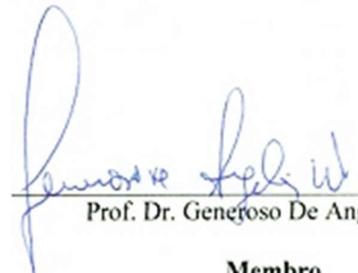
MURILO KEITH UMADA

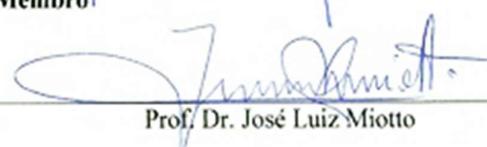
AVALIAÇÃO DE LOTEAMENTO PELO MODELO  
MULTICRITÉRIO AURB/ANP E INDICADORES DE  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: ESTUDO DE  
CASO NO MUNICÍPIO DE SARANDI - PR

Dissertação apresentada à Universidade Estadual  
de Maringá, como parte das exigências do Pro-  
grama de Pós-Graduação em Engenharia Urbana,  
na área de concentração Infra-estrutura e Sistemas  
Urbanos, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de Agosto de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. D. Marcelo Marques  
**Membro**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Genésio De Angelis Neto  
**Membro**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Luiz Miotto  
**Orientador**

*Aos meus pais,  
dedico.*

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho constitui-se mais que uma obra do autor. Trata-se de um produto da contribuição de diversos amigos, que de uma forma ou de outra inspiraram e buscaram contribuir de diversas formas para sua consecução.

Por tais motivos, e para ser fielmente justo, faz-se necessário o reconhecimento e o sincero agradecimento às pessoas e instituições a seguir mencionadas.

Ao Professor Doutor José Luiz Miotto, a quem devo gratidão, pela confiança no trabalho, orientação, ensinamentos, atenção, estímulo e preciosa dedicação ao longo da construção desta dissertação.

À banca examinadora, representada pelo Professor Doutor Generoso De Angelis Neto e ao Professor Doutor Marcelo Marques pela disponibilidade em integrá-la e pelas discussões, sugestões e contribuições ao trabalho.

Aos demais professores e colaboradores do Departamento de Engenharia Civil e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá.

Aos especialistas que participaram desta pesquisa realizando a análise de importância dos indicadores propostos, e à incorporadora do empreendimento pelo fornecimento das informações, planos e projetos técnicos.

À Universidade Estadual de Maringá, que forneceu estrutura física para que este trabalho fosse realizado.

Aos amigos, por compreender a importância desta etapa em minha vida.

Finalmente, à minha família pelo apoio, em especial aos meus pais, Eduardo e Edna, pela confiança, dedicação e apoio dispensado durante todos os anos de minha vida.

Obrigado a todos.

## RESUMO

O processo de urbanização e o ambiente natural possuem complexas interações. A expansão das cidades por meio dos loteamentos urbanos causa modificações, com repercussões ao ambiente. Desta maneira, torna-se importante a avaliação dos impactos causados ao ambiente pelos empreendimentos de expansão urbana, com vista ao meio ambiente equilibrado. Contudo, o subsetor da construção imobiliária horizontal brasileiro realiza pouco investimento em técnicas e ferramentas de gestão, restringindo-se à análise de custos e benefícios. Os Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCDA) e indicadores apresentam-se como ferramentas para a avaliação desses empreendimentos, auxiliando o processo de tomada de decisão e dando suporte ao planejamento e à compreensão dos impactos causados sobre os sistemas naturais. O presente trabalho tem por objetivo avaliar um projeto de loteamento no Município de Sarandi, Estado do Paraná, com auxílio do modelo multicritério AUrb/ANP e indicadores de desenvolvimento sustentável associados. Para tanto, foram propostos indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável que servirão de parâmetros de avaliação de um loteamento urbano nesse município. Os indicadores propostos foram ponderados com auxílio de um questionário baseado no método *web-Delphi*, a partir das preferências de especialistas, indicando seu peso relativo. A partir da análise do projeto do loteamento pelos indicadores, empregou-se o modelo AUrb/ANP baseado no método Analítico em Rede (*Analytic Network Process*) a fim de que, por meio do julgamento de um especialista, avaliasse cenários de comparação. A partir dos resultados obtidos, os indicadores ponderados pelos especialistas demonstraram a preferência por indicadores relacionados ao abastecimento e esgotamento de águas. A avaliação do loteamento pelo modelo indicou graficamente pontos críticos do empreendimento a serem revistos em projeto, indicando facilidade na análise de loteamentos com múltiplos critérios. Os pontos críticos identificados graficamente referem-se a todos os critérios propostos para avaliação, exceto Drenagem e Quantidade. Pelo estudo conclui-se que os indicadores relacionados ao abastecimento, esgotamento e possibilidade de contaminação das águas e transmissão de doenças possuem maior preferência pelos especialistas consultados. Verificou-se que é possível a aplicação do modelo AUrb/ANP, indicando facilidade na análise multicriterial de loteamentos urbanos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Loteamento. Desenvolvimento sustentável. Avaliação de impactos.

## ABSTRACT

The urbanization process and the natural environment have complex interactions. The expansion of cities through urban subdivisions causes changes, with repercussions to the environment. In this way, it is important to evaluate the impacts caused to the environment by urban expansion projects, with a view to the balanced environment. However, the Brazilian sub-sector of the horizontal construction makes little investment in techniques and management tools, being restricted to the analysis of costs and benefits. The Multicriteria Decision Aid (MCDA) and indicators are presented as tools for the evaluation of these enterprises, assisting the decision-making process and supporting the planning and understanding of the impacts on natural systems. The objective of this study was to evaluate a land division project in the municipality of Sarandi, State of Paraná, with the help of the multicriteria AUrb/ANP model and associated sustainable development indicators. Therefore, indicators related to sustainable development were proposed, which will serve as parameters for the evaluation of an urban development in this municipality. The proposed indicators were weighted with the help of a questionnaire based on the *web-Delphi* method and preferences of experts, indicating their relative weight. Based on the analysis of the allotment project by the indicators, the model AUrb/ANP was based on the Analytic Network Process so that, through the judgment of an adept, it evaluated comparison scenarios. From the results obtained, the indicators weighted by the adept demonstrated the preference for indicators related to the water supply and exhaustion. The evaluation of the allotment by the model indicated graphically critical points of the project to be reviewed in design, indicating ease in the analysis of allotments with multiple criteria. The critical points identified graphically refer to all proposed criteria for evaluation except Drain and Quantity. The study concludes that the indicators related to the water supply, exhaustion and possibility of contamination and transmission of diseases are more preferred by the experts consulted. It was verified that it is possible the application of the AUrb/ANP model, indicating ease in the multicriterial analysis of urban land division.

**KEYWORDS:** Land division. Sustainable development. Impact assessment.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representação de um sistema misto de abastecimento de água .....	35
<b>Figura 2.</b> Representação genérica de um sistema de esgotamento sanitário.....	38
<b>Figura 3.</b> Hidrograma em F (à direita), após a soma da contribuição da microdrenagem dos loteamentos A, B, C, D esquematizado à esquerda .....	41
<b>Figura 4.</b> Estrutura organizacional de técnicas compensatória: Técnicas estruturais e não-estruturais .....	44
<b>Figura 5.</b> Fluxo de informação na construção de um índice .....	47
<b>Figura 6.</b> Pirâmide de Informação (a) e Associação ao tipo de utilizador (b).....	48
<b>Figura 7.</b> Estrutura Pressão - Estado - Resposta.....	51
<b>Figura 8.</b> Fluxograma de aplicação do Método Delphi .....	59
<b>Figura 9.</b> Sequência de execução do Método Delphi via internet .....	63
<b>Figura 10.</b> Elementos do processo de decisão.....	65
<b>Figura 11.</b> Estrutura Hierárquica genérica de problemas de decisão.....	71
<b>Figura 12.</b> Estrutura genérica linear hierárquica: (a) em rede não-linear (b) de tomada à decisão .....	76
<b>Figura 13.</b> Diferentes tipos de cluster e dependência em uma estrutura de rede .....	78
<b>Figura 14.</b> Algoritmo do Analytic Network Process – ANP.....	82
<b>Figura 15.</b> Comparação do esquema básico do conceito de métodos multicritérios e do modelo AUrb/ANP.....	83
<b>Figura 16.</b> Etapas e fases de modelagem do modelo AUrb/ANP.....	84
<b>Figura 17.</b> Representação gráfica da distribuição dos cenários e critérios na.....	85
<b>Figura 18.</b> Comparação pareada entres matrizes do modelo AUrb/ANP .....	85
<b>Figura 19.</b> Aspecto da interface das Supermatrizes Não-pesada ou Inicial, Pesada .....	86
<b>Figura 20.</b> Interface do questionário de avaliação disponibilizados no modelo AUrb/ANP ..	88
<b>Figura 21.</b> Representação do resultado gráfico da avaliação do projeto de .....	90
<b>Figura 22.</b> Localização do Município de Sarandi, Paraná .....	91
<b>Figura 23.</b> Evolução da mancha urbana de Sarandi, Paraná, entre as décadas de (a)1950 a 1960 e (b) 2000 a 2008. ....	93
<b>Figura 24.</b> Evolução populacional do Município de Sarandi – PR, no período de 1960 a 2016 .....	95
<b>Figura 25.</b> Formação acadêmica dos especialistas consultados na 1ª iteração e 2ª iteração. ....	111
<b>Figura 26.</b> Tempo de atuação profissional dos especialistas consultados na 1º e 2º iteração.....	112
<b>Figura 27.</b> Localização do loteamento Jardim Aurora III em relação à malha urbana.....	119
<b>Figura 28.</b> Aspecto geral da área do empreendimento pré-urbanização .....	120
<b>Figura 29.</b> Resultados gráficos da avaliação do loteamento Jardim Aurora III .....	127

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Comparação entre diferentes abordagens do método Delphi .....	55
<b>Quadro 2.</b> Escala fundamental de números absolutos .....	72
<b>Quadro 3.</b> Índices Randômicos (IR) para $n = 1, 2, 3, \dots, 10$ .....	74
<b>Quadro 4.</b> Escala de avaliação subjetiva.....	99
<b>Quadro 5.</b> Ponderação do grau de significância.....	105
<b>Quadro 6.</b> Peso médio atribuído aos indicadores pelos profissionais consultados .....	117
<b>Quadro 7.</b> Resultado da avaliação do projeto pelos indicadores propostos e a nota atribuída .....	125

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Representação de uma matriz de alcance global .....	77
<b>Tabela 2.</b> Representação de uma matriz de alcance local .....	77
<b>Tabela 3.</b> Escala de comparação .....	89
<b>Tabela 4.</b> Escala fundamental utilizada no modelo AUrb/ANP, modificada de Saaty.....	89
<b>Tabela 5.</b> Resultados do método Delphi em consulta a especialistas .....	110
<b>Tabela 6.</b> Pesos arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 1ª iteração .....	113
<b>Tabela 7.</b> Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 1ª iteração.....	113
<b>Tabela 8.</b> Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os indicadores .	114
<b>Tabela 9.</b> Pesos arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 2ª iteração .....	114
<b>Tabela 10.</b> Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 2ª iteração.....	115
<b>Tabela 11.</b> Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os indicadores	115
<b>Tabela 12.</b> Resultado do Nível de Importância do painel Delphi.....	116
<b>Tabela 13.</b> Áreas de destinadas à criação e preservação de habitats, no cenário .....	121
<b>Tabela 14.</b> Comparativo de áreas destinadas ao uso público .....	122

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchy Process*  
ANP - *Analytic Network Process*  
APP - Área de Preservação Permanente  
CDS - Comissão de Desenvolvimento Sustentável  
CMNP - Companhia Melhoramentos Norte do Paraná  
CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Meio Ambiente  
CTNP - Companhia de Terra do Norte do Paraná  
EFM - *Ecological Footprint Method*  
ELECTRE - *ELimination Et Choix Traduisant REalité*  
ESI - *Environmental Sustainability Index*  
ETA - Estações de Tratamento de Água  
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto  
FDA - *Fuzzy Decision Approach*  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH - Desenvolvimento Humano  
IETA - Indicador de Efetividade de Tratamentos de Água  
IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social  
ISA - Índice de Sustentabilidade Ambiental  
MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*  
MADM - *Multi Attribute Decision Making*  
MCDA - Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão  
MCDA - *Multi Criteria Decision Aid*  
MCDM - *Multi Criteria Decision Making*  
MCMV - Minha Casa, Minha Vida  
MODA - *Multi Objective Decision Aiding*  
MODM - *Multi Objective Decision Making*  
OECD - *Organisation for Economic Co-Operation and Development*  
PER - Pressão-Estado-Resposta  
PIB - Produto Interno Bruto  
PO - Pesquisa Operacional  
PROMETHEE - *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*  
PSR - *Pressure/State/Response*  
SAA - Sistema de Abastecimento de Água  
SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná  
SES - Sistema de Esgoto Sanitário  
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento  
TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
TOPSIS - *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*  
WCED - *World Commission on Environment and Development*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 OBJETIVOS .....	18
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
2.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO .....	22
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PARCELAMENTO DO SOLO NO BRASIL.....	24
<b>2.2.1 Parcelamento do Solo</b> .....	<b>27</b>
2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	29
2.4 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE URBANA.....	31
2.5 ÁGUA E URBANIZAÇÃO: Águas urbanas.....	33
<b>2.5.1 Sistema de Abastecimento de Água</b> .....	<b>34</b>
<b>2.5.2 Sistema de Esgotamento Sanitário</b> .....	<b>37</b>
<b>2.5.3 Drenagem de Águas Pluviais</b> .....	<b>40</b>
2.6. ÍNDICES E ÍNDICADORES .....	46
<b>2.6.1 Aspecto Gerais</b> .....	<b>46</b>
<b>2.6.2 Índices de Sustentabilidade</b> .....	<b>49</b>
<b>2.6.3 Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Aplicados a Loteamentos Urbanos e Infraestruturas das Águas Urbanas</b> .....	<b>52</b>
2.7 MÉTODO DELPHI.....	54
<b>2.7.1 Visão Geral do Método Delphi</b> .....	<b>54</b>
<b>2.7.2 Delphi e suas Características</b> .....	<b>55</b>
<b>2.7.3 Procedimento do Método Delphi</b> .....	<b>58</b>
<b>2.7.4 Elaboração de Questionário</b> .....	<b>58</b>
<b>2.7.5 Seleção de Especialistas</b> .....	<b>60</b>
<b>2.7.6 Número de Participantes</b> .....	<b>61</b>
<b>2.7.7 Formas de Implementação do Delphi</b> .....	<b>62</b>
2.8 PROCESSO DE TOMADA À DECISÃO .....	63
<b>2.8.1 Elementos do Processo Decisório</b> .....	<b>65</b>
2.9 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS .....	66
<b>2.9.1 Utilização de Métodos Multicritérios</b> .....	<b>68</b>
2.10 MÉTODO MULTICRITÉRIO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS – AHP .....	69
<b>2.10.1 Decomposição hierárquica</b> .....	<b>70</b>
<b>2.10.2 Julgamentos comparativos</b> .....	<b>72</b>
<b>2.10.3 Estruturação da matriz de julgamento entre os pares</b> .....	<b>73</b>
2.11 MÉTODO ANALYTIC NETWORK PROCESS - ANP .....	74
<b>2.11.1 Construção do modelo e estruturação do problema</b> .....	<b>75</b>
<b>2.11.2 Matrizes de comparação par a par e vetores de prioridade</b> .....	<b>78</b>
<b>2.11.3 Formação das Supermatrizes e seleção das melhores alternativas</b> .....	<b>80</b>
2.12 MODELO AURB/ANP .....	83
<b>2.12.1 Caracterização do empreendimento</b> .....	<b>84</b>
<b>2.12.2 Montagem da Rede de Controle</b> .....	<b>84</b>
<b>2.12.3 Avaliação dos grupos da Rede de Controle</b> .....	<b>85</b>
<b>2.12.4 Avaliação dos elementos da Rede de Controle</b> .....	<b>87</b>
<b>2.12.5 Resultados gráficos da avaliação</b> .....	<b>90</b>
2.13. ÁREA DE ESTUDO .....	91

<b>2.13.1 Breve Histórico de Criação e Ocupação do Espaço do Município de Sarandi.....</b>	<b>92</b>
<b>2.13.2 Aspectos Físicos e Socioeconômicos .....</b>	<b>94</b>
<b>2.13.3 SANEAMENTO BÁSICO.....</b>	<b>95</b>
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>97</b>
3.1 PROPOSIÇÃO DE INDICADORES.....	97
<b>3.1.1 Grupo Sustentabilidade.....</b>	<b>97</b>
<b>3.1.2 Grupo Águas Urbanas.....</b>	<b>101</b>
<b>3.1.3 Grupo Características das Águas .....</b>	<b>102</b>
3.2 PONDERAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS PELO MÉTODO DELPHI ...	104
<b>3.2.1 Aspectos Éticos .....</b>	<b>107</b>
3.3 AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS PELO MÉTODO AUrb/ANP.....	107
<b>3.3.1 Encaminhamento da planilha para julgamento .....</b>	<b>108</b>
<b>3.3.2 Resultado gráfico.....</b>	<b>108</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>109</b>
4.1 AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS ESPECIALISTAS CONVIDADOS.....	109
<b>4.1.1 Avaliação do tamanho e composição dos painéis .....</b>	<b>110</b>
4.1.2 Resultados dos indicadores ponderados com auxílio do método Delphi .....	113
<b>4.1.3 Sugestões decorrentes da aplicação do questionário.....</b>	<b>117</b>
4.2 ESTUDO DE CASO .....	118
<b>4.2.1 Loteamento “Jardim Aurora III”.....</b>	<b>119</b>
<b>4.2.2 Avaliação do empreendimento pelos indicadores propostos.....</b>	<b>120</b>
<b>4.2.3 Cálculo dos indicadores.....</b>	<b>124</b>
4.3 AVALIAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS PELO MODELO AURB/ANP .....	125
<b>4.3.1 Cenários definidos .....</b>	<b>126</b>
<b>4.3.2 Resultados gráficos obtidos pelo modelo AUrb/ANP .....</b>	<b>127</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>130</b>
5.1 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS .....	131
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>133</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>144</b>
<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....</b>	<b>145</b>
<b>APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DO DECISOR QUANTO AO MODELO DO MÉTODO AURB/ANP.....</b>	<b>147</b>
<b>ANEXO A – LEI DE CRIAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SARANDI .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO B – PROJETO DO LOTEAMENTO JARDIM AURORA III.....</b>	<b>153</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O último século testemunhou uma elevação acentuada no número de habitantes do planeta, marcada por profundas transformações do modo de vida, que espelha as mudanças no perfil tecnológico, econômico e social. Embora seja inegável que essas transformações trouxeram inúmeros benefícios à humanidade, geraram também um acelerado processo de urbanização.

A concentração populacional em cidades trata-se de um fenômeno que ocorre em escala mundial. As populações urbanas cresceram de cerca de 750 milhões, em 1950, para 3,6 bilhões, em 2011, e até 2030 vai concentrar nas áreas urbanas 60% da população mundial (FUNDO DE POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2007). Tal fenômeno pode ser explicado pela atração das cidades sobre o meio rural, devido à capacidade da urbe em fornecer estrutura que contribui para uma melhor qualidade de vida, além de um ambiente favorável à atração de capital humano, possibilitando proximidade às oportunidades de geração de renda e de desenvolvimento econômico da população (ROGERS, 2005).

No entanto, a tendência em relação à urbanização tem implicações sobre os recursos naturais. Enquanto as cidades ocupam cerca de 3% do território terrestre, Silva (2011) reporta que a cidade é responsável pelo consumo de 75% da energia do mundo, sendo também responsável por 75% da poluição. Deste modo, por ser a cidade a responsável pela maior parte da produção e consumo, ela é objeto principal capaz de alterar o destino da vida no planeta (ROGERS, 2005).

Sob esta perspectiva, na relação entre o ambiente construído e o meio ambiente verifica-se o surgimento da conscientização acerca do somatório dos efeitos desastrosos do processo de urbanização que, causado pelas atividades de produção e consumo do modelo desenvolvimentista típico da sociedade industrial, tem provocado a exploração desmensurada dos recursos naturais e a degradação ambiental. E ainda assim, quando a expansão da cidade ocorre de forma não planejada, além das modificações aos sistemas naturais, acarreta em impactos sociais, podendo produzir espaços desqualificados e insalubres, com prejuízos para toda a comunidade.

Desta forma, o desenvolvimento da cidade tem representado um grande desafio para o pensamento articulado em torno do conceito de desenvolvimento equilibrado, que visa a harmonização da conservação dos recursos naturais, a promoção do crescimento econômico e a ampliação da qualidade de vida (MANCINI, 2008).

Defronte a este cenário, a partir da década de 1960 a comunidade global despertou sua preocupação com os limites do desenvolvimento do Planeta, consubstanciada pela formação do “Clube de Roma” que visava discutir as condições ambientais globais, com previsões negativas para o futuro, sobretudo em relação ao aspecto da poluição, conforme publicado no relatório “*The limits to growth*”, que fora produzido por pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (ZUFFO, 1998).

As discussões introduzidas por esse grupo de debatedores tiveram o mérito de trazer novos contornos para a abordagem acerca dos processos de desenvolvimento das nações, e basearam diversos outros estudos em todo o mundo para um melhor entendimento da relação homem-natureza (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Rosseto (2003) destaca que na década de 1970, o enfoque ambiental adquire importância no processo da gestão da cidade, e as condições relativas à sobrevivência do homem no Planeta e a manutenção das condições ambientais necessárias às próximas gerações passaram a ser inseridas nas esferas políticas, sociais e econômicas, sobretudo após a Reunião de Cúpula das Nações Unidas para o Meio Ambiente, em 1972. Desse encontro, conhecido como Conferência de Estocolmo, o conceito de *desenvolvimento sustentável* passa a integrar a agenda do desenvolvimento de diversos países, sendo proposta uma nova concepção de desenvolvimento.

O conceito de *desenvolvimento sustentável* passou a ser incorporado nas agendas dos países, ao menos como proposta, após a Reunião de Cúpula das Nações Unidas para o Meio Ambiente no Rio de Janeiro, em 1992, que resultou no documento Agenda 21, definindo objetivos voltados para a promoção do desenvolvimento sustentável para as cidades.

Nessa direção, torna-se importante o desenvolvimento de estudos para verificar as complexas relações entre as soluções viáveis e os projetos de expansão urbana, haja vista que na produção do espaço para acomodação da população nas cidades ocorre também impactos ambientais em vários aspectos, como a redução das áreas verdes e a modificação do uso do solo para a expansão das áreas urbanas, além da criação de vias impermeabilizadas e alterações dos corpos hídricos urbanos.

É notório que, em decorrência da modificação da paisagem natural, têm-se impactos com repercussões além dos limites da área de intervenção. Como exemplo dos impactos causados pela implantação de empreendimento de expansão urbana, pode ser citado o ciclo hidrológico local. Pela impermeabilização do solo, tem-se o aumento da vazão de escoamento de água pluvial, redução dos coeficientes de infiltração, além do aumento da demanda de água potável para abastecimento humano, e por conseguinte a geração de águas residuárias.

Para mais além, intervenções no meio ambiente, principalmente pela produção de espaços de atividades de parcelamento do solo, tendem a ser cada vez mais acentuadas, haja vista a tendência mundial de crescimento populacional e o aumento das aglomerações urbanas. Assim, por ser a água um elemento essencial à vida e às atividades humanas, intervenções que impactam diretamente no ciclo hidrológico não podem ser negligenciadas.

Ademais, o conhecimento dos processos que envolvem o urbano é imprescindível para o planejamento e a gestão das diversas interfaces que o permeia, no sentido de mitigar ou atenuar os impactos da ação do homem sobre o ambiente natural, criando condições a um ecossistema equilibrado.

Deste contexto, apoiado na crescente conscientização do desenvolvimento sustentável, novas abordagens para tratar o planejamento e o desenvolvimento urbano têm sido desenvolvidas e empregadas. Essas novas abordagens visam transformar o planejamento fragmentado e setorial, com diversos setores de infraestrutura urbana tratados separadamente e diversas instituições sem articulação entre si, em um planejamento integrado das políticas públicas que interferem no território da cidade (MIGUEZ, VÉLOZ; REZENDE, 2015).

No entanto, segundo Fantinatti (2011), o subsetor da construção imobiliária horizontal, devido à característica histórica, e também cultural, de pouco investimento em técnicas e ferramentas de gestão, além de investimentos praticamente inexistentes em pesquisa e desenvolvimento, necessita incorporar às suas estratégias a visão do desenvolvimento sustentável na criação de novos projetos de expansão urbana, estimando como e quanto seus empreendimentos contribuem para alterações nos sistemas naturais.

Zuffo (1998) reporta que o desenvolvimento de programas e projetos tradicionalmente tem se restringido à análise de custos e benefícios, e assim, a falta de um planejamento integrado ou adoção de um planejamento setorizado pode resultar em graves problemas.

Por sua vez, Fantinatti (2011) ressalta que os métodos tradicionais de resolução de problemas, baseados no enquadramento da problemática em categorias, focam a escolha de alternativas e a busca de uma solução única, não sendo capazes de lidar com situações complexas, as quais requerem decisões importantes, caracterizadas por incertezas, conflitos de valores e objetivos, múltiplos critérios de avaliação e atores envolvidos no processo de decisão, além de infinita quantidade de informações.

Desta forma, os Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MCDA) apresentam-se como uma opção para a resolução de problemas complexos, como é o caso dos empreendimentos imobiliários e os impactos causados por estes sobre os sistemas naturais, podendo oferecer suporte ao planejamento com vista ao desenvolvimento sustentável,

permitindo esboçar soluções entre diversos objetivos e atores participantes do processo decisório.

## 1.1 OBJETIVOS

Serão apresentados neste tópico o objetivo geral e os objetivos específicos da presente dissertação.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar um projeto de loteamento no Município de Sarandi, Paraná, com o auxílio do modelo multicritério AUrb/ANP e indicadores associados.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, pressupõe-se que sejam, simultaneamente, atingidos os seguintes objetivos específicos:

- Propor a ponderação de indicadores de desenvolvimento sustentável utilizando o Método Delphi;
- Testar a sistemática de avaliação do modelo multicritério AUrb/ANP para um empreendimento imobiliário localizado no Município de Sarandi, recorrendo-se à avaliação de decisor para a área de estudo.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Busca-se justificar esta pesquisa sob a perspectiva da crescente escassez e deterioração da qualidade das águas doces disponíveis. O quadro se mostra claramente degradante e insustentável ao longo do tempo considerando as projeções de crescimento populacional, criação de novos espaços urbanos por meio dos loteamentos urbanos e a concentração do contingente populacional nestas áreas.

A urbanização desordenada ou precária, principalmente em países em desenvolvimento, está relacionada a vários aspectos, tais como a falta de planejamento adequado e articulado, gestão ineficaz, escassez de recursos financeiros, infraestrutura

deficiente, e que resultam em concepções urbanísticas pouco eficientes, gerando disparidades sociais e danos ambientais.

A urbanização de uma região possui repercussões no ambiente, as quais, em relação aos aspectos hidrológicos, estão relacionadas à quantidade, qualidade e o regime dos corpos hídricos, devido à impermeabilização do solo, aumento do escoamento superficial, intensificação dos picos de vazão, redução de recarga de aquíferos e deterioração dos mananciais (CASTRO, 2007).

Os sistemas de águas urbanas e temas conexos ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário e drenagem de água pluvial, constituem prioridades da ação na gestão, principalmente nas cidades, na medida em que repercutem fortemente no ambiente e na vida das pessoas. Portanto, decisões tomadas no processo de elaboração de projeto e de produção de espaço determinam, muitas vezes de maneira irreversível, a qualidade final do espaço urbano.

Assim, segundo Figueiredo Junior (2009), o modo mais eficiente e rápido de estabelecer um planejamento sustentável e aspectos relacionados as águas urbanas, requer a utilização de métodos e modelos simplificados de avaliação, de fácil aplicação, com abordagens integradas de avaliação para apoio à tomada de decisão.

Desta maneira, se faz interessante a utilização do modelo multicritério AUrb/ANP, formulado para a avaliação dos impactos causados pelo processo de expansão urbana sob a perspectiva das águas urbanas, o qual possibilita a utilização de informações de naturezas diversas direcionados à realidade local.

O Município de Sarandi foi selecionado para estudo por apresentar nas últimas décadas elevado crescimento populacional, além da acelerada expansão da cidade para acomodação da população urbana através dos loteamentos, sobretudo em um período anterior a um ordenamento jurídico urbanístico e territorial consolidado, o que originou um tecido urbano desconexo e com infraestruturas urbanas ineficientes.

Justifica-se a escolha do projeto de expansão urbana por se tratar de uma área não urbanizada, com previsão de utilização de uma bacia de retenção como técnica compensatória de drenagem urbana, sendo um dos primeiros loteamentos recentemente aprovados no Município de Sarandi a prever este elemento de controle e de forma a neutralizar os impactos hidrológicos decorrentes do processo de urbanização. Além disto é previsto a interligação das futuras unidades habitacionais a rede de esgotamento sanitário e a Estação de Tratamento de Efluentes, o qual atualmente possui 8% de ligações de esgotamento sanitário atendidas por rede de coleta.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho a seguir apresentado, com intuito de cumprir os objetivos propostos, encontra-se organizado em cinco capítulos, além desta introdução, e assim dividido:

*Capítulo 2* – Refere-se à revisão bibliográfica e inicialmente são abordados aspectos relativos ao processo de urbanização, um breve histórico do parcelamento do solo no Brasil, o desenvolvimento sustentável e a relação entre a urbanização e a sustentabilidade urbana

São abordadas as águas urbanas e seus sistemas, quais sejam: abastecimento de água, esgotamento sanitário e a drenagem pluvial, sendo exploradas algumas medidas de alternativas de conservação dos recursos hídricos urbanos.

Ainda no *Capítulo 2*, discorre sobre índices e indicadores, além de apresentar iniciativas internacionais de índices de sustentabilidade e/ou desenvolvimento sustentável, e exemplo de experiências utilizando indicadores. Além destes, apresenta-se o Método Delphi, instrumento para prospecção de tendências e previsões de natureza qualitativa.

Apresenta-se o processo de tomada de decisão, breve histórico dos Métodos Multicritérios, suas aplicações aos recursos hídricos, o Processo de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process – AHP*) e o Processo de Análise em Rede (*Analytic Network Process – ANP*), além do modelo AUrb/ANP baseado na abordagem de multicritério ANP.

E por fim, realiza-se a apresentação do breve histórico do Município de Sarandi, aspectos físicos e socioeconômicos, além do atual estado sobre o saneamento básico municipal e seus sistemas de águas urbanas.

*Capítulo 3* – São apresentados os procedimentos metodológicos a serem empregados com intuito em selecionar indicadores relacionados à temática em estudo e que irão compor o modelo de avaliação de empreendimento de expansão urbana.

*Capítulo 4* – São apresentados os resultados, análises e discussão do presente trabalho. Os resultados apresentados são: avaliação da participação dos especialistas convidados para o exercício Delphi, sendo abordados o tamanho e composição dos painéis do método empregado, resultados obtidos pelos indicadores ponderados com auxílio do método Delphi, sugestões decorrentes da aplicação do questionário da pesquisa. Apresenta-se ainda um estudo de caso, e os resultados da avaliação pelo modelo AUrb/ANP.

*Capítulo 5* – Aborda as principais considerações finais sobre o trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

No Apêndice A, apresenta-se o questionário utilizado para a ponderação de indicadores baseado no Método Delphi (*web-Delphi*).

No Apêndice B apresenta-se o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

No Apêndice C são apresentados os julgamentos da avaliação pelo decisor em relação aos critérios submetidos à avaliação.

No Anexo A é apresentada a cópia da Lei de criação do Município de Sarandi.

No Anexo B apresenta-se o projeto geométrico do loteamento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se a revisão da literatura destinada dar apoio a esta pesquisa. Tratou-se neste capítulo o processo de urbanização e uma breve consideração sobre os parcelamentos do solo no Brasil. Foram abordados temas sobre a evolução do conceito do desenvolvimento sustentável. Além destes, serão abordados brevemente os sistemas de águas urbanas.

### 2.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A partir do final do século XVIII na Europa, principalmente na Inglaterra, o processo de produção foi marcado pela transição de métodos artesanais e manuais para novos processos mecanizados. Além da alteração dos processos de produção conhecida pelo período como Revolução Industrial, tal momento também foi caracterizado pela atração e migração dos trabalhadores rurais para as cidades, pela necessidade de mão de obra nas indústrias.

Esta dinâmica do fluxo de pessoas migrando do campo para as cidades, tanto na Europa, como em outras partes do mundo, mesmo que tardiamente, deu início ao processo de urbanização, isto é, pela demanda de novas moradias, ocupação e residência da população rural nas cidades.

No século XX, as repercussões da industrialização e o fenômeno do crescimento urbano mundial podem ser verificados com base nos dados do relatório do Programa das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos, em sua edição de 2016 (UN-HABITAT, 2016), em que se apresenta a concentração de pouco mais da metade da população mundial em áreas urbanas.

No Brasil, Brito e Souza (2005) ressaltam que o início da transformação da população de perfil rural em urbano articula-se com um conjunto de mudanças estruturais associados à economia e na sociedade brasileira, a partir da década de 1930. Silva (2011) aponta que entre as décadas de 1940 e 1950 ocorre, no Brasil, uma concentração da população em áreas urbanas, fato associado em virtude da industrialização. Brenner (2016) destaca que a industrialização progressiva da economia rural e a desapropriação das populações rurais – por meio de

adensamento territorial para o aumento do uso da terra associada a investimentos de infraestrutura – facilitaram diretamente o crescimento urbano das cidades.

Conforme Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016) demonstram que a taxa de urbanização em 1940 passou de 31,24% para 84,36% no ano de 2010. Assim, a elevação dos índices de crescimento urbano brasileiro, registrado nas últimas décadas, evidencia que o país se transformou num país majoritariamente urbano.

Entretanto, Brito e Souza (2005) afirmam que apesar de observado o crescimento da população urbana sobre a rural, durante a industrialização brasileira, não quer dizer que as cidades já não fizessem parte da paisagem social do Brasil desde os períodos da colônia e do Império, apesar de suas restritas dimensões demográficas.

Para Pescatori (2015), o crescimento territorial da cidade do século XXI não é mais associado à migração da população rural para a cidade, como no século XX, e que atualmente a expansão territorial dá-se de forma por meio da acomodação de uma população com perfil urbano já assimilado. Porém, Heller e Pádua (2010) ressaltam que nas últimas décadas tem sido observada uma tendência de refreamento do crescimento da população brasileira, com taxas de crescimento ainda que elevadas. Verifica-se a desconcentração da população, resultando no crescimento das cidades de médio porte e não mais das metrópoles.

No entanto, essa dinâmica populacional, inserida no ambiente urbano, acarreta em contínua ampliação dos diversos sistemas urbanos que compõem a infraestrutura da cidade (ARAÚJO, 2012), corroborando assim para o surgimento de sistemas urbanos com formas mais complexas e concentração progressiva da população em aglomerações urbanas (MANCINI, 2008).

A urbanização, conforme Mancini (2008), é o processo por meio do qual uma determinada gleba ou lote, dotado de condições necessárias para a sua utilização para fins urbanos, engloba desde o parcelamento do solo, a partir de uma concepção urbanística, até a implantação de redes de infraestrutura, traduzindo-se em área de expansão urbana e se processa por meio de loteamentos, conjuntos habitacionais ou industriais.

No contexto brasileiro, o crescimento demográfico e a elevação do grau de urbanização das cidades levaram à urgência na ação de construir. Tal fato, associado à ausência de leis e políticas públicas que regulamentassem a matéria urbanística, acarretaram no agravamento de problemas de habitação, utilização do solo e questões sociais.

A dinâmica demográfica amplia a necessidade de produção e consumo de espaços urbanizados e de infraestrutura físicas, cresce a demanda por novas moradias, o que acarreta em diferentes repercussões no meio urbano e natural pela expansão da cidade.

Sob esse prisma, segundo Rossetto (2003), as cidades são sistemas complexos e interativos que são afetados pelas mudanças de cenário ao modo que a economia, política, avanços tecnológicos se transformam, e que, demandam longos períodos para mudarem seus próprios cenários, e por este fato, por si só requer o adequado planejamento.

Silva (2011) destaca que, face à complexidade do espaço urbano, as pessoas e os eventos humanos, o urbano deve ser compreendido como um sistema composto de diversas partes e subsistemas. No entanto, em face à sua complexidade envolvendo o espaço, pessoas e eventos humanos, o urbano não deve ser compreendido parceladamente.

Nesse sentido, Pescatori (2015) compreende a cidade semelhante a um organismo em constante processo de alteração, e remete a lógica da cidade como um sistema ecológico e não apenas como forma urbana, mas também como instituição social, e de caráter mutante. Similarmente, Tucci (2008) descreve a cidade como um organismo vivo e dinâmico formado pelo ambiente natural e as interações socioeconômicas urbanas, que geram conjunto de efeitos interligados.

Porém, Nunes (2011) ressalta que o crescimento das cidades é um fenômeno impossível de ser freado, sendo possível a atenuação dos impactos sobre o ambiente natural através de planejamento e implementação de projetos urbanísticos e infraestruturas compatíveis com as características intrínsecas do território.

## 2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PARCELAMENTO DO SOLO NO BRASIL

No Brasil, o processo de privatização do solo passou por três momentos, como reporta Leonelli (2010), quais sejam: o domínio régio, domínio público e o domínio privado, e se relacionam com as mudanças sociopolíticas ocorridas nos respectivos períodos. Os registros de terras no Brasil surgiram após o estabelecimento das capitâneas hereditárias, no domínio régio, sendo caracterizados pelo regime das sesmarias por meio da concessão das terras pela Coroa Portuguesa, baseado na exploração e regulada pela dinâmica da acumulação escravista no período colonial de 1530 a 1822 (GONÇALVES, 2002).

Em 1822, meses antecedentes à Independência, finda-se o regime de sesmarias e o sistema de posse torna-se a única forma de apropriação de território em solo brasileiro (LEONELLI, 2010). No período de 1822 a 1850, a terra de domínio da Coroa Portuguesa passa a ser apropriada desenfreadamente, que segundo Gonçalves (2002) veio a estruturar parte dos

grandes latifúndios, com a ausência de regulação do Estado, pois não havia legislação específica para a comercialização da terra. Nesse período, conforme Costa (2012), chamado de regime de posse, no país não existia qualquer regulamentação que especificasse como se daria a aquisição de terra para o domínio privado, ou seja, qualquer pessoa poderia ocupar o que quisesse ocupar, desde que não houvesse outro na posse da área.

Posteriormente, em meados de 1850 é aprovada a Lei de Terras (Lei nº601), e conforme Gonçalves (2002), surgiu numa conjuntura bastante particular. Com o início do esgotamento da reposição de mão de obra escrava<sup>1</sup>, verificou-se como a única forma de manter os custos da força de trabalho em nível adequado era um avanço constante da fronteira agrícola, que graças à alta produtividade das terras virgens, requeria menor força de trabalho.

Desta forma, pela expansão contínua da fronteira agrícola, o governo de forma a resolver a questão da mão de obra, proibiu o uso das terras de sua propriedade (terras devolutas), a não ser através da compra e venda do imóvel e não mais por intermédio da concessão do Estado (GONÇALVES, 2002). Foi a forma que o governo encontrou para promover a atração de força de trabalho para a lavoura por meio da imigração, ajudando a transição do trabalho escravo para o trabalho livre, cujos esforços foram direcionados para promover uma colonização, no qual a criação de uma legislação que propiciasse e atraísse o imigrante a tornar-se proprietário e produzisse para sua subsistência (GONÇALVES, 2002). Para Costa (2002), tal lei foi um marco histórico da propriedade privada brasileira.

Além da mercantilização da terra, na qual a única forma admitida de aquisição da propriedade no Brasil passou a ser a compra, outro aspecto a ser citado da lei de 1850, é a legitimação do Estado no processo de controle e regularização da propriedade e não mais da Igreja (LEONELLI, 2010). Ainda, de acordo com o autor, a lei não se tratava de uma regulamentação dos loteamentos, mas a sua aprovação e vigência introduziu a prática de parcelamento do solo, tantos de terras rurais como urbanas, dando origem à figura do loteador, do loteamento e de um mercado imobiliário.

De forma indireta, Gonçalves (2002) destaca que a Lei de Terras garantiu a mão de obra para o avanço da agricultura, sobretudo da cafeeira, o que criou pelo capital cafeeiro condições básicas para o nascimento do capital industrial, voltado para o mercado interno e vinculado ao ciclo do café. Assim, mesmo com o início da industrialização, a cafeicultura continuara a crescer, resultando dessa expansão o aumento da especulação da terra.

---

<sup>1</sup> Resultante da pressão inglesa para o fim do tráfico negreiro e com início gradual pela Lei Eusébio de Queirós de 1850, seguido pela Lei do Ventre Livre em 1871, Lei dos Sexagenários de 1885 e em 1888 com a Lei Áurea.

O controle do parcelamento do solo pela administração pública surge a partir da Lei de Terras de 1850, pela possibilidade de comercialização das terras rurais e urbanas. Contudo, devido às alterações do aspecto de núcleos coloniais e à produção mais frequente de lotes urbanos, inicia-se o controle efetivo do parcelamento do solo a partir de âmbito municipal (LONELLI, 2010). O ordenamento público, com o objetivo de uma organização espacial mínima realizada pelo Estado, conforme Gonçalves (2002), se manifesta ao definir regras para o espaço público – dimensões de arruamento, alinhamento de fachadas, nivelamento das vias – mas que também controla o espaço privado, compondo assim o espaço urbano.

Apropriando-se de um salto histórico temporal, as cidades incitadas pela produção agrícola cafeeira e em um segundo momento pela industrialização no início do século XX, requereram cada vez mais mão de obra. Por sua vez, deu um impulso à urbanização, principalmente entre 1920 e 1940, fazendo com que a legislação que tratava do uso do solo no Brasil passasse a ser aprimorada.

Mudanças no cenário político e econômico, em meados da década de 1930, possibilitaram o processo de industrialização da agricultura, a consolidação da indústria, reorientando o contingente populacional para as cidades (GONÇALVES, 2002). Desta forma, verifica-se que a urbanização é indissociável do processo de industrialização ocorrido no Brasil, formando, como cita Leonelli (2002), a chamada sociedade urbano-industrial.

Desta forma, enquanto as cidades cresciam, os loteamentos surgiram em decorrência da adaptação da propriedade à capacidade econômica, especialmente da classe “obreira”, que se fixava nos pólos industriais e de constante aumento de mão de obra (COSTA, 2012). Nesse período, as principais cidades brasileiras experimentavam um intenso processo de parcelamento da periferia da cidade, criando assim o padrão periférico de crescimento urbano e baseado no trinômio: periférico - casa própria - autoconstrução (BONDUKI, 1997).

Nesse processo, conforme Leonelli (2010), os proprietários de glebas, os loteadores e os corretores ofertavam os lotes a um custo compatível à capacidade de pagamento do trabalhador, via prestações, geralmente, e quanto menos infraestruturado e mais distante, menor o preço. O mesmo autor destaca, que para o Estado não importava a precariedade da moradia e das condições de infraestrutura, sem qualquer controle administrativo e urbanístico. Desta forma iniciava-se uma configuração perpetuada até os dias atuais, pelos loteamentos periféricos e precários sem infraestrutura, com autoconstrução e de baixo custo como solução habitacional popular no Brasil (LEONELLI, 2010).

Nesse contexto, ao final da década de 1930, o parcelamento do solo passou a ser legislado por meio de lei federal, o Decreto-Lei nº58, de 10 de dezembro de 1937 e

regulamentado pelo Decreto nº 3.709, de 5 de setembro de 1938, no qual tratou prioritariamente da garantia dos direitos dos compradores de lotes urbanos mediante a regras contratuais de compra e venda em conformidade aos pagamentos em prestações. Outro aspecto importante a ser citado é a obrigatoriedade de um memorial, contendo denominação, limites, confrontações e planta do imóvel, assinado por responsável técnico, além da aprovação do plano do loteamento pela prefeitura (BRASIL, 1937).

Nos termos do Decreto-Lei nº58/37, o legislador teve a preocupação de regulamentar o loteamento, procedimento administrativos, garantindo direitos mínimos ao comprador, contudo observa-se uma regulamentação voltada para a propriedade e ao negócio, não sendo tratados os aspectos urbanísticos (BONDUKI, 1997).

Várias modificações foram iniciadas nos anos seguintes para a regulamentação dos loteamentos, entretanto somente em 19 de dezembro de 1979 entrou em vigor a legislação brasileira que trata a matéria do processo de parcelamento do solo urbano por meio da Lei Federal nº 6.766, ou Lei Lehman (BRASIL, 1979), e com alterações pela Lei Federal nº 9.785 de 1999 (BRASIL, 1999).

### **2.2.1 Parcelamento do Solo**

O crescimento da cidade e os modelos de ocupação, que ocorrem no Brasil, sejam de forma regular ou irregular, de características comerciais, condomínios verticais ou novos parques industriais, decorrem do processo de parcelamento do solo (FANTINATTI; ZUFFO; FERRÃO ARGOLLO, 2015). Leonelli (2010) destaca que a transformação da área rural em urbana, e a abertura de loteamento e a produção de lotes é a forma de urbanização mais corriqueira e significativa do Brasil.

No universo das leis urbanísticas brasileiras, o parcelamento do solo é disciplinado pela Lei nº 6.766/79 (BRASIL, 1979) e pela Lei Federal nº 9.785 de 1999 (BRASIL, 1999), as quais regem o parcelamento do solo para fins urbanos em todo o território nacional e dispõem acerca das complementações relativas por meio de legislações estaduais e municipais.

No entanto, para Villaça (1999), essas leis que regulam os loteamentos no Brasil tratam-se de legislação cujo objetivo é a organização espacial e referem-se apenas ao loteamento de forma individual e não o conjunto de espaço da cidade.

A saber, conforme dispõe o artigo 2º da Lei nº 6.766/79 (BRASIL, 1979), o parcelamento do solo urbano poderá ser feito por meio de duas tipologias: loteamento e o desmembramento, no qual o primeiro se constitui na subdivisão de gleba em lotes destinados a

edificação, com aberturas de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamentos, modificação ou ampliação das vias existentes. E por sua vez, o desmembramento é o parcelamento da gleba em lotes com o aproveitamento do sistema viário existente e que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, seja por prolongamento, modificação ou ampliação das vias.

A referida Lei nº 6.766/79 fortaleceu o mercado formal englobando aspectos urbanísticos, administrativos, civis e penais elencados em seus artigos e admitindo o parcelamento do solo para fins urbanos em zonas urbanas ou de expansão. No entanto, compete ao município definir as zonas urbanas, de expansão urbana ou de urbanização específica pelo Plano Diretor, por meio do zoneamento ou por lei municipal. Não se admite o parcelamento do solo nas seguintes condições (BRASIL, 1979):

- I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
- II - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento) salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
- V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Outras exigências foram interpostas ao loteador, pela Lei de Lehman, para a realização e aprovação do parcelamento do solo pela prefeitura municipal. Além da comprovação da propriedade, são requeridas as obras de infraestrutura básica de um loteamento, constituídas pelos equipamentos urbanos: as vias de circulação, escoamento das águas pluviais, energia elétrica e iluminação pública, além do abastecimento de água potável e esgotamento sanitário.

Além da infraestrutura básica e a doação de áreas para o domínio público, de acordo com o artigo 4º da Lei nº 6.766/79, os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos:

- I - as áreas destinadas a sistemas de circulação, a implantação de equipamento urbano e comunitário, bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem;
- II - os lotes terão área mínima de 125m<sup>2</sup> (cento e vinte e cinco metros quadrados) e frente mínima de 5m (cinco metros), salvo quando a legislação estadual ou municipal determinar maiores exigências ou quando o loteamento se destinar à urbanização específica ou edificação de conjuntos habitacionais de interesse social, previamente aprovados pelos órgãos públicos competentes;

III - ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias, ferrovias e dutos, será obrigatória a reserva de uma faixa "*non aedificandi*" de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica;

IV - as vias de loteamento deverão articular-se com as vias adjacentes oficiais, existentes ou projetadas, e harmonizar-se com a topografia local.

Embora exista uma série de exigências legais específicas para o parcelamento do solo, poucos são os esforços na análise dos impactos causados pela implantação do loteamento, tanto em relação a custo da própria urbanização e manutenção da infraestrutura, como em relação aos impactos ambientais e sociais.

Para Fantinatti, Zuffo e Ferrão Argollo (2015), a simples implantação da infraestrutura necessária para o loteamento, nos termos da lei, observando-se os aspectos físicos e morfológicos do empreendimento, não garante por si só a qualidade da vida na cidade. Conforme Silva (2011), uma estrutura espacial ineficiente, do ponto de vista ambiental, pode diminuir a qualidade de vida, a falta de uma visão clara sobre o desenvolvimento espacial.

## 2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

As referências iniciais mais explícitas à noção de desenvolvimento sustentável podem ser observadas nos trabalhos do economista Ignacy Sachs, que em 1973 formulou a noção do ecodesenvolvimento. Van Bellen (2004) destaca que o conceito de Sachs se referia inicialmente a algumas regiões de países em desenvolvimento, contudo apresentou-se como um grande avanço na percepção da interdependência entre o desenvolvimento e o ambiente natural.

O conceito do ecodesenvolvimento, de acordo com Laura (2004), foi construído em uma perspectiva à visão economicista e desenvolvimentista, denunciando-as como responsáveis dos problemas socioambientais, e fora colocado como alternativa à concepção clássica do desenvolvimento, com a articulação da promoção econômica, a preservação ambiental e a participação social, colocado como alternativa à concepção clássica do desenvolvimento.

Diante da percepção da possibilidade de escassez de recursos naturais, interposta desde a Revolução Industrial, do modelo de desenvolvimento econômico e da associada redução gradativa da qualidade de vida, a partir da Conferência de Estocolmo (em 1972) e

posteriormente com a publicação do Relatório de Brundtland<sup>2</sup> (em 1987), elaborado a partir da *World Commission on Environment and Development* (WCED), o tema do desenvolvimento sustentável tem sido debatido desde então e orienta estratégias e políticas voltadas à compatibilização entre o desenvolvimento e a preservação ambiental.

Diversos são os conceitos que permeiam o desenvolvimento sustentável. Bellen (2004) destaca que o termo pode ser visto como uma palavra-chave e cita as definições mais conhecidas, tal como aquela que tem origem no Relatório de Brundtland, que é “atender as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

Nesse contexto, em 1992 foi realizada, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Meio Ambiente (CNUMAD), conhecida como Eco-92 ou Cúpula da Terra, em que consagrou o conceito de desenvolvimento sustentável e o debate resultou em documentos importantes, dentre eles a *Agenda 21*. Este é um documento que contém instruções de ação com vista à promoção de um novo padrão de desenvolvimento, a partir de métodos de proteção ambiental.

Desse modo, a preocupação com o campo local da intervenção ao desenvolvimento sustentável, surge o termo *idades sustentáveis* no cenário mundial, considerando a promoção dos objetivos da *Agenda 21* nos assentamentos humanos. Isto é, o empobrecimento da qualidade ambiental pode contribuir para a redução da produtividade do sistema urbano em sua totalidade. Daí emerge a discussão sobre a sustentabilidade urbana para a cidade contemporânea.

Assim, em 2002 foi realizado o encontro conhecido como *Rio+10*, em Johannesburgo, no qual foram analisados os resultados e práticas da Eco-92 e reconhecendo as interfaces da sustentabilidade estabelecidos em 1992: o desenvolvimento econômico, a justiça social e a proteção ambiental. Desse evento, Miotto (2013) destaca os resultados mais significativos: a relevância conferida ao desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade nas cidades, sobretudo em países em desenvolvimento.

Mais recentemente, a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável (CNUDS) reuniu diversos chefes de estado de 193 nações, na conferência *Rio+20* realizada em 2012, no Rio de Janeiro, para discutir sobre a renovação do compromisso político das nações com o desenvolvimento sustentável e contribuiu para definir a agenda do desenvolvimento sustentável para as próximas décadas.

---

<sup>2</sup> Relatório de Brundtland, também chamado Nosso futuro Comum (*Our Common Future*) é o documento final da *World Commission on Environment and Development* (WCED), promovido pela Organização das Nações Unidas nos anos 1980.

## 2.4 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE URBANA

A construção do espaço urbano cria áreas de consumo e gera a competição pelos mesmos recursos naturais, como o solo e água e quando desprovidos de infraestrutura resultam na degradação da biodiversidade natural e refletem nas condições de saúde e qualidade de vida da população (TUCCI, 2008).

Conforme Chang (2006), a expansão urbana cada vez mais tem sido associada a uma série de problemas de ordem social como a segregação social e isolamento, além de aspectos relacionados à degradação ambiental, ao uso ineficiente do solo e de energia. Como exemplo, Castro (2002) ressalta que as alterações no ambiente natural pelo construído, como o aumento das áreas impermeáveis, a redução da área de infiltração e elevação do volume do escoamento superficial tendem a provocar alterações no ciclo hidrológico.

A esses efeitos sobre o urbano, outros impactos também são citados por Tundisi (2008), como: *i*) extremos hidrológicos, por enchentes ou secas, o que compromete as atividades humanas; *ii*) contaminação, seja por poluição difusa ou arraste de resíduos sólidos urbanos aos corpos hídricos, eutrofização e redução da qualidade da água e, *iii*) na disponibilidade da água e alterações na economia dependente da disponibilidade e demanda de recursos hídricos.

Em áreas urbanas consolidadas, Poletto e Merten (2007) destacam que onde a infraestrutura é precária ou limitada, os impactos negativos aos recursos hídricos são mais elevados, geralmente devido à falta de tratamento de esgoto, coleta de resíduos sólidos urbanos e pela falta de pavimentação das vias, que segundo os autores são fontes importantes de produção de sedimentos que, carreados pelo escoamento superficial, aportam nos corpos d'água e aceleram o processo de assoreamento de bacias hidrográficas urbanas.

No entanto, as ocupações urbanas, sejam elas subnormais<sup>3</sup> ou áreas que respeitam trâmites normativos legais, alteram por si só o ambiente natural (PEIXOTO; STUDART; CAMPOS, 2016). Na opinião de Figueiredo Junior (2009), a implantação de empreendimentos urbanos inevitavelmente resulta em impactos sobre o regime hidrológico e os sistemas de águas urbanas, em maior ou menor proporção, a depender das características do empreendimento, na área de intervenção direta, como também nas áreas de influências.

Assim, do ponto de vista de Fantinati, Zuffo e Argollo (2015), o atendimento da legislação urbanística e edilícia nem sempre se mostra eficiente do ponto de vista dos impactos causados pela implantação de um novo empreendimento. Como exemplo disso, os autores

---

<sup>3</sup>Área ocupada irregularmente por certo número de domicílios, caracterizada, em diversos graus, por limitada oferta de serviços urbanos e irregularidade no padrão urbanístico (IBGE, 2010).

referem-se aos instrumentos legais de regularização do uso e da ocupação do solo e as diretrizes urbanísticas, uma vez que a lei visa a garantir a autossuficiência espacial e que, contudo, não garante a mesma sustentabilidade em relação aos bairros vizinhos.

Embora não seja possível a implantação de um projeto de expansão urbana ou de desenvolvimento urbano em área natural, sem causar algum tipo de alteração, Figueiredo Júnior (2009) destaca que projetos imobiliários de expansão urbana devem ter como objetivo a combinação mais equilibrada das características do empreendimento e da região, de forma que os efeitos negativos sejam minimizados.

Nesse sentido, sobre o equilíbrio entre o ambiente natural e o antrópico, Fantinatti (2011) afirma que os projetos devem ser capazes de interpretar a dinâmica entre esses e dependem da utilização de meios adequados para a construção de um futuro desejável. Rego et al. (2013) ainda citam que aspectos físicos, econômicos e culturais de cada cidade influenciam a forma de urbanização e que ao se pensar a promoção da sustentabilidade deve-se levar em conta estes aspectos.

Isto posto, versando sobre o desenvolvimento sustentável urbano, Pompêo (2000) declara que a expansão urbana deve ser realizada de forma planejada, integrada e harmônica com outros sistemas urbanos e sistemas naturais. Assim, torna-se relevante pensar sobre a sustentabilidade no contexto urbano, pois são nas cidades em que grande parte dos problemas de mobilidade, depreciação dos recursos hídricos, geração de resíduos sólidos, problemas sociais, de saúde e educação derivam.

Portanto, segundo Tucci (2008), o desenvolvimento sustentável urbano deve integralizar em harmonia a qualidade de vida da população em equilíbrio a um ambiente conservado. Já no entendimento a respeito da sustentabilidade urbana, Silva (2011) alega que possui como foco principal a esfera social, uma vez que os principais problemas urbanos têm sua origem nas relações humanas.

No trato da cidade, Rosseto (2003) destaca que o desenvolvimento sustentável das cidades implica simultaneamente no crescimento dos fatores positivos para a sustentabilidade urbana e a diminuição dos impactos ambientais, sociais e econômicos neste espaço.

Na mesma direção, Righetto; Moreira; Sales (2009) tratando do desenvolvimento sustentável, e mais especificamente do desenho urbano, os autores citam como principais objetivos de um sistema urbano sustentável estão associados com um ambiente natural saudável e livre de agentes poluidores, com melhoria contínua da saúde, além da economia de recursos humanos e financeiros da manutenção desses sistemas.

Convergente a isso, Silva (2011) relata que o urbanismo sustentável prima pela diversidade de uso e funções sobrepostos em um tecido denso e compacto, e que considere e respeite as características ambientais e condicionantes geográficas, que compreende a morfologia e em conformidade com um sistema-entorno equilibrado.

No entanto, Acioly e Davidson (1998) destaca o papel dos tomadores de decisão na fase de projeto, e como essas decisões impactam a utilização da terra e a distribuição da infraestrutura e ressalta a importância de indicadores e referências sobre os resultados, quando determinadas escolhas são feitas durante o processo de desenho urbano.

Desta forma, para Silva e Romero (2013) é necessário o estabelecimento de novas formas de investigação, interpretação e monitoramento, assim como instrumentos de planejamento urbano e regional integrado e sustentável. Todavia, conforme Rego et al. (2013), não existe uma fórmula para a promoção da sustentabilidade que seja aplicável indistintamente a todas as cidades.

Então, as intervenções urbanas e projetos habitacionais que pretendam seguir os princípios do desenvolvimento sustentável demandam uma atenção especial para o produto final do planejamento físico espacial (ACIOLY; DAVIDSON, 1998). Por isto, as cidades e seus respectivos departamentos de planejamento urbano devem acompanhar permanentemente a evolução da estrutura espacial da cidade, ajustando-a e equilibrando-a a natureza dos incentivos e desincentivos sobre a ocupação do espaço (SILVA, 2011).

## 2.5 ÁGUA E URBANIZAÇÃO: Águas urbanas

Historicamente, os cursos d'água e as cidades sempre foram associados. Desde a fixação do homem à terra e as primeiras aglomerações, pode ser verificada a localização preferencial das cidades junto a cursos de água, e visando produzir condições favoráveis ao desenvolvimento.

Após os momentos iniciais da história, quando os rios viabilizaram as cidades, estes passaram a sofrer os impactos hidrológicos e ambientais da expansão urbana, perdendo seu papel como elemento da paisagem (BAPTISTA; CARDOSO, 2013).

O termo *águas urbanas*, conforme relata Figueiredo Junior (2009), é relativamente novo se comparado com o início da implantação das cidades e vem sendo empregado com mais frequência há poucas décadas.

Ao abordar a gestão de recursos hídricos nas áreas urbanas, Hespanhol (2008) destaca ser fundamental abandonar princípios ortodoxos ultrapassados e adotar abordagens baseadas em conservação e reuso da água, de forma a minimizar os custos e impactos ambientais associados a expansão urbana.

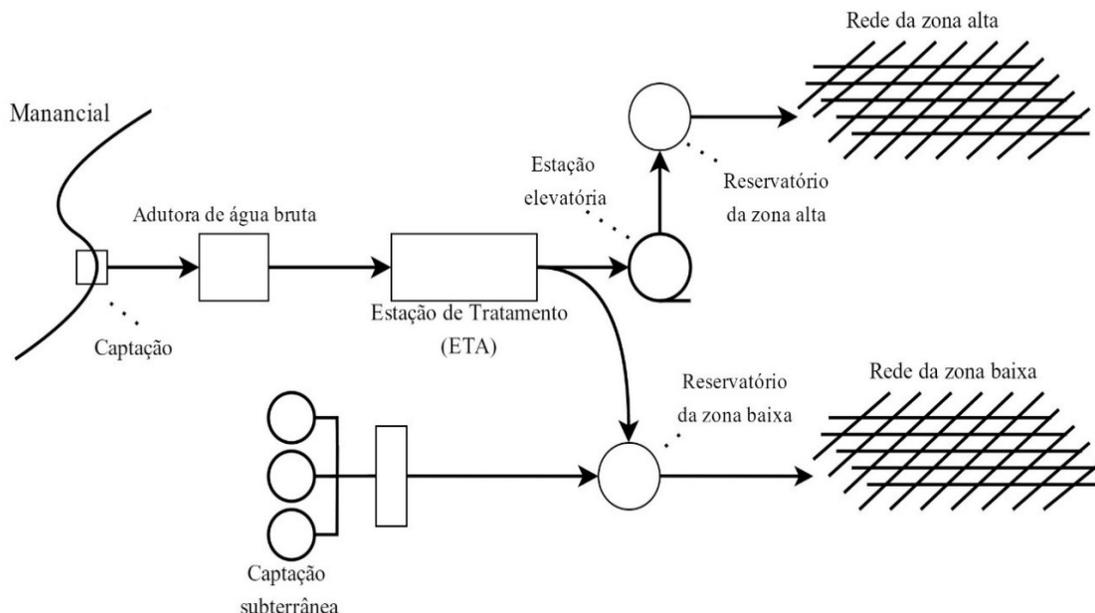
Neste contexto, Baptista e Cardoso (2013), reportam que a tendência no cenário mundial aponta para a atribuição às águas urbanas de um papel crescente na sociedade, como vetor e foco do desenvolvimento urbano, extrapolando funções unicamente utilitaristas, dando lugar a uma perspectiva mais abrangente e de abordagem de uso múltiplo e integrada, chegando-se ao conceito de “cidades sensíveis à água”. Assim, pela inter-relação entre a expansão urbana e os recursos hídricos, é um tema contemporâneo e que desperta a atenção de diversas áreas do conhecimento.

### **2.5.1 Sistema de Abastecimento de Água**

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de uma cidade é constituído por um conjunto de obras, equipamentos e serviços de captação, adução, Estações de Tratamento de Água (ETA), reservação e rede de distribuição. A proposta básica de um SAA caracteriza-se pela captação de água bruta de um manancial, que pode ser superficial ou subterrâneo, a adequação da qualidade da água de acordo com os parâmetros exigidos a qual seu uso se destina, e o fornecimento à população em quantidade e qualidade compatível a suas necessidades. A Figura 1 ilustra um sistema misto de abastecimento de água, realizado pela captação superficial e subterrânea e distribuindo em zonas de pressões distintas.

Heller e Pádua (2010) citam que o abastecimento de água mantém uma relação ambígua com o ambiente hídrico, se por um lado é um usuário dependente, de outro ao realizar este uso, provoca impactos. Todavia, a infraestrutura e os serviços do sistema de abastecimento de água possuem importante papel no controle da poluição e na saúde humana (ZHENG; EGGER; LIENERT, 2016). Tsutiya (2006) destaca a abrangência do sistema de abastecimento de água a todos os estratos sociais ao proporcionar as mesmas oportunidades de higiene, conforto e bem-estar, o que tem reflexo direto na redução da demanda por serviços de saúde.

**Figura 1.** Representação de um sistema misto de abastecimento de água



Fonte: O Autor (2017)

Os SAA são, em geral, dimensionados para atender a demanda em horizontes de projetos que variam de 30 a 50 anos, e como descrito por Tsutiya (2006), o tamanho e a complexidade dos sistemas de abastecimento de água podem ser os mais diversos e dependem principalmente do tipo de manancial, da topografia local e da população a ser atendida.

Além dessas variáveis, o abastecimento público é altamente dependente da disponibilidade hídrica, e devido a isso, conforme Heller e Pádua (2010), estudos das variações de vazão mínima dos cursos d'água, sobretudo os superficiais, são extremamente importantes nas avaliações preliminares para a concepção do SAA.

Vale destacar, que modificações ambientais pelo uso e ocupação do território de uma bacia hidrográfica, seja pela supressão da cobertura vegetal ou pela impermeabilização, provocam efeitos nocivos às fontes de abastecimento, seja um manancial superficial ou subterrâneo.

Em vista da escassez de água em termos de qualidade e da crescente demanda, de forma a assegurar o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos de determinada bacia e seus múltiplos usos, é de vital importância o monitoramento e a manutenção de sua disponibilidade em quantidade e qualidade. Entretanto, conforme Barros, Rufino e Miranda (2016) os gestores urbanos respondem à escassez de água com a promessa de expansão da oferta, alicerçada na ausência de suporte e controle das águas de abastecimento.

Um fator que pressiona a oferta de água para o abastecimento humano é a demanda por outros usos, sobretudo a prática de produção agrícola intensiva irrigada, podendo gerar em muitas regiões um ambiente de conflito (HELLER; PÁDUA, 2010). Nascimento e Heller (2005) destacam que os conflitos são gerados, na maioria das vezes, pela própria influência econômica da cidade em sua região, seja pela adoção do sistema intensivo para produção de frutas e hortaliças ou pela implantação de eixos rodoviários em áreas de mananciais.

Outros fatores também podem ser citados na pressão da demanda de água para consumo humano, como: o crescimento da população, o incremento da industrialização em núcleos urbanos e as perdas de volume de água em redes de distribuição do sistema de abastecimento.

Vargas (1999) afirma que o modelo de uso extensivo da água potável, orientado sobre o desenvolvimento e expansão da infraestrutura urbana e a constante oferta em quantidade e qualidade de água potável, é pautado em desconhecimento do consumo predatório da água. Nesse contexto, a pressão exercida pela demanda e a ampliação da oferta de água, os mananciais de abastecimento podem se tornar insuficientes, isto é, podem se exaurir ou apresentar qualidade deteriorada pelo lançamento indiscriminado de poluentes nos mananciais de captação.

Assim, de forma a contornar eventuais problemas de insuficiência de quantidade ou qualidade da água para suprir a demanda, pode ser necessária a captação de maiores volumes a longas distâncias, em alguns casos com a transposição de água entre bacias hidrográficas (NASCIMENTO; HELLER, 2005). Carvalho (2005) define a transposição de água entre bacias hidrográficas como a transferência de água de um sistema de maior superfície drenada para um sistema onde a superfície drenada é menor, de forma a aumentar a resiliência da bacia receptora, regularizando e tornando mais estável a oferta dos recursos hídricos.

No entanto, Hespanhol (2008) ressalta problemas legais e políticos-institucionais associados à transposição interbacias, e cita que a transferência de grandes volumes de águas de fontes distantes não pode mais ser aceita em um novo paradigma, tanto do ponto de vista econômico como do ambiental.

Em algumas situações pode haver o aumento da perfuração de poços tubulares profundos para o uso de aquíferos, como forma complementar a demanda por água, o que expõe esses mananciais à superexploração. De acordo com Villar (2016), a superexploração rebaixa os níveis hídricos e a disponibilidade hídrica superficial; diminui a capacidade de armazenamento do aquífero; compromete a qualidade da água pela intrusão salina ou de contaminantes presentes em aquíferos rasos e pode vir a comprometer a qualidade de ecossistemas.

Villar (2016), analisando a utilização de aquíferos, verificou a exploração de mananciais subterrâneos para abastecimento público em estados com alta disponibilidade hídrica, e que em quase 40% dos municípios brasileiros os aquíferos constituem a única fonte de abastecimento, sendo destacado o seu uso principalmente em municípios de pequeno porte, pela qualidade da água e baixo custo de tratamento.

Burn, Maheepala e Sharma (2012) ressaltam a necessidade de uma revisão na concepção dos sistemas de água no desenvolvimento sustentável, sobretudo das cidades, e a adoção de uma abordagem descentralizada possui potencial para trazer elementos inovadores na redução da demanda por água potável.

Na direção para a conservação e descentralização da água para o abastecimento público, emergem alternativas tecnológicas com o propósito geral de redução da demanda de água tais como: o controle de perdas físicas no SAA, reúso intensivo, coleta e uso de água pluvial para usos não potáveis, utilização de peças sanitárias econômicas, além de ações de caráter educativo e o uso de instrumento econômicos que incitem à redução de consumo (NASCIMENTO; HELLER, 2006).

### **2.5.2 Sistema de Esgotamento Sanitário**

A água potável distribuída e utilizada pela população se deteriora, e conforme Zmitrowicz e De Angelis Neto (1997), o Sistema de Esgoto Sanitário (SES) constitui-se num complemento necessário do sistema de abastecimento de água. Do ponto de vista de Philip, Anton e Loftus (2011), o manejo do esgotamento sanitário, considerando as águas urbanas, é geralmente o mais complexo.

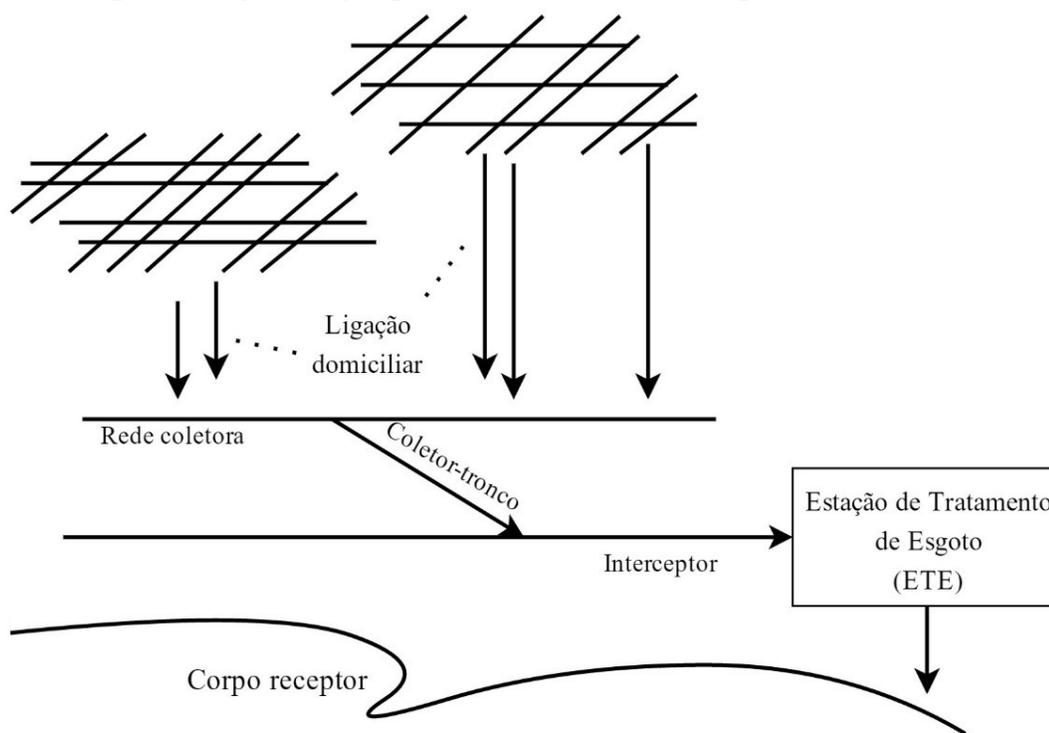
O Sistema de Esgoto Sanitário, sobretudo o urbano, pode ser descrito em três tipos: o sistema de esgotamento unitário, em que as águas residuárias domésticas e industriais, e as águas pluviais veiculam por um único sistema; o separador parcial no qual uma parcela das águas de chuva é encaminhada junto aos efluentes domésticos e industriais para um único sistema e o por fim, e amplamente adotado no Brasil, o sistema separador absoluto, em que as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas pluviais vinculam-se em sistemas totalmente independentes (SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

Oliveira Júnior (2013) destaca que há pelo menos dois modelos de gestão das águas residuárias: os sistemas centralizados e descentralizados. A abordagem de manejo dos esgotos domésticos baseada no sistema centralizado, coleta e trata a combinação de todos ou quase todos os elementos do esgoto (PHILIP; ANTON; LOFTUS, 2011a).

Basicamente, o sistema centralizado é composto pela rede coletora que recebe e conduz os esgotos das residências a um coletor tronco que é interligado a um interceptor e direciona as águas residuárias à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que tem por finalidade o tratamento e depuração do efluente antes do deságue no corpo de água receptor. Na Figura 2 é ilustrada a representação genérica de um Sistema de Esgotamento Sanitário em um sistema centralizado de coleta e transporte de águas residuárias.

A Estação de Tratamento de Esgoto em sistemas centralizados pode assumir configurações e adotar operações unitárias diferenciadas, em virtude do volume e características das águas residuárias a serem tratadas na cidade. Neste tipo de sistema pode haver um aumento significativo de exigências, ao nível de tratamento, para atender aos padrões de lançamento requeridos pela legislação.

**Figura 2.** Representação genérica de um sistema de esgotamento sanitário



Fonte: O Autor (2017)

No entanto, Oliveira Júnior (2013) ressalta que o sistema centralizado dificulta a universalização do atendimento por esgoto sanitário às comunidades menos favorecidas, que geralmente situam-se nas periferias das cidades. O autor justifica que o alto custo dos sistemas centralizados, a partir da gestão centralizada e do ponto de vista financeiro, onera o

investimento nas estruturas sanitárias, pela inversão de capital em ligações prediais, redes, interceptores, emissários, estações de bombeamento e elevatórias, e que é responsável pelo incremento de custos de até 60%, o que, segundo o autor, sob o ponto de vista econômico, prejudica a ampliação da rede para bairros periféricos.

Desta forma, o sistema descentralizado de tratamento de esgotos caracteriza-se pelo atendimento coletivo, de pequenas comunidades (*Household On-site*) e/ou um conjunto de edificações (*Community On-site*), até o nível individual, conhecido como sistema *On-site* (TREIN et al., 2015). Estas soluções descentralizadas podem minimizar o déficit no atendimento por esgoto sanitário das cidades, pelo reduzido capital de investimento global das infraestruturas. Porém, é importante avaliar em caso de adoção dos sistemas descentralizados, os custos envolvidos na operação, manutenção e de recursos humanos disponíveis pela companhia de saneamento, e que pode refletir na gestão financeira da empresa.

A seleção da tecnologia a ser implantada no contexto do tratamento descentralizado é condicionada às condições específicas geográficas, realidades locais, características do efluente e de recursos financeiros disponíveis (TREIN et al., 2015). No entanto, o arranjo tecnológico deve assegurar o requerimento legal de lançamento do efluente tratado e a proteção do meio ambiente.

Em áreas urbanas com baixa densidade e que não são contempladas com sistema de coleta e transporte de esgoto ou Estações de Tratamento de Esgoto, Oliveira Júnior (2013) cita a utilização do tratamento primário individual. São sistemas denominados *On-site*, e o tratamento é realizado por fossas e tanques sépticos, valas de infiltração e sumidouros no qual a disposição final do efluente é realizada no solo.

Vale destacar, que ainda hoje no Brasil os sistemas *On-site* são utilizados em locais desprovidos de coleta e transporte de esgotamento sanitário inclusive na área urbana, e nem sempre as soluções adotadas são contempladas pelas premissas de normas de projetos. Com efeito, de acordo com o estudo desenvolvido pelo Instituto Trata Brasil e publicado em 2017, 31 milhões de brasileiros viviam em moradias com fossa rudimentar (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Sobre a realidade do saneamento brasileiro, sobretudo do esgotamento sanitário, de acordo com o diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), apenas pouco mais da metade de municípios brasileiros, em 2015, possuía coleta de esgoto e destes apenas 73,4% eram tratados (BRASIL, 2017).

Assim, Tucci e Bertoni (2003) alertam sobre o tratamento por fossa séptica, que tende a contaminar a porção superior de um aquífero, sobretudo comprometer o abastecimento de

água, se as diferentes camadas dos aquíferos se comunicarem através da percolação ou ainda pela perfuração inadequada dos poços tubulares profundos.

Desta forma, reitera-se a atenção de que a deficiência de infraestruturas de saneamento tem implicações imediatas na saúde e na qualidade de vida da população. Assim, a implementação adequada da infraestrutura de saneamento é essencial para um adequado desenvolvimento urbano (TUCCI; BERTIONI, 2003).

Porém, o saneamento como manejo dos efluentes humanos e outras águas residuárias ainda apresenta aos governos e às pessoas um desafio contínuo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

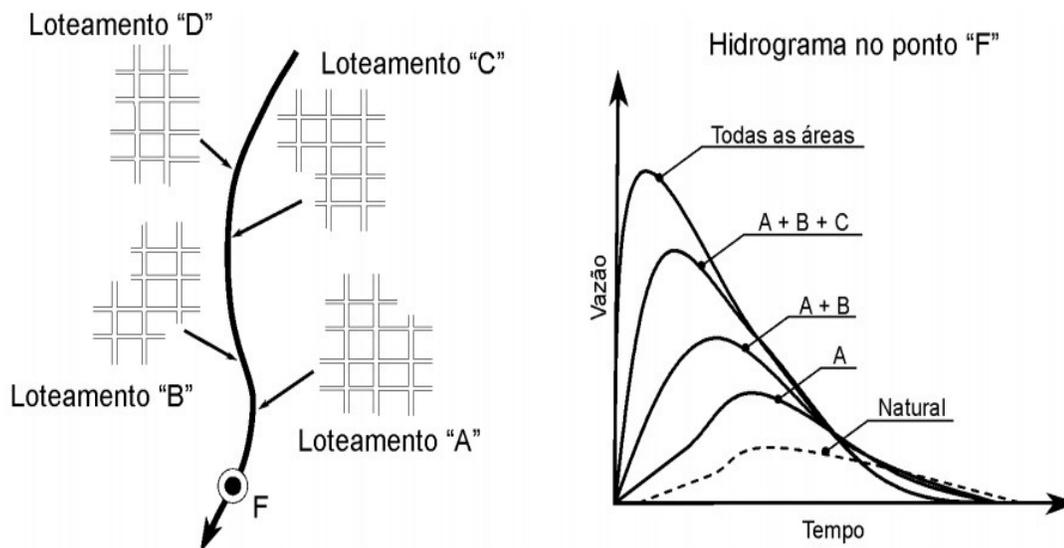
### **2.5.3 Drenagem de Águas Pluviais**

Para Silveira (2013), o sistema de drenagem urbana admite uma divisão em dois conjuntos interligados, denominados de microdrenagem e a macrodrenagem. A microdrenagem abrange as estruturas construídas para captar e conduzir as águas pluviais dos lotes e logradouros para o corpo hídrico receptor mais próximo. A macrodrenagem corresponde ao conjunto de canais naturais, por onde escoam os cursos d'água e que pode receber obras e equipamentos que a modificam e complementam. À luz da definição da drenagem urbana pela Lei de Saneamento Básico, esta faz apenas referência aos elementos estruturais que compõem o sistema.

A abordagem convencional da drenagem de águas pluviais, sob a ótica higienista, estabelece que os sistemas de microdrenagem são dimensionados com base em séries históricas de dados meteorológicos e previsões de padrões para o desenvolvimento urbano. No entanto, as soluções que vêm sendo adotadas são pontuais e fragmentadas. Como resultado da concepção clássica de tratamento das águas pluviais urbanas, associado à impermeabilização maciça, tem-se o aumento da vazão drenada e o esgotamento de todo o volume a jusante.

Reforçando a situação exposta, Tucci e Bertoni(2003) afirmam que o departamento responsável pela avaliação e aprovação dos projetos de drenagem pluvial de loteamento não exige a previsão dos impactos provocados a jusante do loteamento, o que colabora, dessa forma, com a transferência de inundação de um local para outro. Como exemplo do exposto, a Figura 3 demonstra o processo de urbanização adjacente a um curso hídrico pela implantação de loteamentos servidos pela microdrenagem, resultando na soma das contribuições de diversas áreas e o aporte da vazão a jusante.

**Figura 3.** Hidrograma em F (à direita), após a soma da contribuição da microdrenagem dos loteamentos A, B, C, D esquematizado à esquerda



Fonte: Tucci; Bertioni (2003)

Assim, enquanto a abordagem convencional baseia-se primordialmente na remoção das águas pluviais de determinada área, a abordagem alternativa propõe soluções e encara a água pluvial como um recurso (PHILIP; ANTON; LOFTUS, 2011b). Nesse sentido, a abordagem tradicional falha em explorar os diversos benefícios que as águas pluviais podem beneficiar à cidade, como parte de um sistema complexo de uso da água e de gestão de eventos críticos, como prevenção de escassez ou racionamento, combate a inundações e a poluição dos corpos hídricos.

No que se refere à gestão e ao ciclo da água no planejamento urbano, Fletcher et al. (2014) destacam que tem havido uma mudança na abordagem amplamente focalizada, conforme os preceitos higienistas, para uma nova abordagem com múltiplos objetivos e mais integrada, e que conduz a um processo de concepção dentro das perspectivas do desenvolvimento sustentável.

Em países desenvolvidos, conforme Tucci e Bertoni (2003), parte dos problemas relacionados ao abastecimento de água, tratamento de esgoto, da drenagem e o manejo das águas pluviais foi resolvido, sobretudo em relação a este último, por meio de medidas de reservação local, obrigando a população ao controle quantitativo na fonte e, assim atenuando os impactos devido à urbanização.

No entanto, Tucci (2008) justificando a pouca aderência pela abordagem alternativa na realidade brasileira, levanta motivações políticas, além do pequeno envolvimento social. Para

Pompêo (2000), engenheiros projetistas estão pouco habituados a essa nova vertente, e associado a isso, os arranjos institucionais não permitem uma abordagem alternativa. Além disso, para implementação de abordagens alternativas e a modificação do cenário atual são necessários a regulamentação em diversos níveis. Devem ainda ser previstos incentivos creditícios e a conscientização da população.

A falta de integração e visão sistêmica do ambiente urbano, sobretudo da drenagem, que perduram pelas diversas razões expostas, contribuem para o estado caótico no manejo da água pluvial nas áreas urbanas. De acordo com Canholi (2014), o planejamento de drenagem deve ser parte de um amplo processo de planejamento urbano, desta forma coordenado com os demais planos urbanos, principalmente o de saneamento básico, uso do solo e de transporte.

Ademais, Castro (2002) destaca que novas abordagens, sob o prisma dos princípios sustentáveis, devem levar em consideração quaisquer questionamentos em relação às ligações entre os aspectos ambientais e da sociedade.

#### 2.5.3.1 Práticas de Manejo Integrado – *Integrated Management Practices*– IMPs

As técnicas alternativas de drenagem, segundo Canholi (2014), se dão pela utilização de diferentes processos físicos, biológicos, da visão multidisciplinar e sistêmica, e visam amenizar problemas advindos da urbanização sobre o ciclo hidrológico urbano. Medidas para amortecimento de águas pluviais podem atingir o objetivo múltiplo de reduzir o risco de inundação ou vazão de pico a jusante, melhorar a qualidade da água, recarregar aquíferos e manter áreas de recreação.

No contexto internacional, a partir da década de 1990, surgiram iniciativas com foco na conservação e racionalização da água, reconhecendo a água por seu valor ambiental através das chamadas Boas Práticas de Manejo - *Best Management Practices* (BMP). De acordo com Cerqueira e Silva (2016), as BMP evoluíram em diversos países para propostas mais abrangentes, além de aplicação de dispositivos inovadores no projeto de drenagem, que segundo Nunes (2011), têm o objetivo de amortecer as cheias na origem e a proteção da qualidade da água.

As referências à adoção da água como elemento central de urbanização e presentes em conceitos de integração do ciclo hidrológico à urbe, como as técnicas compensatórias, podem ser relacionadas como segue: Fletcher et al. (2015) citam diferentes terminologias que vêm sendo adotadas em outros países para as Práticas de Manejo Integrado, como o *Low Impact Development* (LID) e a *Green Infrastructure* (GI), nos Estados Unidos; *Low Impact Urban*

*Design and Development* (LIUDD) na Nova Zelândia; *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS) ou *Sustainable Drainage Systems* (SuDS) na Inglaterra; *Alternative Techniques* (ATs) na França e o *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), na Austrália, além do *Integrated Urban Water Cycle Management* (IUWCM).

O *Low Impact Development* (LID) é o termo amplamente utilizado nos Estados Unidos e na Nova Zelândia e que originalmente a intenção dessa abordagem era aproximar o manejo da água de forma mais “natural” possível através de uma paisagem hidrológicamente funcional, isto é, caracteriza-se pelo manejo das águas pluviais em menor escala localizados na fonte ou o mais próximo dela (FLECTHER et al., 2015).

A abordagem consiste na utilização de sistema de bioretenção como telhados verdes e poços de infiltração, em contraposição à técnicas de rápido transporte e detenção de grandes volumes de água de um determinado local ou bacia hidrográfica.

O termo *Water Sensitive Urban Design* foi utilizado pela primeira vez em 1994 pelo Departamento de Planejamento e Desenvolvimento Urbano do Oeste, na Austrália, na apresentação de um guia para o planejamento e projeto de loteamentos residenciais cujo enfoque é direcionado à manutenção dos ambientes aquáticos (NUNES, 2011).

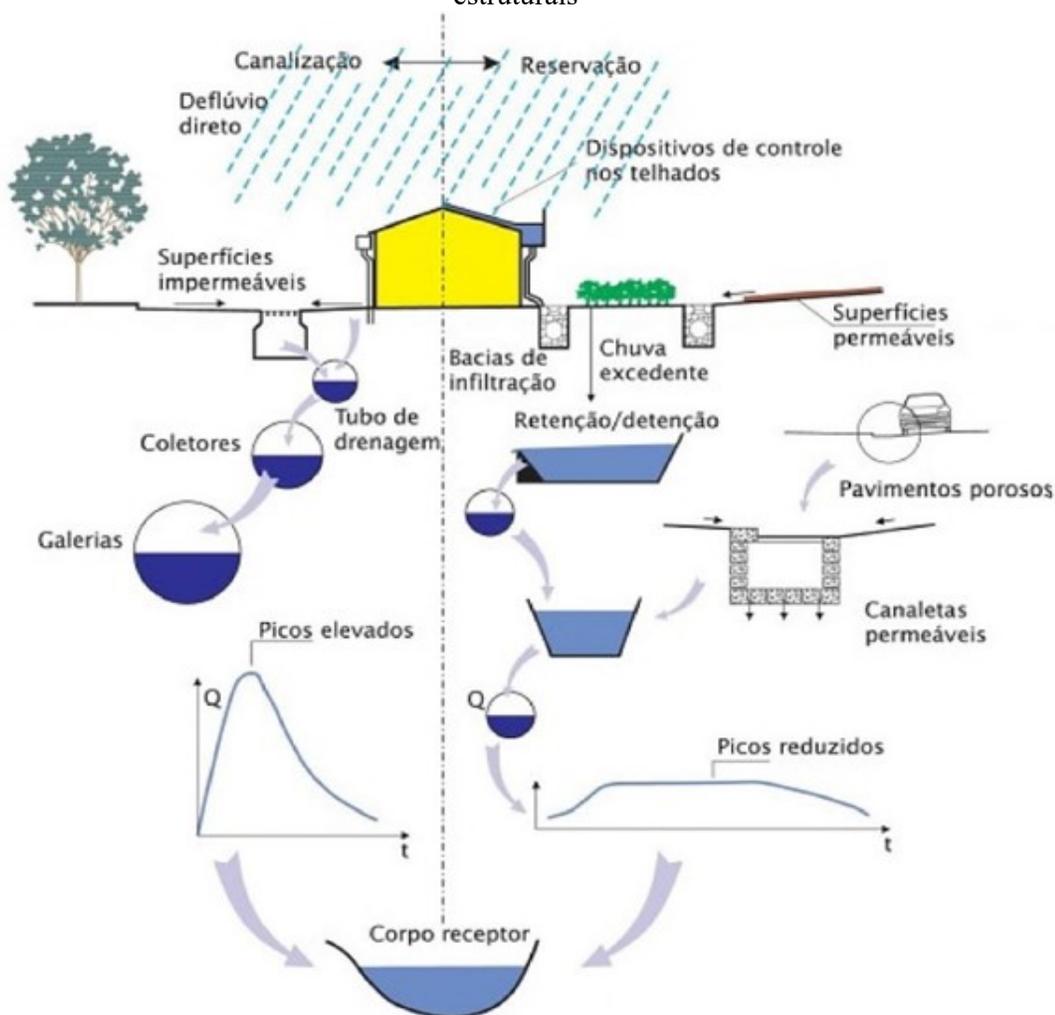
Do ponto de vista de Nunes (2011), a abordagem do WSUD abrange todos os aspectos da gestão do ciclo hidrológico urbano, ou seja, inclui as fontes de abastecimento de água, esgotamento sanitário e águas pluviais, isto é, encontra formas de reduzir o consumo de água, substituir o uso da água potável para usos menos nobres por meio da utilização de fontes alternativas ou pelo reuso da água, amortecer fluxos e priorizar a infiltração das águas pluviais na origem, entre outros.

De forma geral, essas abordagens possuem como objetivo central a preservação da água e a rede de drenagem como tema para a área do planejamento e gestão, não necessariamente a bacia hidrográfica inteira, mas em uma parcela (CERQUEIRA; SILVA, 2016).

A comparação dos efeitos sobre o corpo hídrico receptor pela abordagem convencional, com impermeabilização e canalização da água pluvial, e a abordagem adotando medida alternativa e compensatória, é ilustrada na Figura 4.

Inserido na abordagem alternativa e compensatória, as técnicas compensatórias – ou medidas de controle quantitativo do manejo de águas pluviais – podem ser classificadas em estrutural e não-estrutural. As técnicas estruturais são aquelas realizadas através de modificação por obras na bacia ou no rio e visam a correção e/ou a prevenção de problemas de enchente.

**Figura 4.** Estrutura organizacional de técnicas compensatória: Técnicas estruturais e não-estruturais



Fonte: Canholi (2014)

Por sua vez, medidas não-estruturais visam reduzir os danos ou impactos das inundações, e que propiciam a melhor convivência da população com eventos extremos, pela introdução de instrumentos com vistas, por exemplo, ao disciplinamento do uso e ocupação do solo, zoneamento de áreas de risco, alertas de inundação e a conscientização da população (TUCCI; BERTONI, 2003; CANHOLI, 2014).

### 2.5.3.2 Bacias e Reservatórios

As grandes obras de reservação em drenagem urbana podem ser diferenciadas em bacias de retenção e bacias de detenção. De maneira geral, as bacias no Brasil são empregadas, em sua maior parte, com enfoque no amortecimento das cheias (NUNES, 2011).

As bacias de retenção são concebidas de forma a manter a água pluvial escoada estocada por longo período, servindo também para outras finalidades, quais sejam: recreacionais, paisagísticas ou até para o abastecimento de água (CANHOLI, 2014).

Por sua vez, as bacias de detenção ou reservatórios de amortecimento são projetadas principalmente para o controle de cheias ou picos de vazões apenas durante e curto período após as chuvas. O tempo de detenção, conforme Canholi (2014), guarda relação apenas com os picos máximos de vazão requeridos a jusante e com os volumes armazenados.

Para a otimização do espaço, a área da bacia que poderia se converter numa área ociosa, para Mascaró (2003) é conveniente a combinação desses espaços a outros usos. Nunes (2011) destaca que as bacias e reservatórios de amortecimento projetados podem ser distribuídos na paisagem urbana, ao nível dos loteamentos, e integrados a praças, parques e áreas de lazer, agregando benefícios à comunidade, áreas verdes, recreativas e valor estético ao espaço urbano.

Por exemplo, as bacias podem ser do tipo aberta ou subterrânea. Na do tipo aberta são construídos taludes suaves podendo ser cobertos com vegetação ou pela construção de arquibancadas ou rampas lisas, sendo utilizadas como quadras esportivas ou canchas de skate. Já as bacias de detenção subterrâneas são projetos que preveem a construção, em geral, de praças ou áreas de lazer sobre a laje superior do reservatório.

As bacias de infiltração ou bacias de sedimentação constituem-se em um tipo de reservatório com função de controle de cheia e outros usos associados. Também podem ser descritos os alagados construídos ou *wetlands*, que são sistemas construídos e simulam os ecossistemas alagados naturais.

Em geral são obras que visam à decantação de sólidos suspensos, podendo ser um método empregado também para a recarga de aquíferos, de construção e operação fáceis, contudo, devem ser realizadas manutenções periódicas uma vez que os sólidos decantados podem colmatar a superfície do solo.

## 2.6. ÍNDICES E ÍNDICADORES

Os indicadores são componentes essenciais no estudo global do progresso em relação ao desenvolvimento sustentável (CASTRO, 2002). No entanto, na literatura que trata de índices e indicadores existe uma gama de diferentes definições destes termos, de acordo com suas funções, características, usos e propósitos. Antes de iniciar a discussão sobre indicadores de sustentabilidade, é importante sistematizar algumas definições e conceitos.

### 2.6.1 Aspecto Gerais

A ação de medir auxilia, tanto decisores quanto a sociedade, a contextualizar objetivos, estudar e avaliar alternativas e operacionalizar a implementação de políticas norteadoras de desenvolvimento humano (ROSSETTO, 2003). Vieira e Studart (2009) destacam que no processo decisório de tomada de decisão, os índices e indicadores são instrumentos potenciais de auxílio, que fornecem a compreensão da realidade através do monitoramento e do gerenciamento do atributo no tempo e no espaço.

Na mesma direção, Siche et al. (2007) tratam a maioria dos índices e indicadores como informações essenciais que auxiliam na avaliação do sistema em estudo e na construção de cenários. Vieira (2014) sustenta que os índices e indicadores devem possuir uma base científica confiável, reconhecendo suas limitações, apresentando a leitura da realidade pela simplificação de dados e minimizando perdas das conexões com o mundo real.

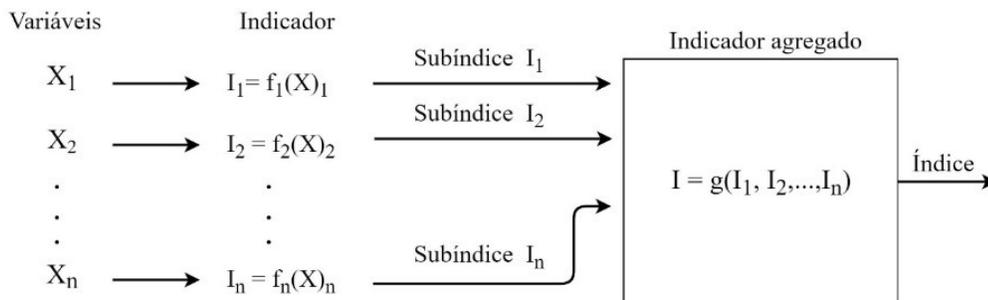
Ademais, Siche et al. (2007) afirmam que o índice pode servir como um instrumento de tomada de decisão e previsão, na qual os autores consideram o índice como um nível superior da junção de um jogo de indicadores e variáveis. Para Milanez (2014), os dados ou variáveis são informações sem nenhum tratamento, os indicadores são informações condensadas que refletem o status de um sistema maior e, por sua vez, o índice consiste em um grupo especial de indicadores quando se busca a sintetização de um fenômeno.

Na Figura 5 é apresentado um fluxo de informação de índices e indicadores proposto por Ott (1978, *apud* LAURA, 2004), na qual informações de dados primários são analisadas e agregadas em indicadores, os quais, numa agregação final compõem um índice geral.

Os indicadores podem ser variáveis simples ou funções de variáveis. Estas funções podem ser tão simples como uma razão, proporção ou um índice, dependendo de duas ou mais

variáveis, ou tão complexas como os resultados de simulações por meio de modelos (CASTRO, 2002).

**Figura 5.** Fluxo de informação na construção de um índice



Fonte: Adaptado de Ott (1978, *apud* LAURA, 2004)

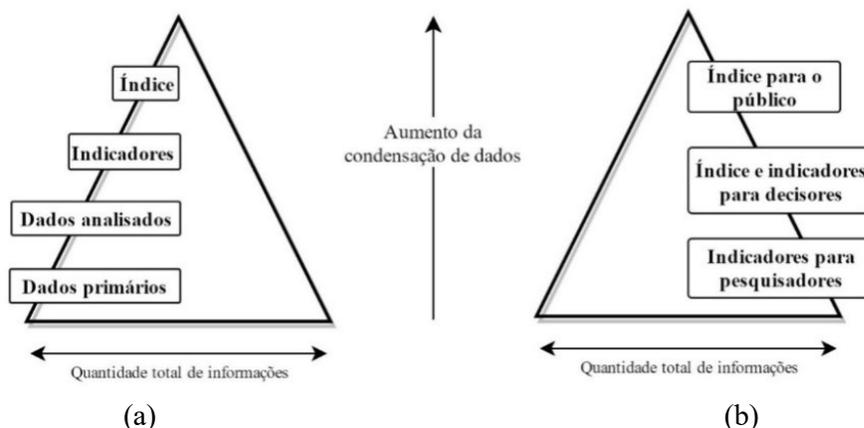
Em termos gerais, os indicadores resultam da aplicação de uma função às variáveis primárias, que por sua vez, os índices são produto da aplicação de funções simples sobre variáveis de nível abaixo. Assim, Gallopin (1996) relata que a diferença entre indicadores e índices reside na complexidade de funções pelas quais eles são obtidos, e não pelo seu nível hierárquico.

Assim, para *Organisation for Economic Co-Operation and Development* - OECD (1993), um índice é um conjunto de parâmetros ou indicadores agregados que utilizam metodologias para sintetizar numericamente uma quantidade de dados. Por sua vez, a respeito dos índices, Milanez (2014) descreve-os como a combinação algébrica de diferentes indicadores, de acordo com o objetivo de quem o formula.

Desta forma, em termos de origem e comunicação de informação, o critério na utilização de um índice ou indicador é a condensação de dados, com nível apropriado ao qual se refere à audiência a que se pretende transmitir a informação, conforme demonstrado na Figura 6.

Pela Figura 6, em relação ao acesso à informação, o topo das pirâmides é aquele que propicia o melhor entendimento, isto é, verifica-se que quanto maior o tratamento de dados e de informação, mais acessível ela se torna para o público em geral. Assim, com o intuito de ser um bom instrumento de suporte de avaliação e transmissão da informação o índice ou indicador deve ser criado ou desenvolvido com o enfoque no usuário, na medida em que este vai desfrutar dos resultados retratados pelo indicador.

**Figura 6.** Pirâmide de Informação (a) e Associação ao tipo de utilizador (b)



Fonte: Adaptado de Hammond et al. (1995); Wri (1995, *apud* SHIELDS; ŠOLAR; MARTIN, 2002)

Por sua vez, um indicador é definido como um parâmetro de mensuração ou o valor derivado de parâmetros, que fornece uma informação ou descreve além do valor associado dado pelo valor do parâmetro, o estado de um determinado fenômeno do ambiente ou zona geográfica no qual se observa (OECD, 1993).

Van Bellen (2004) entende o indicador como uma variável, cujo principal objetivo é o de sintetizar e simplificar informações de fenômenos complexos de forma que sua significância fique mais aparente, e assim melhorar o processo de comunicação. O autor ainda ressalta que os indicadores possuem importante característica quando comparados a outras fontes de informação, destacando sua relevância para política e para o processo de decisão, pois são ferramentas de avaliação úteis para os tomadores de decisão, na medida em que se pode utilizar no desenvolvimento de políticas de planejamento.

Para Milanez (2014), o uso de indicadores está relacionado à necessidade de medição de um fenômeno, de forma a permitir o conhecimento de uma realidade, quanto para a tomada de decisões, intervenções ou monitoramento de determinado fenômeno. Conforme Guimarães e Feichas (2009), um indicador é uma variável quantitativa ou qualitativa que assume um valor em um tempo específico e que tem como finalidade comunicar informações e auxiliar na tomada de decisões.

No entendimento de Brito e Barraqué (2008), indicadores são informações pontuais no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade. Para Castro (2002), a principal finalidade dos indicadores é de ajudar e aperfeiçoar o processo de tomada de decisão em diferentes níveis.

Apesar de diversas interpretações, é válido considerar que os autores consultados convergem para um mesmo ponto quanto a índices e indicadores como ferramenta de informação para a tomada de decisão.

Nesse sentido, os indicadores assumem o objetivo de explicitar determinada realidade em análise, fornecendo informações para sua explicação, permitindo o monitoramento da realidade estudada, apresentando-se como uma medida padronizada de comparação e que possam auxiliar no processo de tomada à decisão.

### **2.6.2 Índices de Sustentabilidade**

As primeiras tentativas de avaliar o progresso econômico se deram ao final dos anos de 1940, com a generalização entre a associação do Produto Interno Bruto (PIB) e dados demográficos, para mensurar o desenvolvimento (SILVA, 2016). Laura (2004) destaca a introdução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para mensurar o desenvolvimento do ponto de vista social e completa que diversas são as críticas em relação às metodologias e emprego desses modelos, a partir de perspectivas ideológicas e teóricas.

Nas últimas décadas, empreendeu-se um extensivo esforço na mensuração do desenvolvimento sustentável, como exemplo o desenvolvimento de ferramentas e metodologia de avaliação baseada em índices e indicadores (JUWANA; MUTTIL; PERERA, 2012). Guimarães e Feichas (2009) ressaltam que o enfoque acerca dos indicadores de desenvolvimento sustentável se intensificou após a Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 e a adoção da Agenda 21, na qual expressa nos capítulos 8 e 40 a necessidade em se consolidar indicadores para mensuração do desenvolvimento sustentável.

De acordo com Milanez (2014), a mudança no enfoque dos decisores e da sociedade dos problemas exclusivamente econômicos e a preocupação com outras dimensões vinculadas à sustentabilidade, fez com que outros indicadores fossem desenvolvidos, uma vez que os indicadores como o PIB, ou outras medições individuais de contaminação ou de recursos, não eram precisos e não consideravam ou relacionavam outros aspectos como ambientais, econômicos, sociais, culturais e éticos (SICHE et al., 2007).

Van Bellen (2004) relata que ao adotar a Agenda 21 como documento norteador para o desenvolvimento sustentável, como meta global entre as nações participantes, foi criada no evento a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS – *Commission on Sustainable Development*) que tem como principal responsabilidade o monitoramento do progresso

alcançado dentre os objetivos traçados. O autor ainda complementa que um dos primeiros assuntos levantados pela CDS, foi o da necessidade de criação de padrões que sirvam de referência para a mensuração do progresso em direção ao futuro sustentável.

Siche et al. (2007) descrevem que um aspecto crítico na mensuração da sustentabilidade é a metodologia adotada, não deixando lacunas sobre quais os princípios que estão na base do processo. Similarmente, Milanez (2014) revela a cautela na elaboração de índices, seguindo rigores matemáticos e na representação dos valores, uma vez que pode haver a tentativa de representar diversos fenômenos através de um único valor, havendo o risco da criação de um índice que não seja capaz de explicar nenhum deles.

Nesse contexto, diante da temática do desenvolvimento sustentável, encontram-se diversos modelos de monitoramento e avaliação de sustentabilidade baseados em indicadores, os quais contemplam as mais variadas áreas, dimensões, escalas e campos de aplicação.

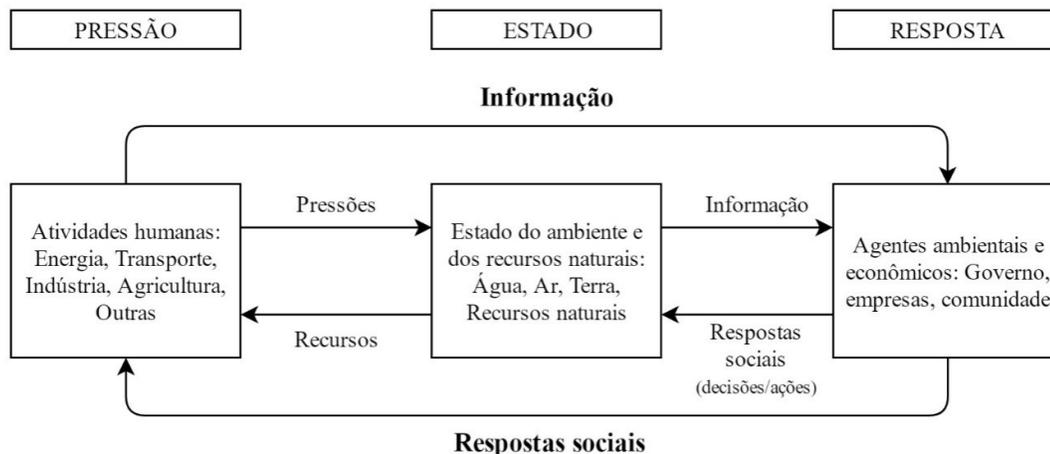
Dentre esses modelos de destaque é Pressão-Estado-Resposta (PER) – *Pressure/State/Response* (PSR), proposta pela OECD (1993) é baseado na existência de causa e efeito entre os elementos que compõem o modelo.

Os indicadores de Pressão (P) descrevem o grau de pressão que as atividades humanas exercem sobre o ambiente. Por exemplo, o lançamento de efluentes contaminados sem tratamento em um curso d'água (pressão) pode causar a contaminação do manancial, redução de oxigênio dissolvido, a eutrofização, a perda da biodiversidade (impactos).

Os indicadores de Estado (S) estão relacionados ao estado físico ou biológico do ambiente natural, assim como a qualidade e quantidade dos recursos naturais frente às pressões e respostas exercidas pela sociedade.

Por fim, o indicador de Resposta (R), monitora as reações de comportamento da sociedade em responder às modificações de estado sobre o ambiente, ou sobre outros segmentos da sociedade na forma de ações. A Figura 7 ilustra a estrutura do modelo Pressão-Estado-Resposta.

O método PER apresenta a vantagem de evidenciar os elos entre as atividades humanas e o ambiente, auxiliando os tomadores de decisão e o público em perceber a interdependência entre as questões ambientais e as interfaces sociais e econômicas. No entanto, Milanez (2002) ressalta o método apresenta limitações, isto é, o PER é direcionado para cadeias isoladas, não conseguindo monitorar processos como *loops* ou retroalimentação.

**Figura 7. Estrutura Pressão - Estado - Resposta**

Fonte: Adaptado de OECD (1993)

Outro modelo citado é a Pegada Ecológica. O índice denominado Pegada Ecológica ou *Ecological Footprint Method* (EFM) é uma contribuição dada por William Rees e Mathis Wackernagel, em 1996, cujo objetivo é calcular a área de território necessário para a produção e a manutenção de bens e serviços consumidos de determinada população ou sistema, bem como absorver os descartes do sistema. O resultado da relação entre consumo e área ecológica é um índice numérico que expressa a quantidade necessário por pessoa para fazer face ao seu consumo (hectare/per capita) (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

A principal contribuição dessa ferramenta, de acordo com Baabou et al. (2017), é fornecer um referencial de comparação de demanda em escala local, e ao mesmo tempo como se relaciona em escala global. De acordo com Martins (2006), o produto da avaliação de um dado sistema configura-se como instrumento político, uma vez que pode ser utilizado como informação para tomadores de decisão, assim como instrumento educacional na medida em que demonstra a existência da dependência humana com o meio ambiente.

Outro índice que merece destaque é o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) – *Environmental Sustainability Index* (ESI), elaborado em parceria entre as universidades norte americanas Yale e Columbia, com base nos conhecimentos estatísticos, ambientais e analíticos. Afirma Martins (2006) que o Índice de Sustentabilidade Ambiental foi pensado como uma alternativa ao indicador do Produto Interno Bruto (PIB) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para a avaliação do progresso de um país, contudo sob o enfoque ambiental.

O ISA integra 76 variáveis em 21 indicadores de sustentabilidade, reunidos em cinco enfoques, quais sejam: sistemas ambientais, estresses, vulnerabilidade humana, capacidade

institucional e social, e responsabilidade global, cujo resultado varia de 0 a 100, sendo 100 o melhor cenário.

O principal objetivo do ISA é o de comparar a habilidade de países na proteção ambiental ao longo do tempo, isto é, refere-se à manutenção a longo prazo dos recursos naturais, e não se configura como um ponto fixo ou chegada. Assim, a busca pelo desenvolvimento sustentável direciona o índice para se preocupar não apenas com a situação atual, mas também com as ações para que determinada situação melhore (MARTINS, 2006).

### **2.6.3 Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Aplicados a Loteamentos Urbanos e Infraestruturas das Águas Urbanas**

Em vista da escassez de água de qualidade e da crescente demanda, de forma a assegurar o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos de determinada bacia e seus múltiplos usos, é de vital importância o monitoramento e a manutenção de sua disponibilidade em quantidade e qualidade (TUNDISI, 2008). Lacerda e Cândido (2013) salientam que ferramentas de mensuração e de auxílio à tomada de decisão devem ser desenvolvidas de forma a avaliar e orientar a gestão dos recursos hídricos.

Com o propósito de monitorar a condução dos recursos hídricos, sobretudo das águas urbanas com vista aos princípios da sustentabilidade, a utilização de indicadores de sustentabilidade é importante ferramenta que ajuda a refletir e comunicar uma ideia complexa (LACERDA; CÂNDIDO, 2013), e seu uso justifica-se pela importância da água para as atividades vitais humanas, como também para o equilíbrio do ambiente.

Milanez (2014) destaca que os indicadores devem apresentar uma visão holística, mas também sistêmica, que permita a identificação das interações entre eles. Indicadores de recursos hídricos ou hidro-ambiental tratam de vários aspectos de inter-relacionamento entre parâmetros hídricos e ambientais, com critérios como disponibilidade hídrica, qualidade e uso da água, acesso e impacto no meio ambiente (VIEIRA; STUDART, 2009).

Entretanto, na construção de um sistema de indicadores de loteamentos é necessário estabelecer critérios e métodos com o objetivo pretendido e que melhor se encaixam na realidade analisada. Na mesma direção Carvalho, Curi e Lira (2013) expõem que a escolha de indicadores de sustentabilidade deve ser precedida de cuidados, uma vez que diferentes tipos de indicadores podem, em determinadas situações, ser relevantes em dada escala, mas podem perder o seu sentido quando utilizados sem os devidos cuidados em escalas não apropriadas.

A literatura nacional e internacional evidencia experiências na utilização de modelos de índices e indicadores de desenvolvimento sustentável em diversas escalas, como forma de auxiliar a gestão dos recursos hídricos.

Castro (2002) propôs indicadores de avaliação de sistema de drenagem urbana em dois estudos de caso no Brasil e um na França, considerando aspectos sociais, ambientais e sanitários e os resultados apontaram um melhor desempenho das técnicas alternativas de drenagem nos aspectos ambientais e sociais.

Castro (2007), por meio de uma metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização em corpos hídricos na qualidade, quantidade e alteração de regime existente nos corpos de água, utilizou de indicadores agregados por métodos multicritérios.

Miranda e Teixeira (2004) propuseram a construção participativa de indicadores de sustentabilidade aplicados aos sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. A avaliação do desempenho da sustentabilidade, a partir do monitoramento dos indicadores para os sistemas urbanos de água e esgoto, norteia ações para promover a melhoria no sistema. Os resultados apresentaram a seleção de 13 indicadores, podendo ser agrupados em: *i*) indicadores de disponibilidade hídrica; *ii*) indicadores de consumo; *iii*) indicadores de perdas e interrupções; *iv*) indicadores de conformidade legal e *v*) indicadores de participação e educação ambiental.

Por sua vez, Barbosa (2001) propôs a análise de 67 indicadores urbanos sustentáveis, os quais foram distribuídos em critérios, sendo eles: *i*) qualidade ambiental; *ii*) infraestrutura urbana; *iii*) morfologia com ênfase social; *iv*) mobilidade sustentável, *v*) eficiência energética e energia renovável e, *vi*) ecologia urbana. Através da avaliação dos indicadores urbanos sustentáveis em dois bairros centrais da cidade de Maringá - PR, o autor verificou que o bairro com menor idade de implantação, caracteriza-se por elevada densidade edificada, amplas áreas abertas impermeabilizadas e impermeáveis colaborou para temperaturas mais elevadas, com reflexos na qualidade ambiental e na vida das pessoas.

Sander (2007) avaliou 5 loteamento urbanos na cidade de Marechal Cândido Rondo – PR, utilizando-se de 21 indicadores de sustentabilidade agrupados em 7 grupos temáticos, quais sejam: *i*) terra urbana; *ii*) moradia; *iii*) saneamento ambiental; *iv*) infraestrutura urbana, *v*) transporte; *iv*) serviços públicos e, *vii*) lazer. De forma geral, os resultados apontaram que a qualidade de vida dos moradores dos loteamentos avaliados pode ser considerada boa, em uma escala variando de 1 a 6, sendo 1 considerado ótimo e 6 péssimo.

## 2.7 MÉTODO DELPHI

Nesta seção apresenta-se o método Delphi utilizado para a prospecção de tendências e seleção de indicadores para empreendimentos urbanos, com vista ao desenvolvimento sustentável.

### 2.7.1 Visão Geral do Método Delphi

O método Delphi teve sua origem em um estudo desenvolvido pela Força Aérea estadunidense em 1950, sob a denominação Relatório Delphi. A origem do estudo verificava quais seriam as perspectivas de estrategistas soviéticos sobre a indústria bélica americana (RIBEIRO; HELLER, 2004). No entanto, o método passou a ser disseminado no início dos anos 60 com trabalhos desenvolvidos por Olaf Helmer e Norman Dalker, pesquisadores da *Rand Corporation*, instituição que dava suporte às pesquisas espaciais e militares (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000; SANTOS; VIDOTTO; GIUBLIN, 2005).

A partir de então, o método Delphi foi disseminado nos Estados Unidos, Europa e Japão, sendo adotado primeiramente nos meios governamentais, na área empresarial e posteriormente no meio acadêmico, no reconhecimento da necessidade de incorporação de informações subjetivas em alguns processos científicos em diversas áreas (RIBEIRO; HELLER, 2004).

A aplicação do processo Delphi se dá a partir de consultas individuais, por meio de questionários, requisitando que especialistas forneçam suas expectativas sobre eventos futuros, que inclusive podem ser hipotéticos (SOUZA, 2008). Assim, conforme Wright e Giovinazzo (2000), o uso estruturado do conhecimento e da experiência de especialistas, pressupõe que os julgamentos coletivos são mais precisos que os individuais e representa a consolidação do julgamento intuitivo do grupo na prospecção de eventos futuros e tendências (*forecasting*).

Segundo Deponti (2001), método Delphi pode ser utilizado para o estabelecimento e seleção de indicadores, permitindo que a identificação de parâmetros e definição de indicadores possibilita uma previsão holística e da compreensão do tema por parte dos especialistas consultados.

Recentemente, o Delphi tradicional teve seu conceito ampliado e não se limitou à utilização exclusivamente como instrumento de previsão e prospecção de tendências, tornando-se um instrumento de apoio à tomada de decisões e definição de políticas (CARDOSO et al., 2005). A abordagem Delphi tem sido empregada com sucesso na exploração de temas de

interesse da sociedade, citando estudos realizados nos campos da administração pública, de políticas públicas e sociais, do gerenciamento ambiental e de recursos hídricos (O'LOUGHLIN; KELLY, 2004).

De acordo com Rozados (2015), a depender do objeto de pesquisa, pode-se ter um dos dois tipos de Delphi: Delphi de Previsão e Delphi de Política (*Policy Delphi*). O Delphi de Previsão é desenhado para projetar variáveis e a prospecção de eventos e tendências, que servirão de apoio à tomada de decisão (ROZADOS, 2015). Por sua vez, o Delphi de Política permite a identificação de ideias e estratégias para proposição de políticas, permitindo que grupos diferentes explorem questões políticas complexas (LIBÂNIO, 2006). O Quadro 1 apresenta uma avaliação comparativa entre as abordagens do Delphi de Previsão e Delphi de Política.

**Quadro 1.** Comparação entre diferentes abordagens do método Delphi

<b>Delphi de Previsão (abordagem convencional)</b>	<b>Delphi de Política (variante)</b>
Busca de convergência de opiniões na avaliação prospectiva de eventos futuros;	Busca gerar a mais forte possível oposição de ideias sobre potenciais soluções para problemas políticos;
Participantes devem ser especialistas;	Participantes podem ter diferentes formações e níveis de instrução;
Assume-se que os especialistas têm melhor antevisão de eventos futuros.	As opiniões dos especialistas não necessariamente têm maior valor.

Fonte: Adaptado de Turoff (1975) e De Loë (1995, *apud* LIBÂNIO, 2006)

### 2.7.2 Delphi e suas Características

De acordo com Linstone e Turoff (2002), existem duas formas distintas de aplicação da técnica Delphi: uma chamada Delphi Convencional ou Exercício Delphi e a outra de Conferência Delphi. O Delphi Convencional, segundo Antunes (2014), é a mais usual e é realizada da seguinte forma: um monitor ou pesquisador desenvolve um questionário e o aplica a um grupo de participantes. As respostas do grupo são então organizadas, e se confecciona um novo questionário, o qual é aplicado ao mesmo grupo de respondentes. Com base nas respostas obtidas na rodada ou *round* anterior, os participantes têm a oportunidade de reavaliar suas respostas anteriores, até se chegar a um consenso do grupo.

Mais atualmente a aplicação do método Delphi vem sendo aplicada com auxílio de computador e da internet. A segunda forma, denominada Conferência Delphi, utiliza um

sistema de comunicação informatizado e um sistema de computador programado, substituindo o monitor ou pesquisador no processo de organização das respostas (ANTUNES, 2014). Segundo Souza (2008), essa estruturação eletrônica dos questionários se configura como um facilitador, uma vez que elimina problemas e restrições do método tradicional (papel-lápis), isto é, reduz custo e tempo necessários para a aplicação.

Wright e Giovinazzo (2000) e Souza (2008) destacam que um procedimento será definido como sendo Delphi quando estabelecida a necessidade da presença de pelo menos quatro características, sendo elas: *i*) anonimato dos especialistas; *ii*) repetidas interações, que permitem o acesso de todos os participantes às opiniões divergentes e às mais mencionadas; *iii*) *feedback*, isto é, fornecimento de um retorno apenas com questões pertinentes aos objetivos da pesquisa e, *iv*) agregação estatística às respostas do grupo.

De acordo com Souza (2008), o anonimato assume um papel crucial dentro do processo de aplicação da técnica, pois evita pressões sociais impróprias, isto é, evita debates verbais dominantes, dogmáticos e ideológicos entre os especialistas, e geralmente presentes em discussões de mesa redonda, o que poderia gerar “efeito manada” entre os participantes em relação a determinado ponto vista. Assim, essa característica da técnica Delphi possibilita que se atinjam níveis de confiança nas opiniões individuais divulgadas.

Conforme Ribeiro e Heller (2004), o que difere a abordagem Delphi de um procedimento ordinário de votação é a retroalimentação das informações coletadas do grupo e possibilidade dos indivíduos participantes modificarem ou redefinirem seus julgamentos baseados nos resultados obtidos pelo coletivo.

Independente da forma de aplicação do Delphi, convencional ou conferência, os dados quantitativos recebem um tratamento estatístico simples e são retornados ao grupo através de uma sequência intensiva de questionários intercalados entre si com um respectivo *feedback* (SOUZA, 2008). Para Wright e Giovinazzo (2000), quando há justificativas e opiniões qualitativas associadas a previsões quantitativas, deve-se buscar relacionar os argumentos às projeções quantitativas dos respondentes.

Conforme Souza (2008) e Amboni (2011), o procedimento de envio sucessivo de questionários acompanhados de um *feedback* do round anterior deve repetir-se até que se atinja um consenso ou convergência de opiniões. Scarparo et al. (2012) relatam que não existe uma regra pré-determinada para estabelecer o nível de consenso, sendo esta atividade reservada ao pesquisador.

A evolução em direção ao consenso, segundo Wright e Giovinazzo (2000), pode ser mensurada pela relação entre a distância do 1º ao 3º quartil das respostas e o valor da mediana.

Já Castro e Rezende (2009) reportam que o nível de consenso, devem estar no intervalo de variações das alternativas entre 50 a 80%.

Cardoso et al. (2005) destacam que há alguma divergência na literatura com relação à necessidade de obtenção de consenso, e que consideram ser o objetivo central do processo. Contudo, os autores reportam que o consenso deve ser buscado, mas pode eventualmente não ocorrer para todas as questões, sem prejuízo dos objetivos da pesquisa.

Pela própria rigidez do método, são necessárias no mínimo duas rodadas para caracterizar o método Delphi, sendo raros os estudos que apresentam mais de três rodadas (AMBONI, 2011). No entanto, é consenso entre Hsu e Sandford (2007), Souza (2008) e Rozados (2015) que o procedimento Delphi clássico possui no mínimo quatro fases, a saber: O primeiro ciclo não é estruturado, e caracteriza-se pela exploração do tema e de contribuições individuais adicionais que veem como importantes.

A segunda fase é o momento em que as respostas são consolidadas e corresponde ao processo de acordos e desacordos, isto é, as respostas são analisadas e sumarizadas estatisticamente pelo mediador, originando um novo (segundo) questionário estruturado.

A partir do terceiro ciclo em diante, é a fase que são dadas oportunidades para que os respondentes mudem suas estimativas prévias com base no *feedback* fornecido, requisitando e extraíndo as razões das diferenças e motivos para tal. Conforme Souza (2008), o fato de exigir as justificativas se deve à crença de que, teoricamente, são elas que permitem que as opiniões injustificáveis não sejam emitidas. Na quarta e última fase ocorre a avaliação final, quando toda a informação foi tratada e os resultados obtidos retroalimentam o processo para novas considerações.

Todavia, considerando questionários com sucessivos *rounds* ou iterações, Wright e Giovinazzo (2000) citam valores de 30 a 50% de abstenções dos respondentes na primeira rodada, e de 20 a 30% na segunda rodada. Souza e Libânio (2009) registraram valor de abstenção de 25% na primeira iteração, sem abstenções na segunda iteração de coleta de opiniões. Por sua vez, Lopes e Libânio (2005), trabalhando com um grupo de 18 pessoas, reportaram abstenção de 11% e 6% no primeiro e no segundo *round*, respectivamente.

Grisi e Britto (2003) apontam que seja comum entre a primeira e última rodada o abandono de 50% dos especialistas recrutados no início do processo. Similarmente, Almeida e Oliveira (2007) obtiveram taxa de abstenção de 53,42% na primeira rodada e de 43,33% ao final da segunda rodada do exercício Delphi. Desta forma, as abstenções no decorrer do processo, além de requerer esforço amostral, pode inviabilizar a pesquisa pelas abstenções.

Complementar a isso, Dias (2005) ressalta que a determinação do número de iterações a ser adotado no Delphi traz implicações práticas que não podem ser desconsideradas, ou seja, um grande número de *rounds* é atrelado a um tempo de execução alto. Ainda de acordo com o autor, algumas aplicações do Delphi adotam um número pré-definido de rodadas, partindo do pressuposto que após duas ou três iterações, as mudanças no julgamento do grupo passam a não compensar o esforço de novas rodadas.

### **2.7.3 Procedimento do Método Delphi**

A sequência básica de execução do método Delphi baseia-se na troca contínua de informação e opiniões entre os especialistas participantes, até a convergência de consenso. A seguir serão descritas as etapas essenciais para elaboração e aplicação do método Delphi. A Figura 8 apresenta o fluxograma típico de aplicação do método Delphi.

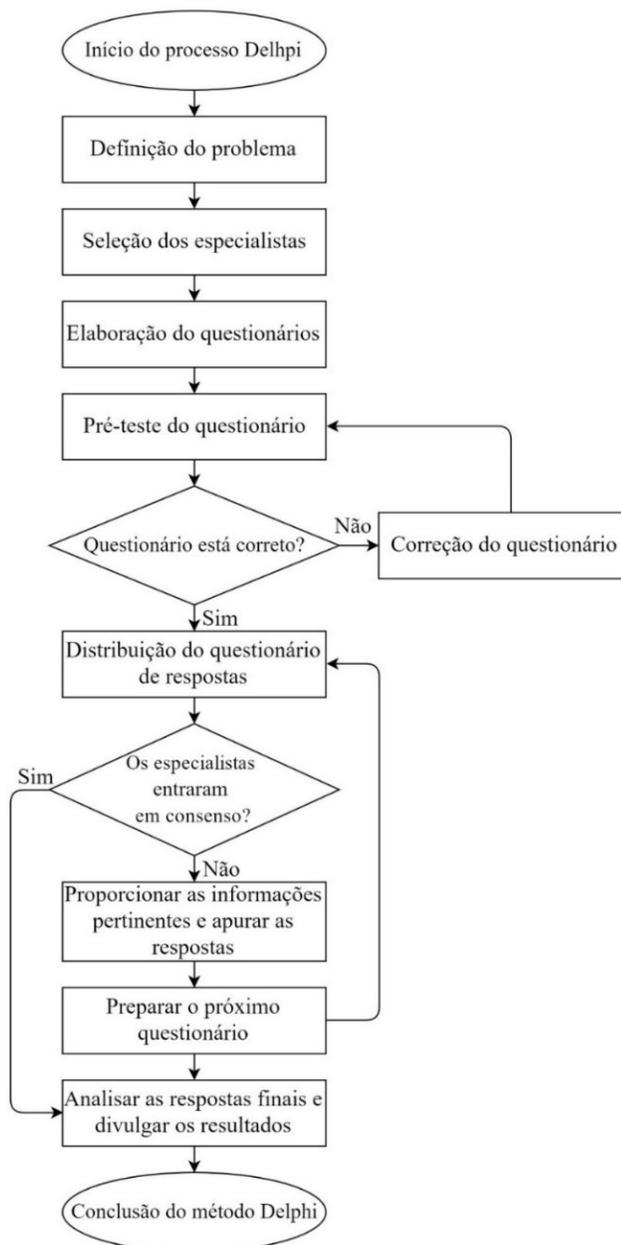
### **2.7.4 Elaboração de Questionário**

O processo Delphi tem início com a definição do tema de pesquisa e a realização de uma revisão bibliográfica, recorrendo à literatura especializada e a outras fontes de informação para a elaboração das questões que irão compor o questionário.

De acordo com Wright e Giovinazzo (2000), em função das necessidades específicas de cada estudo, podem ser elaborados e utilizados diferentes tipos de questões. No entanto, os mesmos autores ressaltam a importância em serem observadas algumas recomendações para se evitar erros na sua elaboração, por exemplo:

- a) Evitar colocações ambíguas;
- b) Evitar eventos compostos ou declaração condicional para outra pergunta;
- c) Termos científicos ou tecnológicos devem ser usados corretamente;
- d) Os elementos adotados devem ter definições claras e concisas;
- e) Tornar o questionário simples de ser respondido;
- f) Limitar o número de questões;
- g) Evitar ordenamento de proposições e;
- h) Permitir a complementação dos especialistas.

**Figura 8.** Fluxograma de aplicação do Método Delphi



Fonte: Adaptado de Silveira (2013)

Além dos itens anteriormente listados, Cardoso et al. (2005) ressalta a não elaboração de um número excessivo de perguntas, sendo limitado, dependendo do tema e do perfil dos especialistas, um número em torno de 25 questões. Os autores destacam, que a depender da abrangência do tema e dos focos das perguntas, cada especialista participante se sinta mais familiarizado com determinadas questões, respondendo-as mais rapidamente em relação a outras.

É possível ainda, que pela abrangência do escopo da pesquisa, que nem todos os especialistas se considerem aptos a responder a todas as perguntas do questionário. Neste sentido, recomenda-se, após estruturado e revisado o primeiro modelo do questionário, este pode ser previamente testado (pré-teste) para verificar sua aplicabilidade.

Conforme Silveira (2013), uma alternativa para realização do pré-teste (pré-Delphi) do questionário é aplicá-lo a um especialista não participante, isto é, convidar um especialista para avaliar o questionário, e que não será consultado adiante, e que tampouco participou do processo de elaboração do formulário.

Na opinião de Souza (2008), o pré-Delphi consiste em saber como o questionário se comporta em uma situação real de coleta de dados, sendo os objetivos:

- a) Verificar se os termos utilizados nas perguntas são de compreensão dos respondentes;
- b) Verificar se as perguntas estão sendo entendidas como deveriam ser;
- c) Verificar se as opções de respostas nas perguntas fechadas estão completas;
- d) Verificar se a sequência das perguntas está correta;
- e) Verificar se não há objeções na obtenção das respostas;
- f) Verificar se a forma de apresentar a pergunta não está causando viés e;
- g) Cronometrar o tempo de aplicação.

Ainda conforme Souza (2008), os resultados do pré-teste servirão para a realização de revisão final do questionário. No entanto, o número de pré-testes deve ser realizado até que não sejam mais necessárias grandes alterações na estrutura do instrumento de pesquisa.

### **2.7.5 Seleção de Especialistas**

Uma etapa essencial à técnica Delphi é a seleção dos potenciais especialistas. Desta forma, os especialistas potenciais devem ser contatados e orientados individualmente, passando-lhes as informações e a importância da participação. Aos especialistas concordantes pela participação são enviados os questionários.

No entanto, a literatura consultada não demonstrou uma metodologia padrão quanto aos critérios de seleção e escolha dos especialistas. Porém, Amboni (2011) ressalta que a abrangência na composição dos especialistas participantes, seja do setor público, privado e acadêmico ampliará a visão da área e a percepção do estudo. Todavia, Rowe e Wright (1999)

recomendam que a seleção dos especialistas deva ser realizada alinhado ao objetivo proposto para obter resultado satisfatório.

Desta forma, Zapata (1995) desenvolveu uma metodologia para a seleção dos respondentes por meio de aplicação de um questionário de autoavaliação do conhecimento dos especialistas sobre determinado tema. Os resultados da avaliação prévia são organizados em uma tabela para se obter um *ranking*, selecionando os especialistas através de um valor mínimo de corte.

Já Santos, Vidotto e Giublin (2005) selecionaram os especialistas com base nos critérios: formação profissional e tempo de experiência, considerando estes critérios suficientes para o estudo desenvolvido por estes autores.

### **2.7.6 Número de Participantes**

Em relação ao número de especialistas participantes, a literatura consultada também não fornece parâmetros para o estabelecimento de número mínimo ou máximos de especialistas participantes do Delphi. De acordo com Santos, Vidotto e Giublin (2005), o número de especialistas pode variar de um pequeno grupo até um grupo numeroso de participantes, entretanto o número de participantes poderá variar conforme o problema e a amostra utilizada.

Nesse sentido, Duffield (1993) realizou uma pesquisa com emprego do método Delphi conduzindo dois grupos de especialistas distintos, um grupo com 16 participantes e outro grupo maior com 34 participantes, obtendo similaridade nos resultados. O autor concluiu que o número de participantes não interferia no nível de consenso do tema tratado.

Para Murphy et al. (1998), não foi possível observar vantagens entre um número alto de indivíduos especialistas participantes (acima de 20) ou com número reduzido (menos de 10), no entanto os autores recomendam o mínimo de 10 especialistas participantes.

Já Wright e Spers (2006) ressaltam a participação entre 15 e 30 especialistas para aplicação do questionário pelo método Delphi. Hsu e Sandford (2007) relatam ser suficiente o número de 10 a 15 especialistas quando o assunto tratado é homogêneo. Pasqualli (1998) indica que o número de especialistas deve ser de 6 participantes.

Por sua vez, Sandin-Bojö et al. (2004) destacam que, quanto maior for o número de especialistas, maior a probabilidade de discordância. Ainda de acordo com os autores, casos em que o número de especialistas for reduzido, ou melhor, inferior a 3 especialistas, o nível de concordância entre eles seja de 100%.

No entanto, segundo Zapata (1995), o método Delphi não busca o recrutamento substancial de especialistas para atender a amostras representativas para fins estatísticos, mas sim a qualidade destes para tratar o problema em análise.

### 2.7.7 Formas de Implementação do Delphi

Existem diferentes formas de implementar o método Delphi, sobretudo na forma de distribuição dos questionários e o preenchimento destes pelos especialistas (DIAS, 2005): com formulários impressos, em que a entrega é feita em mãos ou encaminhados por correio (Delphi convencional “caneta-papel”), devolvido via correspondência convencional.

Formulários enviados por correio eletrônico (*e-mail*), nesta forma os questionários, assim como o material adicional, são enviados por correio eletrônico, individualmente ou através de contas de grupo, podendo ser preenchidos diretamente no arquivo enviado e retornar ao *e-mail* do monitor.

E ainda mais recentemente, os sistemas *online* (*web-Delphi*), figuram-se como um meio para aplicação do método e de se obter com maior rapidez os dados para a pesquisa pela utilização da internet para envio dos questionários e a realização dos ciclos. Nesta variante do método Delphi, os questionários são formulados e hospedados em plataforma eletrônica disponíveis no mercado *online*.

Após formatado o questionário na plataforma *online*, os especialistas selecionados são comunicados por *e-mail*, contendo um *link* eletrônico, o qual direciona a uma página da *web* e pode-se iniciar o preenchimento do formulário *online*. Nesta variante do método Delphi, os dados das respostas podem ser exportados para planilha eletrônica para a tabulação dos resultados (GIOVINAZZO, 2001).

O mesmo autor destaca a eliminação de algumas restrições comparadas ao Delphi convencional: *i*) redução de custo de material; *ii*) redução no tempo de envio e recebimento, assim como redução na digitação e tabulação dos dados e resultados; *iii*) maior agilidade no *feedback* e retenção do interesse, pela redução do processo global e, *iv*) possibilidade de tornar o *layout* do questionário mais atrativo pela utilização de efeitos visuais e sonoros.

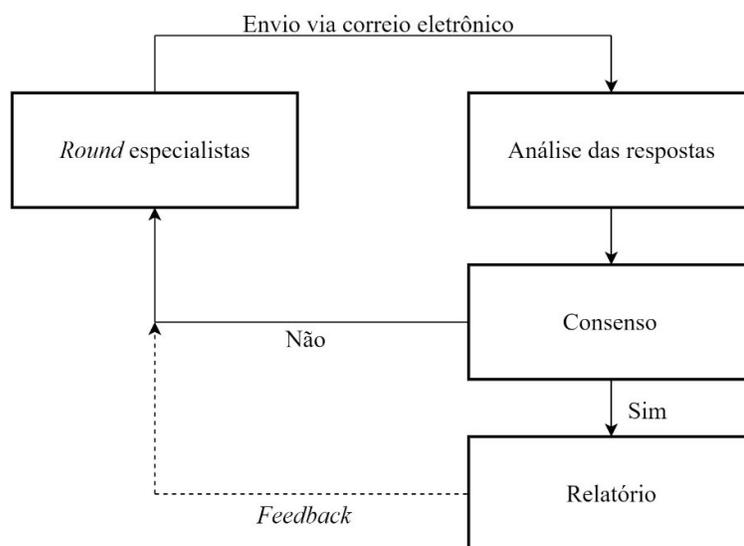
No entanto, os sistemas *online* conservam as mesmas características da pesquisa Delphi convencional (ROZADOS, 2015). A Figura 9 demonstra a sequência de execução do método Delphi via internet (*e-mail* ou *web-Delphi*).

Scarparo et al. (2012) ressaltam que o uso da internet para implementação do Delphi, isto é, envio por correio eletrônico ou sistemas *online* torna-se um facilitador em relação a

aplicação convencional, que estão caindo em desuso para a circulação de instrumentos de coleta de dados.

No entanto, apesar da aplicação da técnica Delphi com abordagem *online* ser mais rápida e prática, Almeida e Oliveira (2007) reportam maior abstenção em relação à abordagem presencial. Os autores registraram taxa de retorno de 83% (46 especialistas convidados) pela abordagem convencional e de 32% (109 especialistas convidados) pela técnica via internet. Já Lopes, Von Sperling e Magalhães Junior (2015) registraram taxa de retorno de 22,2% empregando abordagem via *e-mail* ao final do processo de coleta de dados.

**Figura 9.** Sequência de execução do Método Delphi via internet



Fonte: Adaptado de Santos; Vidotto; Giublin (2005)

Assim, apesar da técnica via internet, pela coleta de dados por questionários enviados por correio eletrônico ou com a utilização de plataformas virtuais apresentarem a vantagem pela facilidade, agilidade da troca de mensagens, menor custo e a possibilidade de maior abrangência de um grupo amostral, possuem limitações seja pelo desgaste com a falta de retorno e abstenções no decorrer do processo.

## 2.8 PROCESSO DE TOMADA À DECISÃO

O processo decisório é um fenômeno tão antigo quanto a Humanidade, e está relacionado à escolha de preferência de alternativas. Conforme Saaty (2008), todos nós somos

tomadores de decisão e nossas ações, conscientes ou inconscientes, são o resultado de alguma decisão.

Li (2008) ressalta que a natureza da tomada de decisão e seu processo é muito complexo e a forma de tomada de decisão também evoluiu no tempo, contudo a experiência ou o conhecimento é um fator que deve ser considerado nos processos decisórios para verificar alternativas e probabilidade de sucesso para escolhas em situações semelhantes. HAN et al. (2011) destacam que a tomada de decisão é o procedimento para encontrar a melhor alternativa entre um conjunto de alternativas viáveis.

A tomada de decisão para resolução de determinado problema envolve múltiplos objetivos e critérios, o que requer um grande esforço com a finalidade de resolver o dilema, em que, algumas vezes possuem objetivos conflitantes e contraditórios entre si. Além disto podendo apresentar um prejuízo sobre o outro, impedindo assim a existência de uma solução ótima e conduz para a uma solução de melhor acordo (LIMA et al., 2014).

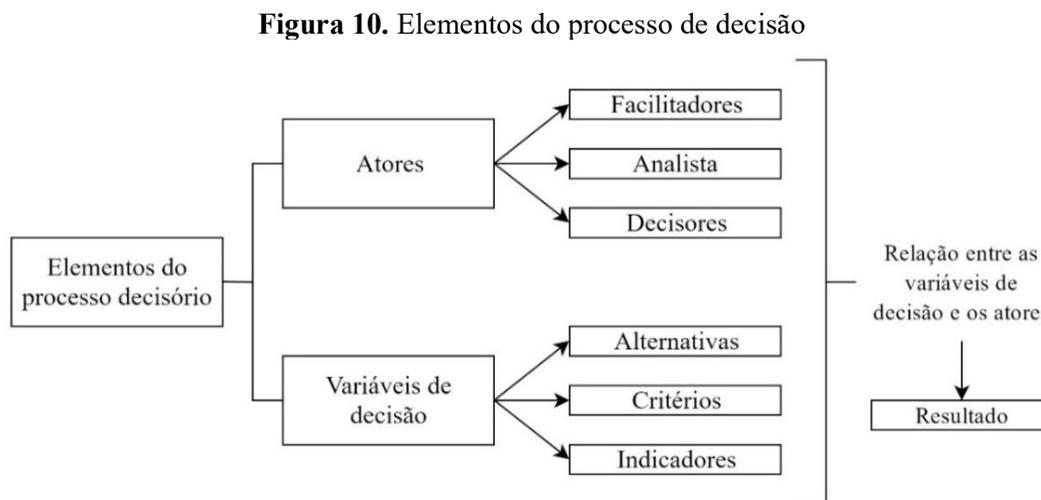
Portanto, o processo de tomada de decisão requer uma visão ampliada de todas as áreas relacionadas direta ou indiretamente, sendo o conhecimento sobre essas interações de integral importância para evitar tomar uma decisão equivocada, que resulte em efeitos indesejados ou não previstos. Entretanto, um processo decisório de um problema complexo nunca é igual a outra situação, mesmo que similares, e que, portanto, as decisões complexas são únicas, conforme cita Fantinatti (2011).

Decisões relacionadas ao meio ambiente, conforme Huang, Keisler e Linkov (2011), são mais complexas, pois são baseadas em conhecimentos multidisciplinares das ciências naturais, físicas, sociopolíticas e éticas. E que devido a essa abrangência de conhecimentos, conforme Torres (2014), envolve um maior número de pessoas responsáveis pelo processo decisório, cujos interesses, por vezes, envolvem questões de sobrevivência e maior intangibilidade dos valores.

Desta forma, a influência dos tomadores de decisão não deve ser subestimada, haja vista que decisões relacionadas ao meio ambiente têm repercussões nas relações em diversos níveis da sociedade, além de implicações em longo prazo (PHILIP; SALIAN, 2011). Ainda de acordo com os mesmos autores, as decisões referentes ao ambiente urbano tendem a não ser completamente sustentáveis e que alguns impactos negativos devido à estas decisões podem ser inevitáveis, tão logo, na tomada de decisão, escolhas terão de ser feitas.

### 2.8.1 Elementos do Processo Decisório

Para a modelagem do processo de tomada de decisão é necessário o conhecimento dos componentes do processo decisório. Vários elementos exercem ação sobre o processo decisório, tais como: atores ou interessados, alternativas, os critérios e os indicadores. Os elementos que compõem o processo decisório podem ser visualizados na Figura 10 e são descritos a seguir.



Fonte: Adaptado de Torres (2014)

Os atores ou *stakeholders* do processo de decisão, de acordo com Campos (2011), são indivíduos, entidades ou grupo de pessoas que estão envolvidos direta ou indiretamente no processo decisório e possuem interesse na decisão a ser tomada. Fazem parte do grupo dos atores os facilitadores, que para Torres (2014), são conselheiros ou mediadores e contribuem auxiliando nos esclarecimentos de dúvidas, na negociação e na comunicação entre os atores. O analista é o indivíduo que, geralmente, possui experiência ou especialista que pode trabalhar sozinho ou com uma equipe, na qual executa o apoio à decisão (ARAÚJO, 2016).

Ainda dentre os atores do processo de tomada à decisão, os decisores ou agentes de decisão, igualmente formado por um indivíduo ou grupo de indivíduos que possuem o mais importante papel no processo, no qual sua função consiste em identificar a melhor escolha e proporcionar o juízo de valor final (CAMPOS, 2011; LEHNHART, 2016).

Um problema de decisão típico envolve os elementos básicos: (a) as alternativas, que conforme Ekel et al. (2009) correspondem a uma lista finita e discreta com mais de uma alternativa viável, na qual a característica relevante de cada alternativa pode ser quantitativa ou qualitativa; (b) os critérios, segundo Campos (2011), são utilizados como parâmetros de

avaliação para o conjunto de alternativas e podem ser, para Araújo (2016), quantitativos – avaliados em uma escala numérica definida – e qualitativos, quando não existem unidades de medidas definidas e, (c) os indicadores, que são parâmetros utilizados para transmitir e comparar uma informação.

## 2.9 MÉTODOS MULTICRITÉRIOS

As abordagens para a tomada de decisão surgiram com o desenvolvimento da Pesquisa Operacional (PO) na Grã-Bretanha, durante a Segunda Guerra Mundial, na qual foram formados grupos multidisciplinares, composto por matemáticos, físicos, engenheiros e cientistas sociais. Seus integrantes eram denominados de “analistas operacionais” e tinham o intuito de auxiliar a tomada de decisão na resolução de problemas complexos e abrangentes, relacionados ao cenário militar (ARÊAS, 2011).

Os grupos multidisciplinares formados à época apresentaram sucesso em suas ações e impulsionaram o surgimento de outras equipes mistas no Canadá, Austrália e nos Estados Unidos, e nesse contexto iniciaram a elaboração de modelos matemáticos que permitiam soluções de caráter racional, objetivo e fiel à realidade, como cita Arêas (2011).

Com o término da Segunda Guerra Mundial, os pesquisadores e os modelos matemáticos desenvolvidos logo foram absorvidos pela iniciativa privada, uma vez que os problemas das companhias eram similares aos tratados durante a guerra, geralmente caracterizados pela necessidade de alocar recursos limitados para um conjunto de atividades e com objetivos conflitantes entre si, e pelo fato que estes estudos poderiam ser desenvolvidos em diversos campos de atividades e nos mais variados níveis de administração (ZUFFO, 1998).

Campos (2011) reporta que o emprego de Método de Apoio à Decisão auxilia na estruturação de um problema, contribui para a resolução e priorização de projetos fornecendo condições de incorporação ao processo decisório, sob aspectos de diferentes naturezas como sociais, ambientais e econômicas. Lehnhart (2016) destaca que os métodos de análise de decisão multicritérios fornecem aos decisores uma melhor compreensão dos *trade-offs*<sup>4</sup> envolvidos em determinada decisão, como os aspectos econômicos, sociais e ambientais (critérios).

Zuffo (1998) destaca que uma análise da realidade é por si só multidimensional e a sua percepção multidisciplinar, e desta forma, na tomada de decisão para resolução de um problema

---

<sup>4</sup> Situação em que há conflito de escolha, por exemplo, situação em que a resolução de determinado problema acarreta em outro.

deveria incluir objetivos de caráter ambiental, social e regional, e de custo/benefício. Entretanto, Gomes et al. (2008) alertam que decisões baseadas em responsabilidade social, como o desenvolvimento sustentável com investimento financeiro, não devem se basear em opiniões exclusivamente dos gestores, pois tendem a se concentrar em fatores econômicos.

Conforme Castro (2007), a análise de alternativas de um projeto deve ser mais ampla que apenas a comparação de critérios técnicos ou econômicos, e que as questões políticas, sociais e ambientais e outras que forem pertinentes e relevantes ao processo, podem ser consideradas de forma a tornar o processo de escolha mais abrangente e consistente.

Uma metodologia de análise multicritério a ser aplicada para a resolução de um problema deve ser capaz de agregar valores dos indicadores diversos e com interesses divergentes. Desta forma, a metodologia de multicritérios avalia, prioriza ou estabelece preferências às alternativas disponíveis expressas em critérios múltiplos, que são geralmente conflitantes (GOMES et al., 2008).

O tema, desde então, vem evoluindo em direção ao desenvolvimento de metodologias multicritérios. Os métodos de múltiplos critérios, como o próprio nome sugere, são utilizados em situações na qual se consideram mais de um critério (SALOMON; MONTEVECHI; PAMPLONA, 1999). Para Gomes et al. (2008), têm o objetivo de instrumentalizar os decisores na avaliação e escolha das alternativas para a solução de um problema e não eleger uma única e inquestionável solução.

Matematicamente, os métodos multicritérios podem ser divididos em dois ramos, sendo um contínuo e empregado na resolução de problemas com objetivos múltiplos e um conjunto finito de alternativas e, o segundo ramo caracterizado por função discreta e analisa problemas que possuem o conjunto de alternativas de decisão formados por números infinitos e previsíveis de variáveis (LONGARAY et al., 2016).

Para os problemas de decisão é comum a classificação dos métodos utilizados na Escola Americana e Escola Europeia. A Escola Americana enfoca, prioritariamente, na tomada de decisão propriamente dita, e adota o termo *Multi Criteria Decision Making* (MCDM), na qual o “M” possui o sentido de executar ou tomar a decisão e se propõe a apontar a decisão “ótima”; por sua vez a Escola Europeia possui o foco no auxílio ao processo decisório e adota o termo *Multi Criteria Decision Aid* (MCDA), em que o “A” destaca-se como “apoio”, desta forma a percepção europeia quanto à tomada de decisão considera haver várias “ótimas” soluções, o que demonstra haver uma dependência da percepção de atores (*stakeholders*) envolvidos no problema (FATINATTI, 2011).

Aos métodos multicritérios existe uma variedade de termos utilizados: *Multi Attribute Decision Making* (MADM), *Multi Criteria Decision Making* (MCDM), *Multi Objective Decision Aiding* (MODA), *Multi Objective Decision Making* (MODM) e *Multi Criteria Decision Aid* (MCDA). Entretanto, embora as abordagens multicritérios apresentem diferença sob perspectiva matemática ou de nomenclatura, Hajkowicz e Collins (2007) destacam que os métodos compartilham os mesmos fundamentos teóricos fundamentais. Longaray et al. (2016) corroboram que todos os métodos são empregados como instrumentos para auxiliar a tomada de decisão, baseado em linguagem matemática de multicritério.

Diversos são os métodos para resolução de problemas que abrangem múltiplos critérios, como o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), ANP (*Analytic Network Process*), métodos da família PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*), métodos da família ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant REalité*), MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), Abordagem de Decisão Fuzzy (*FDA – Fuzzy Decision Approach*), Método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*).

Esses métodos podem ser aplicados em diversas circunstâncias e áreas como: recursos hídricos (HAJKOWICZ; COLLINS, 2007); planejamento de desenvolvimento urbano (GOMÉZ-NAVARRO et al., 2008); gestão de bacias hidrográficas e saneamento (HERATH, 2004; GOMES et al., 2008; WENG; HUANG; LI, 2010; BOTERRO; COMINO; RIGGIO, 2011), na gestão e tratamento de resíduos sólidos (LIMA et al., 2014); políticas de água, planejamento estratégico e seleção de infraestruturas (ZHENG; EGGER; LIENERT, 2016); dentre outros (CHUNG; LEE; PEARN, 2005; SADEGHI; RASHIDZADEH; SOUKHAKIAN, 2012; BRIOZO; MUNETTI, 2015).

### **2.9.1 Utilização de Métodos Multicritérios**

Decisões direcionadas à gestão dos recursos naturais, pautadas sobre o discurso do desenvolvimento sustentável, envolvem diversos objetivos de ordem socioeconômica, política e, cultural, que diversas vezes são conflitantes entre si. Além disso, decisões que buscam alternativas de conservação da água em áreas urbanas possuem diversos atores (*stakeholders*) envolvidos como o poder público, empresas concessionárias de água e esgoto, sociedade civil e indústrias (ARAÚJO, 2016).

Nesse sentido, as metodologias multicritérios constituem-se em valiosas ferramentas no auxílio à tomada de decisão. Diversos são os trabalhos desenvolvidos e que tratam do planejamento e gestão dos recursos hídricos e de saneamento, utilizando métodos multicritérios.

Zuffo (1998) selecionou cinco métodos multicritérios para o planejamento ambiental de recursos hídricos (ELECTRE II, PROMETHEE II, Programação por Compromisso – CP, Teoria dos Jogos Cooperativos – CGT e o Método Analítico Hierárquico – AHP) e a aplicação em quatro cenários distintos de pesos para os critérios selecionados, demonstrando a melhora no processo de tomada de decisão para a escolha de alternativas.

Castro (2007) avaliou a alteração provocada pelo desenvolvimento urbano sobre os recursos hídricos e verificou a viabilidade da aplicação de forma a subsidiar decisão dos órgãos gestores quanto à concessão de autorizações. A metodologia selecionou indicadores e foram analisadas por meio do método TOPSIS e ELECTRE TRI, na qual o autor concluiu ser uma metodologia adequada para a avaliação de empreendimentos horizontais.

Fantinatti (2011) propôs a utilização de indicadores de sustentabilidade por meio da metodologia MCDA-Constructiva para avaliação de empreendimentos imobiliários horizontais desde a concepção, projeto, implantação e operação, e concluiu ser adequada ao processo de definição de indicadores de sustentabilidade para parcelamento do solo.

Por sua vez, Bottero, Comino e Riggio (2011) aplicaram os métodos AHP e ANP a um problema de seleção de tecnologia mais sustentável para o tratamento de efluentes líquidos de uma indústria de derivados lácteos e concluíram, dentre outros resultados, que o método ANP permite as análises mais sofisticadas, assim fornece um melhor resultado.

Kessili e Benmamar (2016) desenvolveram uma metodologia híbrida com a utilização do AHP e PROMETHEE II para a priorização de projetos de reabilitação de rede de esgotos, concluindo que a integração destes dois métodos demonstrou ser satisfatória e útil como ferramenta aos gestores na priorização de seleção de projetos de reabilitação de rede de esgoto.

## 2.10 MÉTODO MULTICRITÉRIO *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* – AHP

O método de análise multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*), Processo de Análise Hierárquico ou Processo Analítico Hierárquico foi desenvolvido por Tomas L. Saaty, em meados da década de 1970, na *Wharton School of Business* e proposto na estruturação de processos de decisão em um cenário influenciado por múltiplos fatores independentes e que, de acordo com Marins, Souza e Barros (2009), baseia-se no método newtoniano e cartesiano de se

pensar, na qual se busca tratar a complexidade de forma decomposta e dividida do problema em fatores, que ainda podem ser decompostos em novos fatores e níveis. Saaty (2008) expõe que o método AHP trata um problema multidimensional e o reduz em um problema unidimensional.

O método AHP é caracterizado como um método simples e robusto, e tem sido amplamente utilizado em diversas áreas como em localização de empreendimentos de saúde (BRIOZO; MUNETTI, 2015); avaliações de certificações ambientais (PEINADO, 2014); escolha de tecnologias de saneamento (BOTTERO; COMINO; RIGGIO, 2011).

No entanto, Leite e Freitas, (2012) reportam que apesar do reconhecimento do método AHP no meio acadêmico e empresarial como uma técnica amplamente utilizada, de fácil compreensão e versatilidade, o método é passível de questionamento e apresenta desvantagens, como: *i*) Conversão da escala verbal para numérica, o que pode alterar significativamente o resultado; *ii*) Inconsistência imposta pela escala numérica de 1 a 9; *iii*) Possibilidade de respostas não coerentes; *iv*) Problemas com o autovetor na inserção de novas alternativas, e *v*) Defasagem em situações com grandes quantidade de critérios.

Saaty (2008) explica que para a tomada de decisão de forma organizada é preciso decompor a decisão em quatro etapas, de forma a gerar prioridades, sendo: *i*) Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento em que se busca; *ii*) Estruturação hierárquica do problema; *iii*) Construção de matrizes de julgamento entre pares e *iv*) Estabelecimento de um índice global de prioridades.

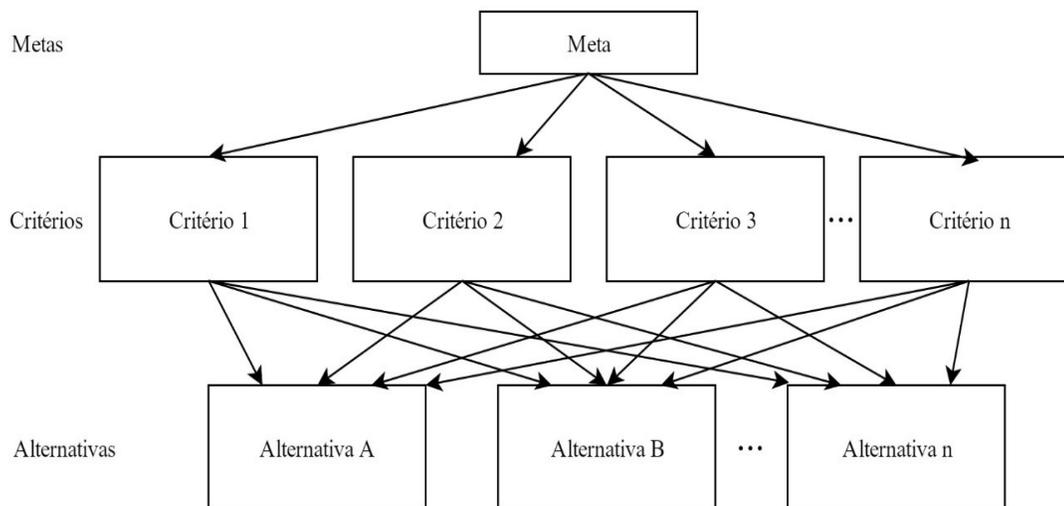
### **2.10.1 Decomposição hierárquica**

A representação de determinado problema de decisão pelo método AHP é realizada em uma estrutura hierárquica básica de três níveis (objetivo, critérios e as alternativas), conforme demonstrado na Figura 11, na qual nesta estrutura os elementos são comparados par a par com outros elementos e as comparações são utilizadas para deduzir os julgamentos (LIMA JUNIOR; OSIRO; CARPINETTI, 2013). Conforme Larrubia (2010), a etapa da estruturação ou decomposição do problema está intrinsecamente associada ao processo de compreensão e aprendizado do problema.

A estrutura básica hierárquica forma uma árvore invertida, na qual a estrutura decompõe-se do objetivo ao topo até os critérios e alternativas em sucessivos níveis, isto é, de acordo com Larrubia (2010), elementos com características globais ou mais amplas são

representados em níveis superiores, enquanto que outros níveis mais de base caracterizam especificamente alternativas para o problema.

**Figura 11.** Estrutura Hierárquica genérica de problemas de decisão



Fonte: Adaptado de Saaty (2004)

Uma das dificuldades impostas no modelo é a construção da hierarquia. De acordo com Li (2008), é reconhecer e compreender o nível mais alto e suas interações com outros níveis abaixo, o que, às vezes pode causar confusão ao classificar níveis. A respeito da hierarquia, níveis intermediários podem ser inseridos entre um segundo e terceiro nível, formando subcritérios, o que aumenta a complexidade da estrutura hierárquica. Contudo, de acordo com Hernández (2010), facilita a compreensão dos elementos que a compõe.

Desta forma na estrutura hierárquica do método AHP, a estruturação do problema deve ser feita de forma que os critérios de um determinado nível apresentem o mesmo grau de importância relativa dentro do seu nível (homogeneidade), e um critério de determinado nível ser independente em relação aos critérios dos níveis inferiores (não redundância).

Uma das críticas ao método AHP, trata-se da Inversão na Ordem (*ranking reversal*) de prioridade das alternativas existentes, com a exclusão ou inclusão de critérios ou alternativas. De acordo com Li (2008), assim como em problemas de tomada de decisão da vida real, as condições ou restrições podem mudar considerando a mudança de elementos de determinada decisão.

No método AHP, segundo Li (2008), ao introduzir um novo elemento que seja “dominante” sobre outros, pode-se causar a inversão na ordem, o que significa que o decisor pode ignorar o valor global da alternativa, causando distorções no processo de tomada de

decisão. Entretanto, existem na literatura especializada métodos para evitar a inversão da ordem.

### 2.10.2 Julgamentos comparativos

Na segunda etapa, com o problema estruturado, o próximo passo consiste na avaliação dos critérios com participação de decisores ou tomadores de decisão, com conhecimento profundo da temática tratada, que permitam declarar com prioridade a importância ou a força de suas preferências (HERNANDÉZ, 2010). As comparações pareadas são utilizadas de forma a expressar o grau de preferência de uma alternativa sobre outra em determinado critério ou objetivo imediatamente superior.

Desta forma, o decisor representará numa escala predefinida, denominada de Escala fundamental de Saaty (Quadro 2), a sua preferência sobre os elementos comparados. Ao final dessa etapa, diferentes pessoas são atribuídas a cada alternativa em sua coluna correspondente. De acordo com Saaty (1991), existe o dominante limite psicológico, o qual o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente 7+2 pontos, isto é, nove pontos para distinguir essas diferenças.

**Quadro 2.** Escala fundamental de números absolutos

Preferências expressa em valores numéricos variáveis	Preferência expressa em variáveis linguísticas	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Moderada importância de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem uma atividade sobre a outra
5	Importância forte	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade sobre a outra
7	Importância muito forte	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância apresentada na prática
9	Importância extrema	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância apresentada na prática
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre valores adjacentes na escala de valores	Quando se procura uma condição entre duas definições

Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

### 2.10.3 Estruturação da matriz de julgamento entre os pares

A terceira etapa consiste na estruturação de uma matriz quadrada  $n \times n$ , recíproca, positiva, conhecida como Matriz Dominante ( $A$ ), através dos pesos obtidos da comparação dos critérios par a par entre os níveis. A quantidade de julgamentos necessários para a construção de uma matriz de julgamentos genérica  $A$  é  $\frac{n(n-1)}{2}$ , onde  $n$  é o número de elementos pertencentes a esta matriz.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Na qual:

$a_{ij} > 0 \rightarrow$  *positiva*;

$a_{ij} = 0 \therefore a_{ji} = 1$ ;

$a_{ij} = 1/a_{ji} \rightarrow$  *recíproca*;

$a_{ij} = a_{ij} \cdot a_{ji} \rightarrow$  *consistência*.

O vetor de prioridade é utilizado para calcular os pesos relativos dos elementos em cada matriz  $A$  de comparação pareada. Em que ( $A$ ) denota a matriz recíproca positiva, e  $w$  representa seu autovetor e  $\lambda_{m\acute{a}x}$  representa o maior autovalor de  $A$  e pode ser obtido a partir da Equação [1].

$$A \cdot w = \lambda_{m\acute{a}x} \cdot w \quad [1]$$

Na etapa seguinte, a consistência das matrizes é verificada, de forma a garantir que os julgamentos dos decisores sejam consistentes. Para isso é necessário o cálculo do Índice de Consistência (IC), calculado de acordo com a Equação [2].

$$IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{n - 1} \quad [2]$$

Em que:

$\lambda_{m\acute{a}x}$  é a maior prioridade da matriz de comparação em pares;

$n$  é o número de ordem da Matriz  $A$ .

Existem diferentes valores limites para o valor de Índice Randômico (IR), de acordo com a ordem da Matriz (Quadro 3), proposto por Saaty (1987).

**Quadro 3.** Índices Randômicos (IR) para  $n = 1, 2, 3, \dots, 10$

Ordem da Matriz ( $n \times n$ )	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Randômico (IR)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1987)

Para cada matriz é calculada a Razão de Consistência (RC), que indica a coerência dos julgamentos e é obtida pela Equação [3].

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad [3]$$

E, finalmente de forma a obter um ranking geral, os pesos relativos os elementos de decisão são agregados para obter uma classificação geral das alternativas.

## 2.11 MÉTODO *ANALYTIC NETWORK PROCESS* - ANP

O método *Analytic Network Process* – ANP ou Processo de Análise em Rede, é uma generalização ao método AHP, sendo proposto por Saaty em 1996, proporcionando que o método ANP considere as dependências entre os critérios e atribua diferentes pesos locais para os critérios em cada alternativa. Saaty (2004) sugere o uso do método AHP para resolver problemas com independência de critérios e alternativas, enquanto o uso do ANP deve ser utilizado na resolução de problemas com dependência entre critérios e ou alternativas.

Lee (2010) destaca que muitos problemas de decisão não podem ser estruturados hierarquicamente, pois envolvem interações e dependência de elementos de nível superior em elementos de nível inferior. Além disso, dada a vantagem do ANP de captar a dependências entre critérios e alternativas e a existência de *software* para o cálculo, o que gera economia no esforço do tratamento dos dados (HERNANDÉZ, 2010), diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos em diversas áreas.

Na estruturação hierárquica, o AHP assume independência entre os elementos de mesmo nível e entre os diferentes níveis (níveis superiores dos níveis inferiores), isso implica,

conforme Hussey (2014), que o método AHP não permite a opção de relações interdependentes seja na direção de cima para baixo ou de baixo para cima na hierarquia, sendo limitado a interações estáticas e unidirecionais entre problemas de decisão e alternativas com pouco *feedback*. Enquanto o AHP apresenta uma estrutura hierárquica unidirecional, o modelo ANP permite interpelações mais complexas entre níveis de decisão e critérios (CHUNG; LEE; PEARN, 2005).

Salomon, Montevechi e Pamplona (1999) citam que em problemas complexos que possuem relações de dependências entre elementos de um mesmo nível da hierarquia, como no método AHP, pode ocorrer a uma inversão de prioridades ou inversão da ordem entre duas alternativas, o que pode resultar em preferências.

A respeito das críticas do ANP, trata-se à quantidade de julgamentos necessários com relação à dependência de critérios ou alternativas, por esse motivo, Saaty (2004b) cita a menor aplicação do ANP frente ao AHP, uma vez que é preferível evitar esforços em processos de tomada de decisão.

No entanto, para Figueiredo Junior (2009), o ANP é abrangente e permite analisar decisões coletivas e sociais, na qual as conexões podem ser físicas, políticas, mentais e espirituais, assim sendo possível a análise sob diferentes enfoques do conhecimento em um sistema formal matemático. Saaty (2004b) descreve o ANP como um método capaz de buscar sistematicamente o objetivo da análise com as dependências envolvidas, apresentando um *feedback* da análise, sendo possível a inclusão de um grande número de fatores e critérios, auxiliando as tomadas de decisões sociais, governamentais e ambientais.

As etapas de aplicação do AHP são comuns para o método ANP, com algumas adicionais específicas para gerar prioridades ou desempenho global das alternativas (HERNANDÉZ, 2010). De acordo com Chung, Lee e Pearn (2005) e Görener (2012), o processo do ANP compreende quatro fases: *i*) Construção do modelo e estruturação do problema; *ii*) Comparação entre matrizes e vetores de prioridade; *iii*) Formação da Supermatriz e *iv*) Seleção das melhores alternativas.

### **2.11.1 Construção do modelo e estruturação do problema**

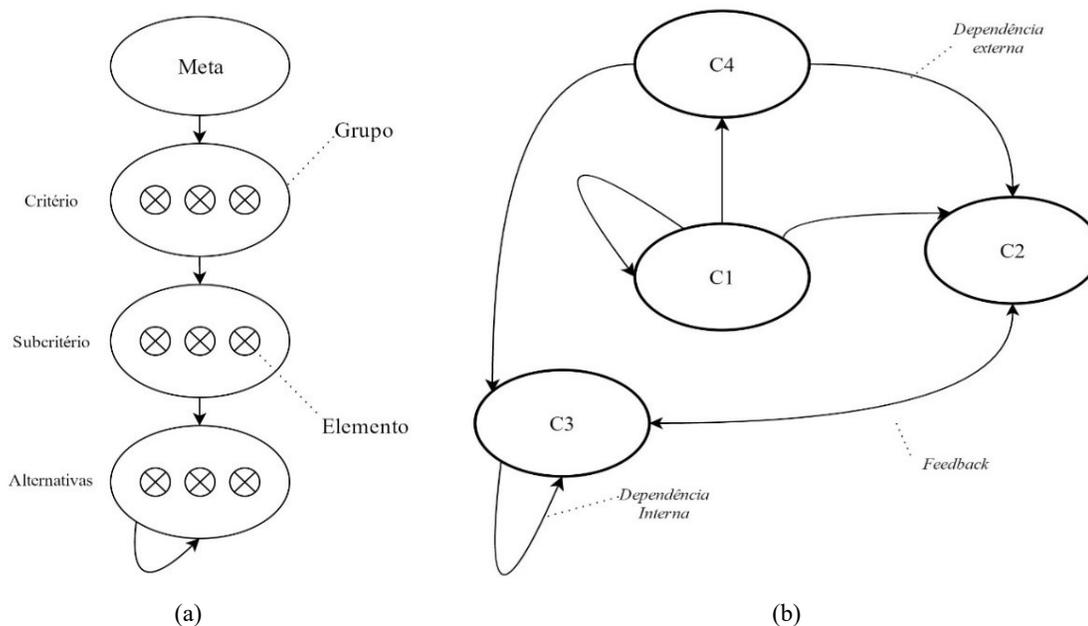
Diferentemente do método AHP, a relação no ANP entre os critérios e alternativas é generalizada em redes, isto é, o problema deve ser decomposto em um sistema racional como uma rede. Hussey (2014) ressalta que a disposição estrutural em rede evita o problema de reversão de ranking, tornando o método mais preciso e útil que o método hierárquico, como

ferramenta de decisão ou avaliação de problemas complexos. Já Figueiredo Junior (2009) complementa que a rede do método ANP é um aspecto importante, pois possibilita a visualização de todo o sistema, orientando o analista durante os julgamentos.

A construção da rede do ANP pode ser construída com a participação de um grupo de pessoas. De acordo com Chung; Lee; Pearn (2005), a estrutura da rede pode ser obtida através de *brainstorming*. Por sua vez Carvalho (2006) cita outras técnicas de decisão com envolvimento de pessoas, que podem ser utilizadas para a estruturação da rede, quais sejam: método Delphi; Técnica Nominal de Grupo (*Nominal Group Technique*); Consenso, Indagação Dialética, Advogado do Diabo e Vroom-Yetton.

Guimarães e Salomon (2014) afirmam que no modelo estruturado em rede, não só os critérios influenciam a importância das alternativas, mas a importância das alternativas pode influenciar na importância dos critérios. Desta forma, para a abordagem do ANP é utilizada uma estrutura em rede com ciclos de retorno (*feedback*). Na Figura 12 é demonstrada a comparação entre uma estrutura genérica em hierarquia linear *top-down* com quatro níveis e uma estrutura em formato de rede.

**Figura 12.** Estrutura genérica linear hierárquica: (a) em rede não-linear (b) de tomada à decisão



Fonte: Adaptado de Sadeghi; Rashidzadeh; Soukhakian (2012)

Pela Figura 12 verifica-se a dependência externa (*outer dependence*) entre os elementos dos clusters C4-C2, C4-C3, C1-C4 e C1-C2 e dependências internas (*inner dependence*) entre

os elementos do grupo de C1 e C3, além de *feedback* entre os clusters C2 e C3 (GUIMARÃES; SALOMON, 2014).

Em uma estrutura em rede existem dois tipos de dependência ou interação. A dependência externa ocorre quando elementos de um grupo, ou cluster, afetam elementos de outro cluster, e a dependência interna ocorre quando alguns elementos se relacionam entre si. Guimarães e Salomon (2014) ressaltam que após a construção da rede, as relações de dependência e *feedback* entre os elementos são melhor visualizadas através do emprego de matrizes de alcance global (para relações entre clusters) e, de alcance local para relação entre elementos, as quais são apresentadas genericamente pelas Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Representação de uma matriz de alcance global

	<b>Crítérios</b>	<b>Alternativas</b>
<b>Crítérios</b>	1	1
<b>Alternativas</b>	1	1

Fonte: Adaptado de Salomon; Montevechi (1997)

**Tabela 2.** Representação de uma matriz de alcance local

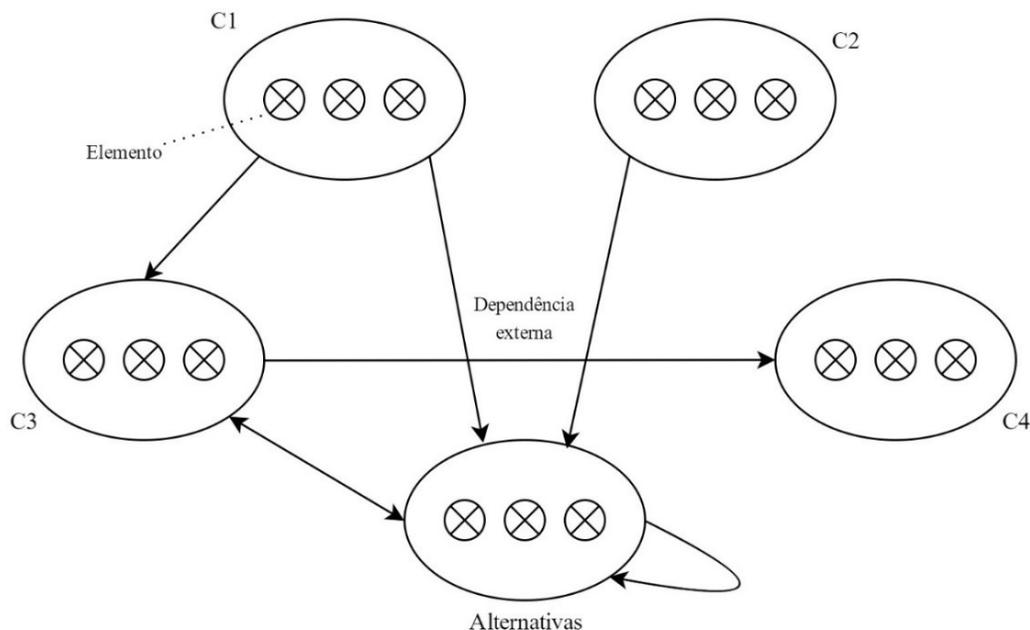
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>Crítério 1</b>	0	1	1	1	1	1	1
<b>Crítério 2</b>	1	0	1	1	1	1	1
<b>Crítério 3</b>	1	1	0	1	1	1	1
<b>Crítério 4</b>	1	1	1	0	1	1	1
<b>Alternativa 1</b>	1	1	1	1	1	0	0
<b>Alternativa 2</b>	1	1	1	1	0	1	0
<b>Alternativa 3</b>	1	1	1	1	0	0	1

Fonte: Adaptado de Salomon; Montevechi (1997)

Ainda sobre a estrutura em rede do ANP, a definição é o estabelecimento de como os clusters influenciam cada cluster. Na Figura 13 são apresentados três tipos de clusters:

- (a) Os componentes fontes, como os grupamentos com setas de saída, como C1 e C2, que influenciam outros cluster, mas não possuem influência de nenhum outro;
- (b) Os grupamentos transitórios ou intermediários, os quais possuem setas de entrada e saída como C3, os quais influenciam e sofrem influência de outros clusters;
- (c) Os componentes sorvedouros, ou grupamentos que não possuem interações de saída, ou seja, são influenciados por outros clusters, mas não possuem influência sobre nenhum deles, representado por C4.

**Figura 13.** Diferentes tipos de cluster e dependência em uma estrutura de rede



Fonte: Adaptado de Sadeghi; Rashidzadeh; Soukhakian (2012)

O ANP permite a modelagem do problema com um número ilimitado de critérios e interligados, conforme a necessidade da análise do problema. Entretanto, Figueiredo Junior (2009) ressalta que a possibilidade de inserir uma quantidade de critérios além do necessário e interligá-las de forma equivocada, pode refletir na capacidade de análise da realidade do modelo.

### 2.11.2 Matrizes de comparação par a par e vetores de prioridade

No método ANP os elementos, em cada componente, são comparados em pares com respeito ao seu critério de controle, e os componentes em si também são comparados por pares em relação à sua contribuição para a meta. Desta forma, a comparação par a par no ANP é necessária a cada conexão do modelo.

Os julgamentos utilizam a mesma Escala Fundamental de números absolutos para os julgamentos relativos às comparações por pares empregada no método AHP. Portanto, os valores de importância nos julgamentos são atribuídos na escala de 1 a 9, em que “1” representa igual importância entre os dois elementos e, “9” indica a importância extrema de um elemento (componente na linha da matriz), em relação ao outro (componente de coluna).

Os valores unitários na diagonal principal da matriz de comparação indicam as comparações do mesmo elemento, sendo representados pelo número “1”, o que significa que os elementos têm a mesma importância (FIGUEIREDO JUNIOR, 2009). Os valores do triângulo superior são provenientes dos julgamentos realizados pelos analistas, e os valores recíprocos atribuídos pela comparação inversa ( $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ) isto é, valores abaixo da diagonal principal são valores inversos aos valores acima da diagonal principal.

Uma questão importante na etapa de comparação levantada por Figueiredo Junior (2009) diz respeito ao entendimento do motivo pelo qual os grupos são comparados entre si, uma vez que se os grupos forem igualmente importantes não é necessária a comparação entre si, destacando a importância da análise comparativa dos grupos de forma a estabilizar os pesos na supermatriz do sistema.

As comparações em pares são realizadas em dois níveis e em relação a qualquer critério, isto é, se existem “ $n$ ” elementos a comparar, a matriz de comparação ( $A$ ) é definida como demonstrado a seguir:

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} & \dots \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 & \dots \end{bmatrix}$$

Após todas as comparações par a par concluídas, o método do autovetor é empregado para obter vetores de prioridades locais para cada matriz de comparação par a par. O vetor de prioridade é calculado como no método AHP.

A análise de consistência é então calculada pelo Índice de Consistência (IC) para averiguar qualquer tipo de incertezas no julgamento. No ANP, a inconsistência é utilizada para identificar possíveis erros de julgamentos (FIGUEIREDO JUNIOR, 2009). O mesmo autor ressalta que altos valores de inconsistência de um julgamento, podem indicar falta de entendimento coerente sobre o assunto e isso pode levar à tomada de decisão errada.

Assim como no método AHP, a Razão de Consistência (RC) é calculada com valor obtido do Índice de Consistência (IC) e do Índice Randômico. Em geral, se IC for menor que 0,1, o julgamento pode ser considerado como consistente (GÓMEZ-NAVARRO et al., 2008). Hussey (2014) destaca que se RC for maior que 10%, deve ser realizada uma revisão da matriz de comparação em pares.

### 2.11.3 Formação das Supermatrizes e seleção das melhores alternativas

Todos os vetores de prioridade derivados da matriz de comparação são inseridos como vetores de coluna, com respeito a seu critério de controle, em uma nova matriz denominada Supermatriz, que representa a combinação das matrizes  $n \times n$  individuais que correspondem a cada grupo ou cluster, ou seja, é uma única matriz e demonstra todos os elementos em todos os grupos. Caso um cluster não exerça influência sobre outro cluster, sua posição correspondente recebe valor nulo.

A respeito dessas estruturas, a abordagem do ANP gera três supermatrizes: Supermatriz Não-Pesada ou Inicial, Supermatriz Pesada ou Estocástica e a Supermatriz Limite ou Resultado (FIGUEIREDO JUNIOR, 2009).

Para ilustrar o processo, Bozkurt (2007) exemplifica: suponha que exista um sistema de  $n$  grupos em que os elementos em cada cluster possuem impactos ou são influenciados por alguns ou todos os elementos desses clusters ou de outros grupos, com relação a uma propriedade que regula as interações de todo o sistema. Seja um cluster da rede denotado por  $C_h$ , com  $h= 1,2,\dots,n$ , e tenha  $n$  elementos denotados por  $e_{h1}, e_{h2},\dots,e_{hn}$ . Desta forma, a configuração dessas Supermatrizes é apresentada abaixo:

$$w = \begin{matrix} C_1 & \begin{matrix} e_{11} \\ e_{k2} \\ \vdots \\ e_{1n_1} \end{matrix} \\ \\ C_k & \begin{matrix} e_{km_k} \\ \vdots \\ e_{n1} \end{matrix} \\ \\ C_n & \begin{matrix} e_{n2} \\ \vdots \\ e_{nm_n} \end{matrix} \end{matrix} \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1n} & \dots & w_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{k1} & \dots & w_{kk} & \dots & w_{kn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{n1} & \dots & w_{nk} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix}$$

Em que:

$C_n$  representa o número de grupos da rede de controle;

$e_{nm_n}$  elementos de cada grupo;

$w_{nn}$  bloco matricial correspondente às comparações de cada grupo.

O passo seguinte consiste na ponderação dos blocos da Supermatriz Inicial para uma Supermatriz Pesada ou Estocástica, no qual o conceito recorda o processo da cadeia de Markov (CHUNG; LEE; PEARL, 2005). Conforme Figueiredo Junior (2009), a cadeia de Markov é a sucessão de eventos cuja representação seja obtida da consideração formal da matriz de

probabilidade, em que a soma das probabilidades de todos os estados é igual a um. Isto é, a soma das colunas da matriz deve ser unitária. Assim, essa característica da coluna estocástica da Supermatriz Pesada permite que a convergência ocorra na Supermatriz Limite (PEYKARJOU; SAFAVI, 2015).

Desta forma, a Supermatriz Pesada é obtida multiplicando-se os vetores da Matriz de Comparação dos Grupos pelos blocos matriciais correspondentes da Supermatriz Inicial (FIGUEIREDO JUNIOR, 2009). A Supermatriz Limite é obtida a partir da Supermatriz Pesada pelo cálculo de potência de matriz (Equação [4]), até que ela convirja para obter um conjunto de pesos estáveis e se tornem idênticas (HUSSEY, 2014).

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^k \quad [4]$$

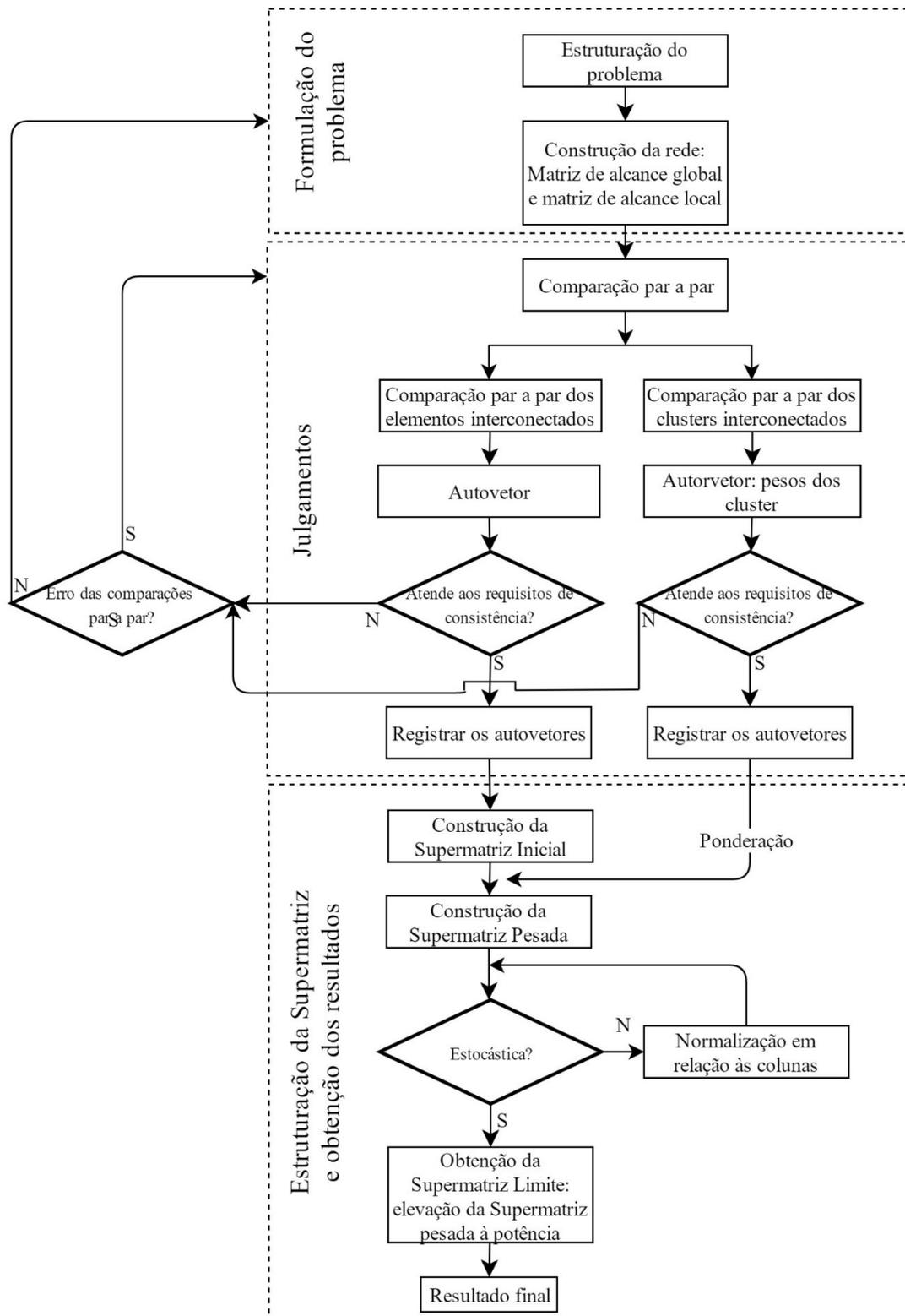
Em que:

$w$  representa a matriz  $n \times n$ ;

$k$  é a  $k$ -ésima potência.

Ao estabilizar-se, a multiplicação da Supermatriz Limite é interrompida, gerando assim um resultado, em que os elementos de cada coluna representam os pesos finais dos diferentes elementos considerados (GOMÉZ-NAVARRO et al., 2008; FIGUEIREDO JUNIOR, 2009; HUSSEY, 2014). Desse modo, pelos rankings dos pesos finais ou *scores* podem ser escolhidas as melhores alternativas. A estrutura geral da abordagem do *Analytic Network Process* pode ser visualizada na Figura 14.

Figura 14. Algoritmo do *Analytic Network Process* – ANP



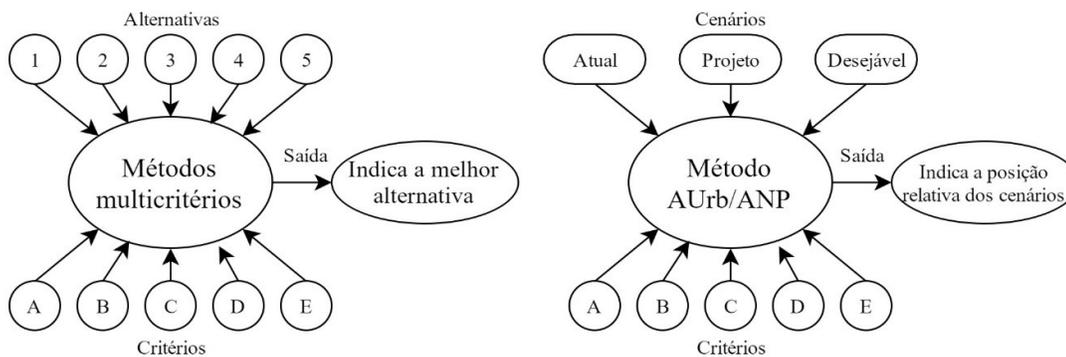
Fonte: Adaptado de Nascimento; Silva; Belderrain (2008)

## 2.12 MODELO AURB/ANP

O modelo intitulado AUrb/ANP foi desenvolvido e programado por Figueiredo Junior (2009) com base na abordagem de multicritério *Analityc Network Process* (ANP) e visa avaliar projetos de desenvolvimento urbano, por meio de um grupo de critérios de repercussões ao ambiente natural.

Diferentemente dos métodos multicritérios citados anteriormente, que buscam indicar a melhor ou melhores alternativas dentre um conjunto de alternativas para auxiliar à tomada de decisão frente a um determinado problema, o modelo AUrb/ANP foi formulado para a avaliação e comparações de cenários, critérios e indicadores, indicando a posição relativa das variáveis analisadas. A Figura 15 representa o esquema básico da abordagem de método multicritérios e a o conceito utilizado para o modelo AUrb/ANP.

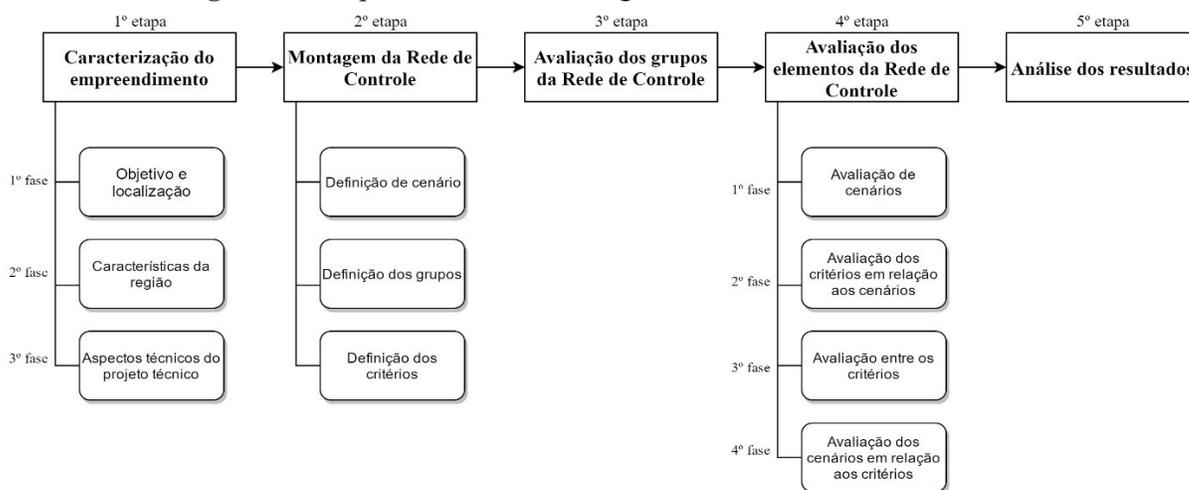
**Figura 15.** Comparação do esquema básico do conceito de métodos multicritérios e do modelo AUrb/ANP



Fonte: Adaptado de Figueiredo Junior (2009).

O AUrb/ANP foi estruturado por Figueiredo Junior (2009) para operar como ferramenta computacional, sendo os cálculos reproduzidos em planilha eletrônica de forma a simplificar sua aplicação. O processo de modelagem para avaliação do modelo AUrb/ANP é dividido em cinco etapas e apresentado na Figura 16.

**Figura 16.** Etapas e fases de modelagem do modelo AUrb/ANP



Fonte: Adaptado de Figueiredo Junior (2009)

### 2.12.1 Caracterização do empreendimento

A primeira etapa do método de AUrb/ANP objetiva a caracterização do empreendimento, através das informações disponíveis do projeto e da região de localização. Esta fase depende apenas de informações, portanto quanto maior a quantidade de informações, melhor o projeto poderá ser caracterizado, tornando mais consistente a avaliação.

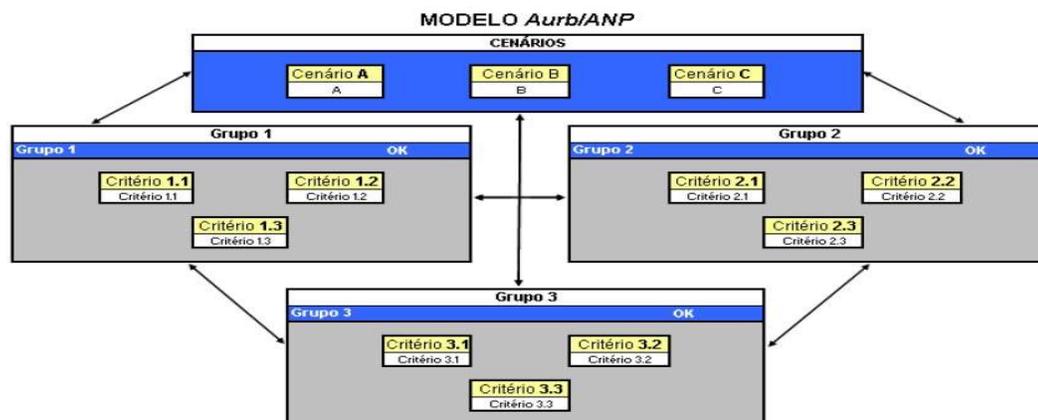
### 2.12.2 Montagem da Rede de Controle

A segunda etapa da modelagem do modelo AUrb/ANP é dividida em três fases para a Montagem da Rede de Controle, quais sejam: Definição dos cenários, definição dos grupos e definição dos critérios de avaliação.

A Rede de Controle do modelo AUrb/ANP é composta de 12 elementos, distribuídos em 4 grupos na qual cada grupo é composto de 3 critérios de avaliação, sendo um deste grupos da Rede de Controle reservado para os cenários, conforme apresentado na Figura 17.

Na primeira fase é realizada a definição dos cenários de referência pelo analista, isto é, o modelo AUrb/ANP tem como objetivo a avaliação de um projeto de expansão urbana em comparação com dois outros cenários, sendo um reservado ao cenário de projeto, ou melhor, com as características do projeto, e dois outros de referência, por exemplo, cenário atual com características do local de implantação e outro cenário dito ideal. No entanto, o autor salienta que a depender das características da região e do objetivo da avaliação, podem ser definidos como referência outros tipos de cenários.

**Figura 17.** Representação gráfica da distribuição dos cenários e critérios na Rede de Controle do modelo AUrb/ANP



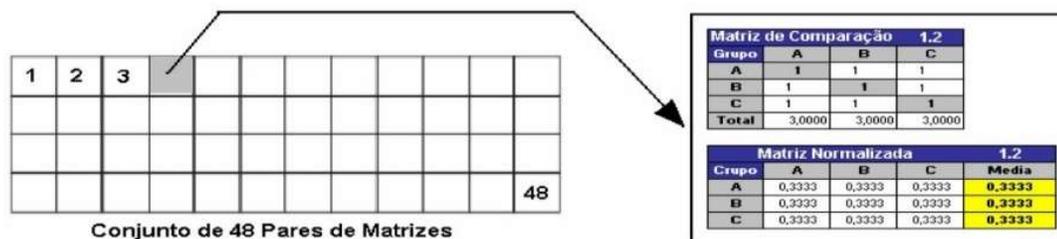
Fonte: Figueiredo Junior (2009)

Após definidos os cenários de comparação, na segunda e terceira fases desta etapa devem ser estabelecidos os grupos e critérios de avaliação. Vale ressaltar que configuração da Rede de Controle do AUrb/ANP deve refletir ao máximo a realidade do problema, para isso os grupos devem ser determinados em função do objetivo de avaliação proposto, e os critérios devem ser cuidadosamente determinados em função dos grupos.

### 2.12.3 Avaliação dos grupos da Rede de Controle

A terceira etapa consiste na avaliação da Rede de Controle. A base de cálculo do AUrb/ANP, baseada no método multicritério ANP, realiza análises de comparações entre os números definidos de cenários e critérios por meio de Matriz de Comparações e Matrizes Normalizadas dispostas em pares (Figura 18). No total são desenvolvidas 48 comparações pareadas entre a Matriz de Comparações e Matrizes Normalizadas.

**Figura 18.** Comparação pareada entre matrizes do modelo AUrb/ANP



Fonte: Figueiredo Junior (2009)

Nas matrizes de comparações do modelo, foi programada a análise automática para resoluções de problemas de julgamento inconsistentes nas comparações entre três elementos. Conforme já citado, no AHP, assim como no ANP, a inconsistência é utilizada para identificar possíveis erros de julgamentos dos decisores.

Ainda nesta fase são geradas e calculadas as Supermatrizes Não-pesada, Pesada e Limite, demonstradas na Figura 19, com valores em seu estado inicial, quando todos os elementos de análise possuem igual importância para ilustrar a interface do modelo.

Figura 19. Aspecto da interface das Supermatrizes Não-pesada ou Inicial, Pesada e Limite do modelo AUrb/ANP

MATRIZ NÃO PESADA		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	<b>0,0000</b>	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	B	0,5000	<b>0,0000</b>	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	C	0,5000	0,5000	<b>0,0000</b>	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 1	1.1	0,3333	0,3333	0,3333	<b>0,0000</b>	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	1.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	<b>0,0000</b>	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	1.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	<b>0,0000</b>	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 2	2.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	<b>0,0000</b>	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
	2.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	<b>0,0000</b>	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
	2.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	<b>0,0000</b>	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 3	3.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	<b>0,0000</b>	0,5000	0,5000
	3.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	<b>0,0000</b>	0,5000
	3.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	<b>0,0000</b>
Soma das Linhas		4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
MATRIZ PESADA		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,000000	0,125000	0,125000	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556
	B	0,125000	0,000000	0,125000	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556
	C	0,125000	0,125000	0,000000	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556
GRUPO 1	1.1	0,083333	0,083333	0,083333	0,000000	0,120833	0,120833	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889
	1.2	0,083333	0,083333	0,083333	0,120833	0,000000	0,120833	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889
	1.3	0,083333	0,083333	0,083333	0,120833	0,120833	0,000000	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889	0,063889
GRUPO 2	2.1	0,083333	0,083333	0,083333	0,108333	0,108333	0,108333	0,000000	0,120833	0,120833	0,108333	0,108333	0,108333
	2.2	0,083333	0,083333	0,083333	0,108333	0,108333	0,108333	0,120833	0,000000	0,120833	0,108333	0,108333	0,108333
	2.3	0,083333	0,083333	0,083333	0,108333	0,108333	0,108333	0,120833	0,120833	0,000000	0,108333	0,108333	0,108333
GRUPO 3	3.1	0,083333	0,083333	0,083333	0,063889	0,063889	0,063889	0,108333	0,108333	0,108333	0,000000	0,120833	0,120833
	3.2	0,083333	0,083333	0,083333	0,063889	0,063889	0,063889	0,108333	0,108333	0,108333	0,120833	0,000000	0,120833
	3.3	0,083333	0,083333	0,083333	0,063889	0,063889	0,063889	0,108333	0,108333	0,108333	0,120833	0,120833	0,000000
Soma das Linhas		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
MATRIZ LIMITE		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232
	B	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232
	C	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232
GRUPO 1	1.1	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239
	1.2	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239
	1.3	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239
GRUPO 2	2.1	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376
	2.2	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376
	2.3	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376
GRUPO 3	3.1	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485
	3.2	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485
	3.3	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485
Soma das Linhas		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Fonte: Figueiredo Junior (2009)

De acordo com Figueiredo Junior (2009), a elaboração do cálculo automático elimina a possibilidade de análises inconsistentes entre os elementos do sistema e diminui de 120 para 84

o número total de comparações a serem realizadas no modelo proposto. De acordo com o mesmo autor, isso melhora a confiabilidade na análise e atribui praticidade em relação ao método ANP. Nesta etapa a comparação entre os grupos é uma etapa importante, pois permite estabilizar os pesos dos elementos nas Supermatrizes.

#### **2.12.4 Avaliação dos elementos da Rede de Controle**

A quarta etapa do modelo AUrb/ANP é dividida em quatro fases e consiste na comparação dos elementos da Rede de Controle, composta pelos cenários, grupos e critérios (que são formulados a partir dos indicadores e posteriormente associados aos critérios de avaliação), como se segue:

- (a) Fase 1 – Análise de importância entre os cenários. Esta fase tem como objetivo avaliar o grau de importância de um cenário em relação a outro.
- (b) Fase 2 – Avaliação dos critérios em relação a cada cenário. Esta fase permite realizar a comparação entre os critérios de avaliação em relação a cada cenário.
- (c) Fase 3 – Comparação entre critérios. Nesta fase objetiva-se a comparação entre todos os critérios da Rede de Controle e possui o maior número de análises do modelo AUrb/ANP.
- (d) Fase 4 – Avaliação entre os cenários com relação a cada critério. Esta fase compara os cenários modelados em relação a cada critério de avaliação.

Assim, nesta etapa, todas as possibilidades de avaliação entre os elementos, conforme estruturado na Rede de Controle, são realizadas por meio de uma interface de questionário, na qual o analista responde às questões pelas opções disponibilizadas à direita de cada comparação, que é associado a um valor numérico na escala fundamental modificada de Saaty para o AUrb/ANP. A interface do questionário de avaliação entre os elementos é apresentada na Figura 20.

A escala fundamental de números absolutos proposta por Saaty, que atribui valores numéricos de 1 a 9 para as comparações, foi simplificada para o modelo AUrb/ANP. A justificativa para a adaptação, de acordo com Figueiredo Junior (2009), se deve a uma interpretação mais clara.

Figura 20. Interface do questionário de avaliação disponibilizados no modelo AUrb/ANP

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO				
GRUPO: Alteração no regime dos corpos de água				
<b>Com relação ao critério 1.1</b>				
37	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
38	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 1.2</b>				
39	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
40	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 1.3</b>				
41	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
42	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 2.1</b>				
43	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 2.2</b>				
44	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 2.3</b>				
45	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 3.1</b>				
46	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
47	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério 3.2</b>				
48	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
49	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>3.3</b>				
50	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério 2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
51	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério 2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA

Fonte: Figueiredo Junior (2009)

Dentre as alterações na escala de Saaty (2008), realizadas por Figueiredo Junior (2009), estão a eliminação de valores intermediários (2, 4, 6 e 8) da escala. O autor justifica a simplificação de forma a tornar mais clara as análises, além de constatar que os valores intermediários, para o modelo, não alteram significativamente o resultado geral do sistema. Além destas adaptações, foi realizada a mudança na descrição dos valores da escala verbal para facilitar o entendimento dos julgamentos.

Corroborando a alteração realizada por Figueiredo Junior (2009), Miranda (2008) ressalta que a graduação proposta por Saaty pode ser adaptada às características do problema

enfrentado. Similarmente, Sabbatini e Souza (2004) reportam as propostas realizadas por Morita (1998) e Shimizu (2001), conforme demonstrado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Escala de comparação

Grau	Expressão linguística	
	Shimizu (2001)	Morita (1998)
1	Igualmente	Igual
3	Moderadamente	Pouco melhor
5	Fortemente	Forte
7	Muito fortemente	Muito forte
9	Extremamente	Absoluto

Fonte: Souza e Sabattini (2004)

Ainda, discorrendo sobre a escala fundamental de número absolutos proposta por Saaty e modificadas por Figueiredo Junior (2009), o autor destaca que a Rede de Controle do modelo AUrb/ANP possui todas as conexões entre os elementos, fazendo com que o analista seja obrigado a realizar todas as possibilidades das análises, desta forma, o valor numérico zero pode ser atribuído, caso o analista interprete a incompatibilidade de comparação entre dois elementos.

A escala fundamental modificada de Saaty para o modelo AUrb/ANP possui formatação apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Escala fundamental utilizada no modelo AUrb/ANP, modificada de Saaty

Preferências expressa em valores numéricos variáveis	Preferência expressa em variáveis linguísticas	Explicação
0	Não comparável	Quando os elementos são comparáveis.
1	Importância igual	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pouco maior	A experiência ou juízo favorece um elemento em relação ou outro.
5	Importância maior	A experiência ou juízo favorece fortemente um elemento em relação ou outro.
7	Importância muito maior	Um elemento é fortemente favorecido em relação ao outro. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância extremamente forte	A evidência favorece um elemento em relação ao outro, com o mais alto grau de segurança.

Fonte: Adaptado de Figueiredo Junior (2009)

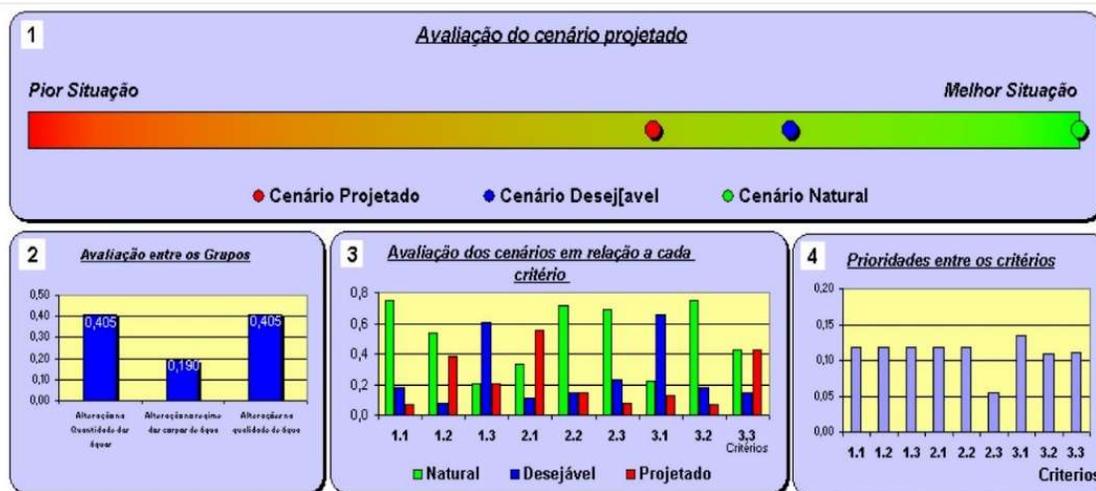
No entanto, nesta etapa do modelo AUrb/ANP possui alto grau de subjetividade associado aos julgamentos do analista, isto é, as análises realizadas por meio da Escala

Fundamental de Saaty, podem variar conforme a interpretação da escala pelo decisor e da análise realizada, sendo uma das maiores desvantagens do modelo.

### 2.12.5 Resultados gráficos da avaliação

Um dos destaques do modelo AUrb/ANP refere-se à representação gráfica do resultado da avaliação, procedida na última etapa da avaliação, em que os quatro gráficos desenvolvidos possibilitam um diagnóstico simples e objetivo de todos os aspectos do cenário projetado. A Figura 21 ilustra a interface de apresentação dos resultados composta pelos *gráficos 1, 2, 3 e 4* do modelo AUrb/ANP.

**Figura 21.** Representação do resultado gráfico da avaliação do projeto de desenvolvimento urbano do modelo AUrb/ANP



Fonte: Figueiredo Junior (2009)

O *gráfico 1* indica a distância relativa entre o cenário avaliado e o cenário desejável, situado sempre na posição mais favorável da barra do gráfico (“Melhor situação”). Figueiredo Júnior (2009) destaca que o *gráfico 1* não estabelece o limite de sustentabilidade nem representa a graduação nesse aspecto, uma vez que o conceito de desenvolvimento sustentável é bastante amplo. O autor destaca que o modelo AUrb/ANP não é restrito ao uso dos indicadores fixos, isto é, podem ser escolhidos e eleitos outros indicadores e testados no modelo. O *gráfico 2* indica o resultado da avaliação entre os grupos definidos para a Rede de Controle.

O *gráfico 3* apresenta graficamente a avaliação entre os cenários com relação a cada critério, o que permite conforme Figueiredo Junior (2009), a análise mais fina, identificando aspectos que podem ser melhorados.

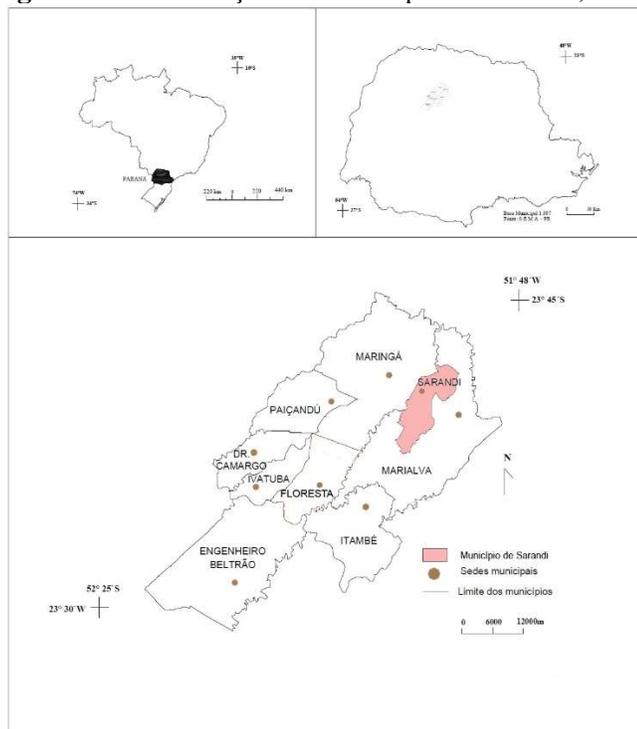
Por fim, o *gráfico 4* apresenta o grau de importância atribuído a cada critério avaliado. O autor destaca que o gráfico permite a visualização de discrepância, isto se elas ocorrerem, ao grau de importância atribuído aos critérios.

Desta forma, com base na avaliação do cenário e auxílio dos gráficos é possível identificar os pontos mais críticos do empreendimento, permitindo orientar alterações do projeto de forma a melhorar a posição global em relação ao cenário desejável. Com base nas sugestões de alterações, outra avaliação pode ser realizada com a finalidade de observar as mudanças em relação ao cenário de referência.

### 2.13. ÁREA DE ESTUDO

O Município de Sarandi localiza-se na mesorregião Norte Central Paranaense e microrregião de Maringá, entre as coordenadas  $23^{\circ} 26'37''$  de latitude sul e  $51^{\circ}52'26''$  de longitude oeste, sendo limitado pelos Municípios de Maringá à Oeste e Marialva (Norte, Sul e Leste). Possui área territorial de 103,68 km<sup>2</sup> com altitude média de 592 m em relação ao nível do mar (IBGE, 2017). A Figura 22 apresenta a localização do Município de Sarandi.

**Figura 22.** Localização do Município de Sarandi, Paraná



Fonte: Adaptado de Biz (2009)

### **2.13.1 Breve Histórico de Criação e Ocupação do Espaço do Município de Sarandi**

O surgimento do Município de Sarandi insere-se no processo de colonização do Norte do Estado do Paraná, sob o direcionamento da Companhia de Terra do Norte do Paraná (CTNP), e posteriormente denominada Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP). Os primeiros lotes de terra foram adquiridos em 1935 por imigrantes de São Paulo, Minas Gerais e do Nordeste. A fundação de Sarandi ocorreu em maio de 1947, inicialmente projetado como núcleo secundário para abrigar cerca de 2.200 habitantes, localizado, conforme um projeto regional, entre núcleos urbanos de maior porte como Maringá e Marialva, com função de cidade (STRÖHER; SOUZA, 2011).

A estrutura fundiária rural original do Município de Sarandi seguia o padrão de parcelamento da CMNP, no qual as propriedades rurais localizavam-se nos vales e com áreas semelhantes, sendo limitadas aos cursos d'água e as estradas rurais localizadas nos espigões entre os lotes e destinava-se para a plantação e cultivo do café, adjacente ao um núcleo urbano.

Até 1960, Sarandi foi constituída apenas do núcleo inicial e duas vilas, Vera Cruz e Chácaras Aeroporto, que se desenvolveram junto à linha férrea e à antiga estrada que ligava Londrina à Maringá, o que explica a distância entre as vilas e o núcleo inicial. O núcleo urbano permaneceu pouco povoado até a década de 1960, quando o surgimento da BR-376 cortando o município atrai a sua ocupação junto à rodovia.

Em meados das décadas de 1960 e 1970, na região Norte do Paraná, o principal produto agrícola era o cultivo do café, no entanto, atrelado a questões climáticas – como geadas, principalmente a de 1975, que dizimou grande parte dos cafezais da região, e por consequência estimulou a substituição e a implantação de lavouras mecanizadas de soja e trigo, fez com que a população saísse do campo em direção à zona urbana (SILVA, 2015).

Assim, ao final de 1970 e início da década de 1980, ocorria o processo de êxodo rural na região. No mesmo período, de forma geral, além da migração da população rural para as cidades, concomitantemente foi realizada ação de desfavelamento em Maringá, fazendo com que um grande contingente migrasse principalmente para Sarandi, por apresentar valor de solo mais baixo (SILVA, 2015).

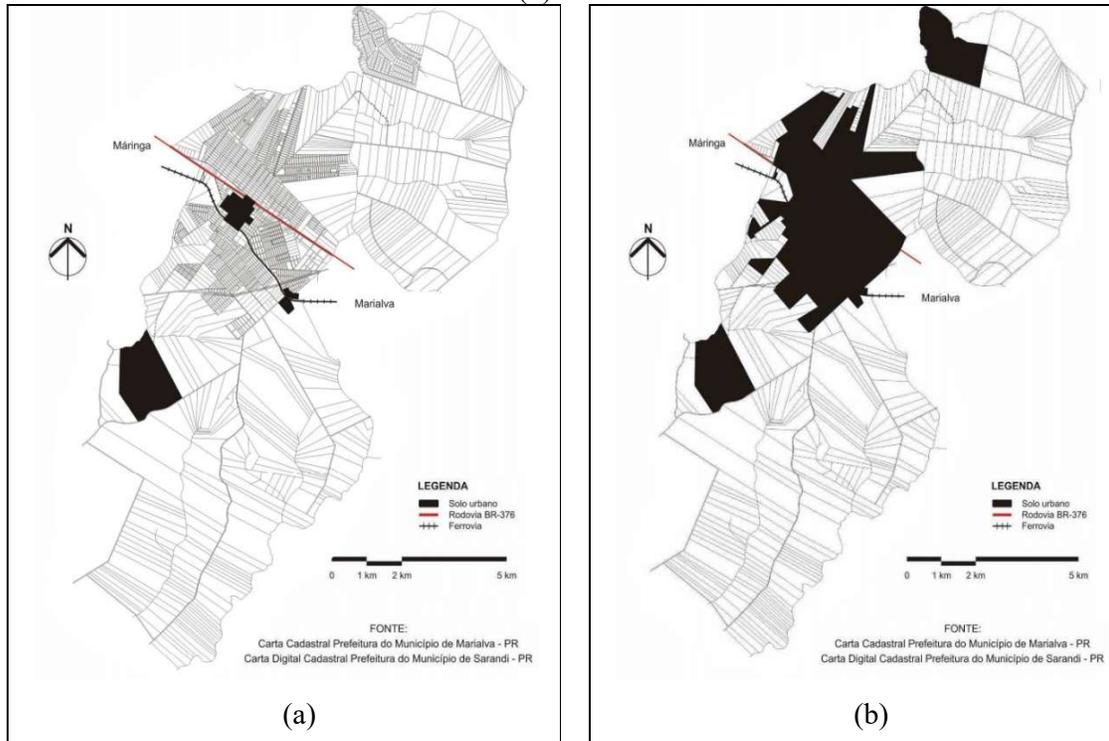
Em 1981, o Município de Sarandi, até então distrito de Marialva, foi emancipado, elevando-se legalmente em cidade, com a Lei Estadual nº 7.502, de 14 de outubro de 1981 (Anexo A). No entanto, Ströher e Souza (2011) destacam que 58% dos loteamentos existentes

foram aprovados antes mesmo de Sarandi “tornar-se cidade”. No contexto, destaca-se ainda, até 1979, a inexistência de uma regulação federal sobre o parcelamento do solo urbano.

O resultado do expressivo crescimento urbano, sobretudo, direcionado principalmente pela ação de promotores imobiliários, e a ausência de uma regulamentação no que tange os loteamentos, expressou-se em Sarandi pelo desordenamento e segmentação da expansão urbana; formação de bairros periféricos, no atendimento desigual entre as áreas centrais e aquelas mais dispersas, no que concerne à infraestrutura e aos serviços públicos (SILVA, 2015).

Entre 1990 a 2000, o território de Sarandi havia se expandido consideravelmente para todas as direções do município, atingindo o limite do município, marcando a efetivação da conurbação entre Maringá e Sarandi, promovido pela forte expansão horizontal de Maringá. A cidade Sarandi ingressa a década de 2010 com instrumento e leis urbanísticas, mesmo ano em que se erradica o último assentamento precário do município, iniciando um processo de melhoria na qualidade urbana (SILVA, 2015). A Figura 23 apresenta a evolução da mancha urbana do Município de Sarandi entre as décadas de 1950 e 2008.

**Figura 23.** Evolução da mancha urbana de Sarandi, Paraná, entre as décadas de (a)1950 a 1960 e (b) 2000 a 2008.



Fonte: Adaptado de Freire (2009)

### 2.13.2 Aspectos Físicos e Socioeconômicos

O Município de Sarandi localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense, com predominantes com ocorrência de solos: Latossolo Vermelho Eutroférico, Neossolo Litóriclo Eutroférico, Nitossolo Vermelho Eutroférico, Solo Coluvial de Fundo de Vale e os Solos Hidromórfico Gleissolo (EMBRAPA, 2006).

A formação vegetal original do município, segundo Maack (1981), era recoberta pela formação florestal do tipo Floresta Estacional Semidecidual. Da cobertura original da região restaram somente alguns fragmentos completamente alterados.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é o subtropical úmido mesotérmico, pertencente à zona climática do tipo Cfa (clima mesotérmico úmido com verões quentes), cuja temperatura média no mês mais quente é superior a 22°C e a no mês mais frio inferior a 18°C. A precipitação anual do município, de acordo com o Sistema de Informações Hidrológicas, entre os anos de 2000 e 2016 variou de 1.182 mm a 2.454 mm, respectivamente (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2017).

O Município de Sarandi é dividido por um espigão no sentido Leste – Oeste, formando assim um divisor de águas, tendo sua área compreendida por duas bacias hidrográficas, sendo 43% do município da porção norte na bacia hidrográfica do Rio Pirapó e na porção sul, 57% área do município inserida na bacia hidrográfica do Rio Ivaí (INSTITUTO DAS ÁGUAS, 2017).

A economia do município está baseada principalmente no setor terciário, da prestação de serviços e em altos níveis de migração pendular, particularmente atribuído aos limites próximos a ambientes metropolitanos e conurbado com a cidade de Maringá - pólo industrial e comercial da região - atribuindo a Sarandi o título de “cidade dormitório”. Sarandi possui Índice de Desenvolvimento Humano<sup>5</sup> – IDH-M de 0,695, considerado médio, e Índice de Gini<sup>6</sup> de 0,374 (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES, 2017).

Quanto à evolução populacional, o Município de Sarandi possuía em 1950 aproximadamente 7.389 habitantes, destes 71,50% vivendo em áreas rurais, passando a concentrar na década de 1980, 21.797 habitantes e 90% de sua população vivendo na cidade

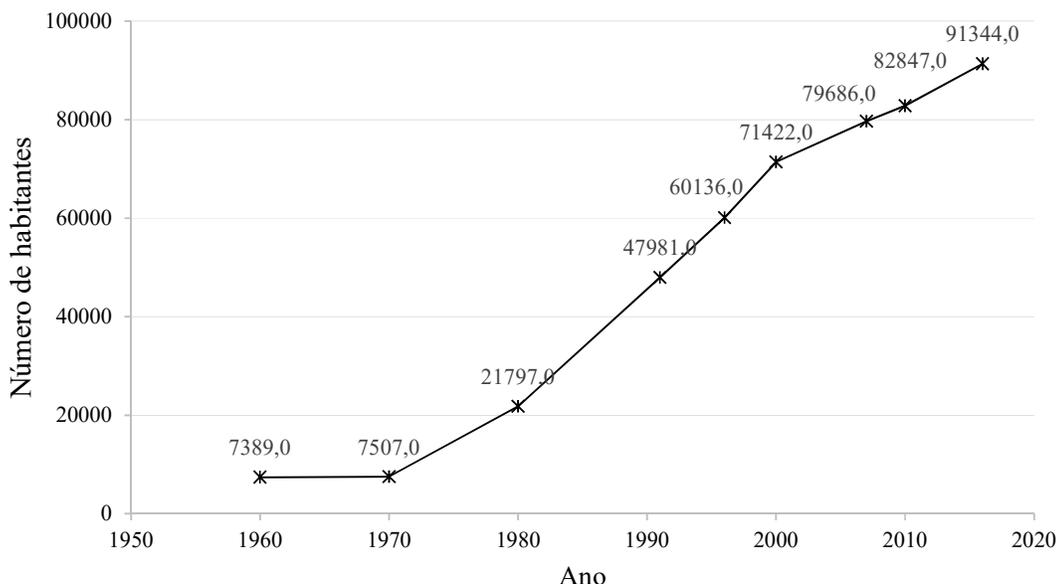
---

<sup>5</sup> O Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, composto por indicadores de longevidade, renda e educação. Varia de 0 (zero) a 1 (um) e representa faixas de desenvolvimento humano municipal, isto é, quanto mais próximo de 0, pior é o desenvolvimento humano do município, e quanto mais próximo de 1 melhor é o índice de desenvolvimento humano do município.

<sup>6</sup> O Índice de Gini demonstra a diferença da renda domiciliar *per capita*, varia de 0 (zero), quando se tem a renda distribuída na mesma proporção para todos os domicílios, e 1 (um) quando existe perfeita desigualdade.

(IBGE, 2010). Dados mais atuais estimam o grau de urbanização do município de 99,15% de sua população concentrada na área urbana (IPARDES, 2017). Na Figura 24 é apresentada a evolução populacional, entre as décadas de 1960 e 2016, no Município de Sarandi.

**Figura 24.** Evolução populacional do Município de Sarandi – PR, no período de 1960 a 2016



Fonte: Adaptado de Figueiredo (1997) e IBGE (2017)

### 2.13.3 SANEAMENTO BÁSICO

Os serviços de abastecimento de água e esgoto sanitário são realizados pela autarquia de Serviço Municipal de Saneamento Ambiental Águas de Sarandi.

O abastecimento de água do município é realizado por manancial subterrâneo, como fonte de produção principal (SARANDI, 2009a). Ainda de acordo com as informações extraídas do Plano Municipal de Saneamento Básico (SARANDI, 2009a), haviam 50 poços tubulares profundos perfurados, sendo 45 poços em operação na área urbana do município. O tratamento da água captada é realizado por simples desinfecção da água bruta captada, através de cloração. O sistema de reservação de água para abastecimento é composto por 20 reservatórios em situação ativa e mais 9 reservatórios desativados (SARANDI, 2009a).

Conforme dados cadastrados no Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2017), o consumo de água *per capita* é de 190,00 L hab dia<sup>-1</sup> para o Município de Sarandi. Em relação aos valores de perda física, estudo desenvolvido pela Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR (2015) aponta valores de perda física na ordem de 55%

para o sistema de abastecimento. Assim, considerando as perdas estimadas do sistema, resulta em volume *per capita* bruto de 422,00 L hab dia<sup>-1</sup>.

Segundo Sarandi (2009a), o Sistema de Esgotamento Sanitário de Sarandi é realizado em Estação de Tratamento de Efluentes composto por sistema de lagoas de estabilização e com cobertura de atendimento de coleta de esgoto de 3% da área urbana, com indicador de 97,2% de ligações de água sem esgoto.

Dados mais recentes cadastrados no SNIS (BRASIL, 2017) demonstram a ampliação de cobertura para 8% da população urbana, com 2,9 mil ligações, com 195,00 km de extensão da rede de esgoto sanitário. Em 5 de dezembro de 2016, foi inaugurada a Estação de Tratamento de Efluentes Norte, com capacidade para tratar 60% do esgoto do município.

A infraestrutura do Sistema de Drenagem de Águas Pluviais do Município de Sarandi é bastante precária. De acordo com Sarandi (2009a) e Toy (2010), apenas 50% dos loteamentos consolidados do município possuem pavimentação asfáltica, percentual mais crítico para a rede de drenagem, o qual, apenas 30% da área urbana possui rede de drenagem.

Toy (2010) reporta que a rede de drenagem instalada não possui funcionalidade, pois além do atendimento parcial, a rede de drenagem não possui emissários para o lançamento das águas coletadas nos cursos hídricos. Desta forma, o mau manejo das águas pluviais tem ocasionado processos erosivos na área urbana.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente capítulo trata da proposição do método de avaliação de loteamentos por indicadores de sustentabilidade e análise multicritério pelo modelo AUrb/ANP.

Para dar suporte ao estudo proposto, inicialmente foi realizado um diagnóstico da área objeto de estudo no Município de Sarandi. Além disto, foram realizadas observações *in loco*, assim como a extração de informações em estudos e projetos técnicos disponibilizados pela incorporadora proponente do empreendimento, assim como em documentos oficiais.

#### 3.1 PROPOSIÇÃO DE INDICADORES

Para a proposição de indicadores e a avaliação posterior pelo modelo AUrb/ANP, foram adotados de Figueiredo Junior (2009) três grupos para a avaliação de projetos de empreendimentos imobiliários e seus respectivos critérios:

- Grupo Sustentabilidade, relacionado a critérios Ambientais, Sociais e Econômicos;
- Grupo Águas urbanas, conexo aos sistemas de águas urbanas: Abastecimento, Esgotamento e Drenagem;
- Grupo Características das águas urbanas, inter-relacionados a Qualidade, Quantidade e Alteração do regime.

Para a avaliação dos grupos e critérios foram propostos indicadores, e realizada uma ponderação por um grupo selecionado de decisores para definição do grau de importância relativa dos indicadores adotados.

Para a proposição dos indicadores tomou-se com base os indicadores de trabalhos desenvolvidos por Castro (2002), Castro, Bapstista e Cordeiro Netto (2004), Castro (2007) e Sander (2007).

##### 3.1.1 Grupo Sustentabilidade

O grupo sustentabilidade possui subgrupos relacionados aos critérios ambiental, social e econômico, sendo avaliados pelos indicadores a seguir.

- Critério Ambiental

No que tange ao aspecto referente à questão ambiental, foram propostos dois indicadores a serem avaliados. Este indicador refere-se à criação e preservação de habitats e ao impacto paisagístico produzido pela perspectiva futura de implantação do empreendimento projetado.

**a) Criação e preservação de habitats –  $I_{A1}$**

Qualquer modificação em determinada parte da área objeto de estudo alterará o ecossistema. Assim, sob esse pensamento, a preservação ou criação de áreas é um aspecto a ser considerado no critério ambiental. Quanto maior forem as áreas alteradas devido à implantação e à ocupação do empreendimento, maior será o impacto em relação a este critério.

Este indicador, conforme Castro (2002), considera a relação entre a área ecologicamente apta antes de ser realizada a intervenção e a área ecologicamente apta após a intervenção. De acordo com Castro (2002), para este indicador foi arbitrado que, caso o a intervenção tivesse área ecologicamente apta igual ou superior a duas vezes à anterior ao projeto, sua pontuação na análise seria máxima. A Equação [5] indica a expressão de cálculo para o indicador.

$$\begin{aligned} \text{Se } A_{apta2} \geq 2 \times A_{apta1} &\rightarrow I_{A1} = 1,0 \\ \text{Se } A_{apta2} < 2 \times A_{apta1} &\rightarrow I_{A1} = \frac{A_{apta2} - A_{apta1}}{A_{apta1}} \end{aligned} \quad [5]$$

Em que:

$A_{apta}$  : Área ecologicamente apta antes da implementação do empreendimento;

$A_{apta2}$ : Área ecologicamente apta após a implantação do projeto urbanístico proposto.

Este indicador terá seu valor compreendido no intervalo [-1; 1]. O maior valor para o indicador ocorrerá quando a área ecologicamente apta após implantação do empreendimento for igual ou superior a duas vezes a área ecologicamente apta antes. Sendo o menor valor para este indicador ocorrerá quando a área ecologicamente apta após a implantação do empreendimento for reduzida a zero, isto é, houver a supressão total da vegetação.

### b) Impacto paisagístico - *I<sub>A2</sub>*

Este indicador, proposto por Castro (2007), trata de verificar se o projeto do empreendimento proposto está ou não de acordo com as diretrizes ou as características urbanas determinadas pelo Plano Diretor de uso e ocupação do solo. Para tanto, se propôs verificação por este indicador dos percentuais mínimos das áreas de uso público: áreas verdes, áreas institucionais e do sistema viário.

Deve-se analisar os princípios definidos para a organização urbanísticas da região do empreendimento, verificando o atendimento à legislação. A análise deste indicador em relação ao impacto paisagístico deverá ser realizada de forma subjetiva pelo analista ou decisor, sendo o valor do indicador avaliado pela escala proposta (Quadro 4), variando de uma grande piora à grande melhora, quando se tem à adequação completa do projeto em relação ao plano diretor, leis de uso e ocupação do solo para a área em que o empreendimento é proposto.

**Quadro 4.** Escala de avaliação subjetiva

Valor numérico	Descrição
0,1	Grande piora
0,2	Sensível piora
0,3	Pequena piora
0,4	Indiferente
0,5	Pequena melhora
0,6	Sensível melhora
0,7	Grande melhora

Fonte: Adaptado de Castro (2007)

- Critério Social

Para o critério social, foi proposto um indicador relacionado à criação de áreas de recreação, parques e equipamentos urbanos.

### a) Criação de áreas de recreação, parques e equipamentos urbanos – *I<sub>SC1</sub>*

A avaliação proposta por Castro (2002) para o indicador é relacionada às áreas destinadas a recreação, lazer e equipamentos urbanos pré-urbanização e posterior da implantação do empreendimento.

No caso em que a área pré-urbanização destinada a esta finalidade for igual a zero, ou seja, a área referente à recreação, lazer e equipamentos urbanos antes da implantação do empreendimento for nula, os impactos serão sempre positivos.

Desta forma, o indicador terá seu valor variando na escala intervalar de [0; 1], sendo adotado o valor igual a zero quando não previstas áreas destinadas a lazer, recreação e equipamentos comunitários urbanos, e valor igual um, quando da previsão de áreas destinadas a instalação destes espaços.

- Critério Econômico

O indicador proposto para avaliação do critério econômico, refere-se à área desapropriada para a instalação de infraestrutura ou equipamentos auxiliares dos sistemas de águas urbanas proposto.

**a) Desapropriação de áreas – *IECI***

A adoção de determinadas formas de abastecimento público, esgotamento sanitário, drenagem pluvial e suas técnicas alternativas, implicam na desapropriação de áreas, de forma a serem utilizadas pelo sistema proposto, por exemplo, desapropriação de área para instalação de reservatório de água, elevatória de esgoto, Estação de Tratamento de Efluentes compactas, bacias de retenção ou retenção.

De acordo com Castro, Bapstista e Cordeiro Netto (2004), a desapropriação de áreas causa um impacto negativo, uma vez que a negociação destas áreas nunca é realizada de forma fácil ou natural. A desapropriação de áreas reflete em perda de área potencialmente comercializável, ou no caso de áreas destinadas para a doação ao município, a perda de área potencial para criação de áreas de convívio social.

Para avaliar este critério, Castro (2002) propôs a Equação [6]:

$$I_{EC1} = \frac{A_{maxdes} - A_{des}}{A_{maxdes}} - 1,0 \quad [6]$$

Em que:

$A_{des}$ : Área total a destinada a áreas verdes e áreas institucionais reservadas à municipalidade;

$A_{maxdes}$ : Maior área a ser desapropriada.

O impacto será sempre negativo, com escala variando de [-1;0]. Quanto maior a área a ser desapropriada devido à adoção da infraestrutura proposta, mais negativo será o impacto econômico causado.

### 3.1.2 Grupo Águas Urbanas

O grupo águas urbanas foi relacionado às infraestruturas sanitárias, quais sejam: abastecimento público, esgotamento sanitário e drenagem pluvial, sendo propostos indicadores referentes a cada um desses critérios.

- Critério Abastecimento

O critério Abastecimento foi avaliado pelo indicador de forma de abastecimento, o qual pontua a forma de abastecimento público adotado em projeto.

- a) Forma de abastecimento – *I<sub>AUI</sub>***

Este indicador refere-se ao sistema de abastecimento público adotado para o empreendimento, pois o acesso a água tratada é fundamental para a melhoria das condições de saúde e higiene. Trata-se de um indicador de desenvolvimento sustentável, pois possibilita o acompanhamento das políticas públicas de saneamento básico e ambiental, assim como da qualidade de vida da população.

O valor deste indicador estará compreendido no intervalo [0;1]. Empreendimentos sem qualquer fonte de abastecimento público receberão o valor de nota igual a zero; 0,5 quando o loteamento for atendido pelo captação e fornecimento de água por manancial subterrâneo, e por 1,0 quando o empreendimento for atendido por rede de abastecimento público e tratamento da água bruta em Estação de Tratamento de Água – ETA.

- Critério Esgotamento

Assim como no critério Abastecimento, foi proposto para o critério Esgotamento a pontuação pela forma adotada em projeto para o esgotamento sanitário.

**a) Forma de esgotamento sanitário–  $I_{AU2}$**

O indicador trata da ausência ou deficiência dos serviços de esgotamento sanitários, condição fundamental para a avaliação das condições de saúde, visto que o acesso adequado a este sistema de saneamento é essencial para o controle e a redução de doenças de vinculação hídrica. O valor deste indicador estará compreendido no intervalo [0;1].

O indicador tomará o valor igual a zero quando o sistema previsto para o esgotamento sanitário for realizado por fossa rudimentar ou fossa negra; 0,5 quando da previsão do tratamento do efluente doméstico realizado por fossa séptica, filtro biológico e sumidouro, e 1 para quando o loteamento for contemplado pelo atendimento de rede de coleta e tratamento em Estação de Tratamento de Efluente – ETE.

- Critério Drenagem

O critério Drenagem foi avaliado pelo número de vias atendidas pelo sistema de drenagem adotado para o projeto do empreendimento imobiliário.

**a) Percentual de atendimento pela drenagem pluvial –  $I_{AU3}$**

Este indicador tem como objetivo determinar a porcentagem de ruas atendidas pela rede de drenagem pluvial do empreendimento. Para tanto, o indicador será calculado conforme apresentado na Equação [7], adotado conforme proposto por Sander (2007):

$$I_{DR1} = \frac{Via_{CAPT} - Via_{SCAPT}}{Total_{vias}} \quad [7]$$

Em que:

$Via_{scapt}$ : é o número de ruas não contempladas com dispositivos de drenagem;

$Via_{capt}$ : é o número de ruas contempladas com dispositivos de drenagem.

### 3.1.3 Grupo Características das Águas

O grupo Características das águas é composto pelos critérios Qualidade, Quantidade e Alteração de regime. Os indicadores propostos visam a verificação da possibilidade de

contaminação, de percentual de controle do elemento adotado e o potencial de recarga, sendo descritos a seguir.

- Critério Qualidade

O indicador de avaliação do critério Qualidade considera as possibilidades de contaminação e transmissão de doenças associadas aos sistemas de águas urbanas.

**a) Possibilidade de contaminação e transmissão de doenças – *ICA1***

Este indicador deve ser considerado na avaliação de fatores que possam aumentar ou reduzir a possibilidade de contaminação das águas urbanas.

Para a avaliação do indicador, Castro (2007) ressalta que deve ser realizada pelo decisor ou pelo analista, a partir de análise dos principais intervenientes, sendo mensurados na escala de avaliação subjetiva proposta (Quadro 4), observando as possibilidades associadas a qualquer fator causador de contaminação ou transmissão de doenças associadas aos sistemas de águas urbanas. Para tal, foi avaliada a possibilidade de contaminação ou transmissão de doenças relacionadas ao sistema de esgotamento sanitário adotado.

- Critério Quantidade

O critério Quantidade é avaliado pela capacidade de redução ou retenção do elemento de controle adotado, expresso em porcentagem da quantidade de vazão controlada.

**a) Elemento de controle – *ICA2***

Este indicador trata de dispositivos ou elementos de controle com vista à infiltração e à redução da vazão à jusante. O valor deste indicador será adotado igual a zero, cujo impacto negativo ao curso hídrico é máximo, isto é, não é previsto elemento de controle de vazão no projeto de urbanização. Em empreendimentos imobiliários que preveem a construção e adoção de técnicas alternativas, o indicador assume o valor igual a 1.

- Critério Alteração de Regime

O critério Alteração de regime a ser avaliado concerne à recarga do aquífero da área do empreendimento imobiliário.

**a) Recarga do aquífero -  $I_{CA3}$**

Segundo Castro, Bapstista e Cordeiro Netto (2004), para que uma técnica alternativa de drenagem possa contribuir para a recarga de um aquífero ou a manutenção do lençol freático, o volume total infiltrado sobre a área considerada deverá ser superior ao volume infiltrado caso a área estivesse inteiramente “natural”, ou seja, não urbanizada.

O cálculo deste indicador, de acordo com os autores, pode ser feito através das áreas de infiltração, a partir da Equação [8]:

$$I_{CA3} = \frac{A_{inf} - A_{nat}}{A_{nat}} \quad [8]$$

Em que:

$A_{inf}$ : Área de infiltração segundo a alternativa estudada;

$A_{nat}$ : Área de infiltração caso a área não estivesse urbanizada.

O valor deste indicador estará sempre compreendido no intervalo  $[-1;1]$ , podendo ocorrer impactos positivos ou negativos da obra proposta em relação a este aspecto.

### 3.2 PONDERAÇÃO DOS INDICADORES PROPOSTOS PELO MÉTODO DELPHI

Para a ponderação dos indicadores propostos, foi adotado o método Delphi. A operacionalização do método Delphi, nesta pesquisa, ocorreu em duas rodadas com suporte da plataforma virtual Survey Monkey®.

Inicialmente para se atingir um número mínimo de participantes, realizou-se um contato prévio com 60 especialistas. O contato inicial teve como objetivo apresentar a pesquisa, verificar interesse do especialista no processo e sanar dúvidas.

A avaliação dos indicadores, a partir de um grupo de decisores, teve como objetivos principais:

- i. Verificação da pertinência dos indicadores propostos para a avaliação de loteamento sob o enfoque das águas urbanas;
- ii. Elucidar o grau de importância de cada indicador proposto sob o aspecto da sustentabilidade em loteamentos, a partir de um grupo de especialistas.

Para esta pesquisa foram definidos os especialistas participantes do processo decisório como sendo:

- Engenheiros civis, engenheiros ambientais, engenheiros agrônomos, arquitetos e urbanistas, geógrafos, profissionais autônomos ou representantes de empresas de consultoria responsáveis pelo estudo, concepção e projeto de empreendimentos urbanos e projetos correlatos.

Na sequência, foram enviados os questionários, via *e-mail*, aos especialistas concordantes em participar do processo Delphi, utilizando-se uma mensagem em modelo padrão. Esta mensagem inicial buscou informar sobre os objetivos da pesquisa, sendo também disponibilizado o *link* de acesso ao questionário na plataforma eletrônica.

O questionário foi estruturado para a primeira rodada, contendo questões relacionadas ao perfil profissional e uma lista com os 10 indicadores propostos para ponderação do grau de significância, a partir da experiência dos especialistas. Além das questões propostas, campos para sugestões, elogios e críticas ao trabalho também foram disponibilizados. O questionário formulado é apresentado no Apêndice A.

Para a verificação do grau de importância dos indicadores, foram propostos os pesos demonstrados no Quadro 5, na qual o especialista atribuía um peso de acordo com o grau de importância a cada um dos indicadores propostos no questionário, conforme sua experiência, conhecimento e/ou desejo.

**Quadro 5.** Ponderação do grau de significância

Peso	Grau de Importância	Interpretação
1	Pouco importante	- Pouco relevante; - Não tem implicações diretas para as questões mais relevantes; - Não necessita ser considerada.
3	Importante	- Relevante; - Importantes implicações somente se consideradas outras questões; - Deve ser, pelo menos, parcialmente considerada.
5	Muito importante	- Muito relevante; - Implicações diretas para importantes questões; - Não pode ser negligenciada, tem que ser necessariamente considerada.

Fonte: O Autor (2017)

Com os questionários respondidos na 1ª iteração, então, procedeu-se organização dos dados. Os resultados obtidos foram executados com auxílio do *software* Microsoft Excel 2016®, organizados em tabelas e descritos pela média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação, e enviados aos participantes, de forma que o respondente poderia ou não reavaliar sua resposta.

O questionário utilizado na 2ª iteração foi estruturado igualmente da 1ª iteração, sem adaptações e modificações de conteúdo. Por sua vez, na 2ª iteração do Delphi, foram convidados somente aqueles especialistas participantes da 1ª iteração. No 2º *round* não foi encaminhado o convite para participação na 2ª iteração, sendo utilizado o próprio texto do *e-mail* para formalizar o novo convite, informando os participantes sobre os objetivos da nova iteração e instruí-los sobre o preenchimento do novo questionário.

Assim, como no questionário formulado para o 1º *round*, foram solicitados aos especialistas, sugestões, críticas ou outras observações quanto aos indicadores, à pertinência dos aspectos avaliados ou a ausência de algum ponto relevante.

Assim como na primeira rodada, os pesos arbitrados foram descritos pela média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação dos indicadores. Além disso, foi verificado o Nível de Importância (Ni) dos indicadores pelo valor arbitrado pelos especialistas, conforme Equação [9].

$$NI = \frac{\sum(pesos)}{(g \times n)} \times 100 \quad [9]$$

Em que:

$g$  = Maior peso de grau de importância;

$n$  = número de especialistas participantes.

Após análise dos resultados obtidos pela ponderação dos indicadores na 1ª e 2ª iteração, foram calculados os pesos dos indicadores propostos pela média de cada indicador das iterações. Posteriormente, foi elaborado um questionário para a atribuição das notas dos indicadores calculados.

O resultado do questionário, junto as notas dos indicadores calculados, serviu para embasar o julgamento do decisor e foram enviados junto a planilha do modelo AUrb/ANP.

### 3.2.1 Aspectos Éticos

Para execução da pesquisa foi realizada a submissão do desenho da pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Maringá e foi aprovado sobre o parecer nº 2.162.225 e Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE nº 70059317.8.0000.0104.

Vale destacar que a utilização da variante do Delphi em plataformas *online* não elimina o atendimento aos preceitos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos. Portanto, existe a necessidade de que os participantes da pesquisa declarem sua aquiescência na investigação.

Em atendimento ao exposto, foi elaborado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B) e anexado na página inicial do questionário. O *link* do questionário era associado exclusivamente ao *e-mail* do especialista participante, sendo então o acesso restrito apenas aos endereços eletrônicos cadastrados.

Assim, tratando-se da aplicação da técnica Delphi por meio de plataforma eletrônica, o participante obrigatoriamente teria uma escolha de concordância ou não concordância com o conteúdo da pesquisa, tratando-se de uma condição essencial para o prosseguimento e abertura das páginas subsequentes do questionário.

Em suma, caso o participante não respondesse a opção de concordância ou manifestasse discordante com o TCLE, não era liberado seu acesso ao questionário e, portanto, o especialista convidado não poderia participar da pesquisa, encerrando o seu processo de participação. Em caso de concordância, era liberado o acesso ao questionário, podendo o especialista responder às questões e, ao término do processo, o TCLE e os dados eram armazenados na plataforma.

## 3.3 AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS PELO MÉTODO AUrb/ANP

Para a avaliação de projeto de empreendimentos de expansão urbana foi empregado o modelo AUrb/ANP baseado no método *Analytic Network Process*, desenvolvido por Figueiredo Junior (2009), o qual foi obtido gratuitamente na seção *download*<sup>7</sup> no endereço eletrônico do

---

<sup>7</sup> <http://www.ehr.ufmg.br/downloads/>

Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

Pela sistemática de avaliação do modelo, inicialmente foram definidos e modelados os cenários de comparação. Para a comparação do cenário de projeto, foram estabelecidos outros dois cenários e definidos a partir dos objetivos de comparação e modelados a partir das características dos cenários estabelecidos. Para o presente estudo foram definidos os seguintes cenários:

- Cenário Atual: Retrato da região antes da implantação do projeto;
- Cenário Projetado: Representa as características do projeto avaliado a partir das informações do projeto, da localização e da região em que se pretende implantar o empreendimento imobiliário.
- Cenário Desejável: Representa as melhores condições entre as características do projeto, com vista à combinação do empreendimento e as características originais da região.

A estruturação da Rede de Controle do modelo AUrb/ANP foi realizada a partir dos cenários modelados, dos grupos e critérios adotados e dispostos nas matrizes de avaliação do modelo.

### **3.3.1 Encaminhamento da planilha para julgamento**

Após a montagem da Rede de Controle no ambiente virtual, procedeu-se o envio da planilha do modelo para um decisor e a realização do julgamento com base nos valores numéricos da escala fundamental modificada de Saaty (Tabela 4), proposta por Figueiredo Junior (2009).

Nesta etapa, enviou-se a planilha do modelo a um especialista, no qual este realizou a avaliação entre os cenários, dos critérios em relação a cada cenário, dos critérios entre critérios e dos cenários em relação a cada critério, pela sistemática do modelo AUrb/ANP.

### **3.3.2 Resultado gráfico**

Os resultados gráficos da avaliação do projeto do loteamento pelo decisor foram analisados, embasando a realização de propostas de modificação ou readequação em projeto, em relação à sustentabilidade do loteamento.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão descritos os resultados obtidos nesta pesquisa. A primeira seção do capítulo aborda a aplicação baseada no método Delphi. A segunda seção trata dos indicadores de sustentabilidade. E por fim, na terceira seção os resultados da avaliação de um empreendimento imobiliário pela aplicação no modelo multicritério AUrb/ANP.

### 4.1 AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS ESPECIALISTAS CONVIDADOS

Foram convidados 60 profissionais para participar da pesquisa. O questionário hospedado na plataforma de pesquisa online foi enviado por *e-mail* e um *link* de acesso aos especialistas para a ponderação dos indicadores.

Para primeira iteração da pesquisa Delphi, os questionários foram remetidos em 10 campanhas para os especialistas, fase que foi iniciada em 22 de junho de 2017 e foi concluída em 18 de julho do mesmo ano, totalizando 26 dias de duração para o recebimento dos questionários preenchidos.

Na primeira iteração do método de pesquisa Delphi, 22 profissionais participaram do painel, retornando o questionário, resultando em uma taxa de retorno de 36,66%. No entanto, do total de questionários retornados, 10 questionários foram devidamente preenchidos em seu inteiro teor, assim, ao considerar somente os questionários completos, resultou em uma taxa de retorno de 16,66%. Estas taxas de retorno mostram-se superiores com valores registrados em literatura.

Por sua vez, na segunda iteração, quando foram recrutados somente os participantes do 1º *round*, o número de profissionais respondentes dos questionários foi reduzido para 6 especialistas, o que correspondeu a taxas de retorno dos questionários de 60%. A 2ª iteração do Delphi teve início em agosto de 2017 com duração de 10 dias, com o envio de um *e-mail* com o *link* do questionário e os resultados obtidos para os especialistas participantes do 1º *round*.

Os resultados obtidos na 1ª e 2ª iteração do exercício Delphi para taxas de abstenções e retorno estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Resultados do método Delphi em consulta a especialistas

Questionário	Primeira iteração		Segunda iteração	
	Quantidade	%	Quantidade	%
<b>Enviados</b>	60	100	10	100
<b>Sem retorno</b>	38	63,33	4	40
<b>Com retorno parcial</b>	12	20,00	-	0
<b>Com retorno completo</b>	10	16,66	6	60

Fonte: O Autor (2017)

Como apresentado na Tabela 5, a taxa de abstenção considerando o percentual de questionários retornados preenchidos parcialmente na 1ª iteração, apresentou valor de 63,33%. Por sua vez, quando considerados os questionários com retorno completo, a taxa de abstenção resulta em 83,33%, valores para o primeiro *round* superiores aos encontrados em estudos baseados no método Delphi convencional. Por sua vez, na 2ª iteração realizada, com número reduzido de especialistas participantes apresentou taxas de retorno similares a registradas na literatura.

No entanto, conforme os dados apresentados na Tabela 5, verifica-se ao final do exercício Delphi, considerando o total de questionários enviados ao início do processo e retornados ao término do exercício Delphi, taxa de retorno global de 10%, isto é, valores de retorno abaixo aos consultados em outros estudos com emprego de plataformas de pesquisa eletrônicas.

Desta forma, a baixa taxa de retorno obtida aponta para uma das desvantagens da utilização do método Delphi, sobretudo empregando plataformas *online* (*web-Delphi*), pois pesquisas similares utilizando esta abordagem demonstram elevada abstenção, especialmente em grupos compostos com maior número, o que demandam de maior tempo de duração do painel.

No entanto, cabe ressaltar, que as consultas a especialistas refletem as opiniões de grupo respondente, no entanto, não sendo necessariamente o consenso entre profissionais com atuação da área.

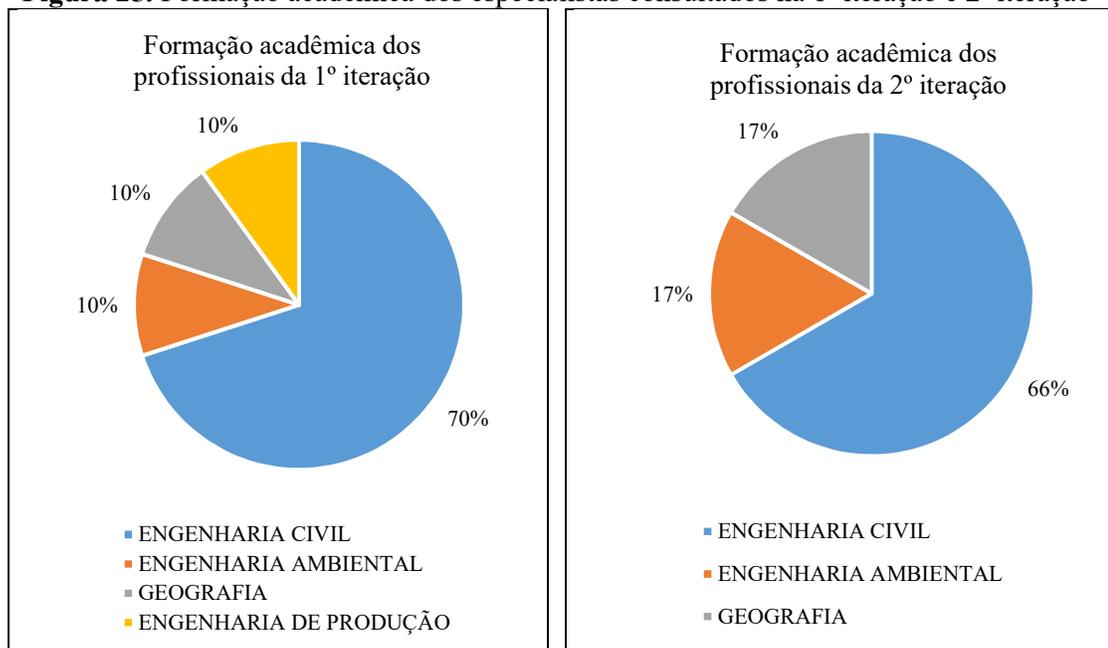
#### 4.1.1 Avaliação do tamanho e composição dos painéis

A avaliação da amostragem realizada nesta pesquisa Delphi passa, necessariamente, pela avaliação do tamanho e da composição dos painéis. As informações dos especialistas entrevistados, coletadas a partir do questionário, permitem caracterizar os profissionais pela

área de conhecimento e tempo de atuação profissional. A Figura 25 demonstra os percentuais da formação acadêmica dos especialistas participantes.

Inicialmente, quanto às áreas de conhecimento dos especialistas consultados, verificou-se que, em ambos os painéis, aponta o predomínio de profissionais com formação acadêmica em engenharia, os quais corresponderam a 90% (n=9) do total dos integrantes na primeira iteração do exercício Delphi. Registrou-se, ainda que em menor número, a participação de profissionais de outras áreas.

**Figura 25.** Formação acadêmica dos especialistas consultados na 1ª iteração e 2ª iteração



Fonte: O Autor (2017)

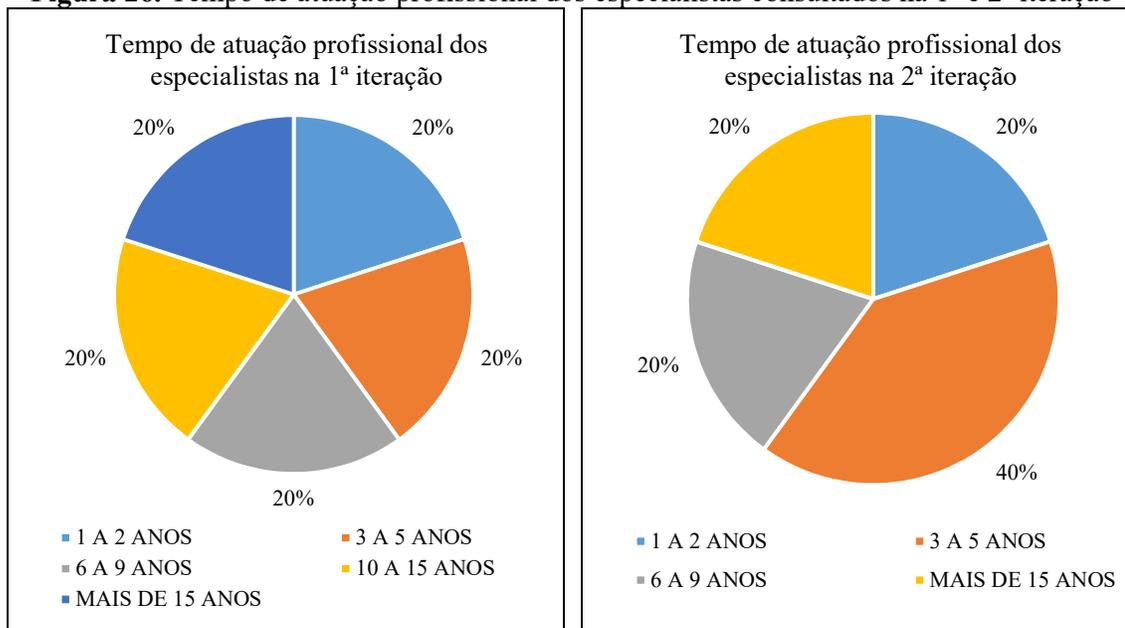
Para a 2ª iteração do questionário Delphi, na qual o grupo foi reduzido para 6 especialistas, assim como observado no primeiro *round*, houve o predomínio de profissionais com formação acadêmica em Engenharia.

É válido considerar, conforme delimitado o grupo de especialistas pelo procedimento metodológico, que o resultado obtido pela participação destes profissionais já era esperado, uma vez que estas áreas de formação são mais recorrentes em trabalhos relacionados ao planejamento, concepção, avaliação, implantação e execução de empreendimentos imobiliários. Além disto, o tamanho da amostra pode variar em função do tema investigado e objetivo proposto, sendo tanto maior quanto mais complexo forem as questões de análise envolvidas.

Ressalta-se que é possível que os pesos atribuídos aos indicadores pelos especialistas sejam influenciados pelo perfil profissional, isto é, a prevalência de engenheiros nos painéis do Delphi pode ter conduzido a uma avaliação mais pragmática dos indicadores propostos, ou mesmo, limitada sobre outras possíveis interpretações. Todavia, há de se reconhecer que o campo de conhecimento das engenharias é bastante vasto.

Em relação ao tempo de experiência dos especialistas, os resultados demonstraram igual distribuição em número para todas as faixas de tempo de atuação profissional na 1ª iteração. Um maior percentual de profissionais com 3 a 5 anos de atuação profissional participou do painel Delphi no 2º *round*. Os resultados do percentual de tempo de atuação profissional dos especialistas consultados na 1ª e 2ª iteração são demonstrados na Figura 26.

**Figura 26.** Tempo de atuação profissional dos especialistas consultados na 1º e 2º iteração



Fonte: O Autor (2017)

Ressalta-se que com os dados obtidos para o tempo de atuação profissional dos especialistas participantes, a qualidade na avaliação dos indicadores propostos pode ter influência quanto ao tempo de atuação profissional observado, isto é, sugere-se que profissionais com maior tempo de atuação profissional sob a perspectiva de experiência profissional, podem avaliar com maior critério os indicadores adotados quanto a sua aplicabilidade em relação ao objetivo proposto. No entanto, se faz importante considerar que profissionais com menor tempo de atuação profissional possuem menores vícios.

#### 4.1.2 Resultados dos indicadores ponderados com auxílio do método Delphi

Após o recebimento dos questionários respondidos durante a 1ª iteração do Delphi, procedeu-se à exportação dos dados e a conferência dos resultados, com a finalidade de se verificar os pesos atribuídos pelos especialistas para os indicadores propostos, calculados a partir do sistema de pontuação adotado, bem como a média, mediana, desvio-padrão e o coeficiente de variação.

A seguir, são apresentados os resultados da avaliação dos questionários pelos especialistas, conforme dados obtidos na 1ª iteração. Pela análise das informações apresentadas na Tabela 6, é possível verificar pouca variação nos pesos referentes ao grupo Sustentabilidade.

**Tabela 6.** Pesos arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 1ª iteração

Grupo	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3	Esp. 4	Esp. 5	Esp. 6	Esp. 7	Esp. 8	Esp. 9	Esp. 10
Sustentabilidade	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,50	3,05	3,50	4,50	3,00
Águas urbanas	5,00	4,33	1,67	5,00	5,00	5,00	5,00	3,67	5,00	5,00
Características das águas	5,00	5,00	2,33	3,67	3,67	3,67	4,33	3,67	3,00	3,00

Fonte: O Autor (2017)

Pelos especialistas 4, 6 e 10 verifica-se que os pesos arbitrados são bastante similares, demonstrando uniformidade de opiniões em relação ao grupo. Para o especialista 3, verifica-se as menores médias, especialmente para os grupos Águas urbanas e Características das águas.

No que se refere aos grupos Águas urbanas e Características das águas, o coeficiente de variação entre os valores arbitrados foi superior, demonstrando maior variação nos interesses pelos especialistas consultados na 1ª iteração (Tabela 7).

**Tabela 7.** Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 1ª iteração

Grupo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Coeficiente de variação (%)
Sustentabilidade	3,50	3,50	0,40	11,43
Águas urbanas	4,47	5,00	0,75	16,72
Características das águas	3,73	3,67	0,63	16,79

Fonte: O Autor (2017)

Em análise dos resultados apresentados na Tabela 8, na qual se demonstra o tratamento estatístico realizado para os valores arbitrados para os indicadores conforme avaliação dos

especialistas, verifica-se menor coeficiente de variação para o indicador  $I_{AU1}$  (7,50%) em relação aos demais indicadores, com valor médio de coeficiente de variação calculado em 25,02%.

**Tabela 8.** Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os indicadores na 1ª iteração

Grupo	Indicador	Média	Mediana	Desvio-padrão	Coeficiente de variação (%)
Sustentabilidade	$I_{A1}$	3,0	3	0,40	13,33
	$I_{A2}$	3,6	3	1,12	31,11
	$I_{SC1}$	3,8	4	1,20	31,58
	$I_{EC1}$	3,6	3	0,84	23,33
Águas urbanas	$I_{AU1}$	4,8	5	0,36	7,50
	$I_{AU2}$	4,4	5	0,96	21,82
	$I_{AU3}$	4,2	5	1,12	26,67
Características das águas	$I_{CA1}$	4,4	5	0,84	19,09
	$I_{CA2}$	3,0	3	0,80	26,67
	$I_{CA3}$	3,8	4	1,20	31,58

Fonte: O Autor (2017)

De forma geral, os desvios-padrão foram maiores para os indicadores  $I_{SC1}$  e  $I_{CA3}$ , seguido dos indicadores  $I_{A2}$  e  $I_{AU3}$ . Quanto aos indicadores que compõem o grupo Águas urbanas, é possível observar pela mediana, a ponderação de um maior grau de importância para estes indicadores.

De posse destes resultados, procedeu-se então à organização de uma síntese dos resultados do questionário, para a segunda iteração do painel Delphi. O objetivo da 2ª rodada do exercício Delphi foi dar oportunidade aos especialistas para revisão dos pesos atribuídos.

Os resultados dos pesos estabelecidos pelos especialistas na 2ª iteração estão sumarizados na Tabela 9. É possível observar pelos valores médios calculados para os grupos, valores iguais dos grupos Águas urbanas e Características das águas para os especialistas 1 e 6, e o mesmo ocorrendo para os especialistas 3 e 4.

**Tabela 9.** Pesos arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 2ª iteração

Grupo	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3	Esp. 4	Esp. 5	Esp. 6
Sustentabilidade	2,50	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00
Águas urbanas	5,00	4,33	3,67	3,67	4,33	5,00
Características das águas	3,00	3,67	3,67	3,67	2,33	3,00

Fonte: O Autor (2017)

A partir dos resultados sintetizados na Tabela 10, verifica-se menor média do grupo Sustentabilidade com média de 3,08 dos pesos atribuídos, seguido do grupo Características das águas e Águas urbanas, com média de 3,22 e 4,33, respectivamente. Estes resultados apontam um grau de importância maior arbitrado para o grupo Águas urbanas sobre o grupo Sustentabilidade e Características das águas.

**Tabela 10.** Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os grupos de análise na 2ª iteração

Grupo	Média	Mediana	Desvio-padrão	Coefficiente de variação (%)
Sustentabilidade	3,08	3,00	0,30	9,90
Águas urbanas	4,33	4,33	0,44	10,26
Características das águas	3,22	3,33	0,44	13,80

Fonte: O Autor (2017)

Por sua vez, quanto à avaliação do conjunto de indicadores avaliados no 2º round, fica evidenciado pelos resultados demonstrados na Tabela 11 a existência de consenso entre os especialistas quanto ao indicador  $I_{AU1}$ , o qual verifica a forma de atendimento do empreendimento imobiliário pelo sistema de abastecimento de água.

**Tabela 11.** Estatística básica dos valores arbitrados pelos especialistas para os indicadores na 2ª iteração

Grupo	Indicador	Média	Mediana	Desvio-padrão	Coefficiente de variação (%)
Sustentabilidade	$I_{A1}$	3,0	3	0,67	22,22
	$I_{A2}$	2,6	3	1,11	41,67
	$I_{SC1}$	4,0	4	1,00	25,00
Águas urbanas	$I_{EC1}$	2,6	3	1,11	41,67
	$I_{AU1}$	5,0	5	0	0
	$I_{AU2}$	4,3	5	0,89	20,51
Características das águas	$I_{AU3}$	3,6	3	0,89	24,24
	$I_{CA1}$	3,6	3	0,89	24,24
	$I_{CA2}$	3,6	3	0,89	24,24
	$I_{CA3}$	2,3	3	0,89	38,10

Fonte: O Autor (2017)

Destaca-se que os especialistas participantes da 2ª iteração efetuaram alterações na ponderação dos indicadores e outros mantiveram suas avaliações inalteradas. No entanto, é importante realçar que nem todas as alterações podem ser atribuídas à revisão dos pesos

arbitrados pelos especialistas no decorrer do processo Delphi, devido à redução do número de participantes de uma iteração para outra, o que influi diretamente nos pesos.

Com os resultados obtidos ao final da 2ª iteração, foi possível a verificação do Nível de Importância (NI) para os indicadores propostos e ponderados pelos especialistas (Tabela 12).

Quanto ao Nível de Importância (NI), observa-se pela Tabela 12 a variação percentual registrada para os indicadores propostos. O NI referente ao indicador  $I_{AI}$  não apresentou variação percentual nas duas iterações. Os indicadores  $I_{CA3}$ ,  $I_{A2}$  e  $I_{EC1}$  experimentaram variação de redução de 29,34%; 22,67% e 18,67%, respectivamente, indicando a manutenção de divergência dos indicadores quanto ao grau de importância entre os especialistas consultados na 2ª iteração, tal como para os indicadores  $I_{AU2}$ ,  $I_{AU3}$ ,  $I_{CA1}$ .

**Tabela 12.** Resultado do Nível de Importância do painel Delphi

Indicador	Nível de Importância (Ni) (%)		Nível de importância médio	Variação percentual (%)
	1ª iteração	2ª iteração		
$I_{AI}$	60	60	60	0
$I_{A2}$	76	53,33	64,66	22,67
$I_{SCI}$	76	80	78	-4,00
$I_{EC1}$	72	53,33	62,66	18,67
$I_{AU1}$	96	100	98	-4,00
$I_{AU2}$	88	86,66	87,33	1,34
$I_{AU3}$	84	73,33	78,66	10,67
$I_{CA1}$	88	73,33	80,66	14,67
$I_{CA2}$	60	73,33	66,66	-13,33
$I_{CA3}$	76	46,66	61,33	29,34

Fonte: O Autor (2017)

Apesar das alterações observadas nos pesos atribuídos, verifica-se um alto grau de importância conferido ao indicador  $I_{AU1}$ , o qual relaciona-se à forma de abastecimento público, o que pode sugerir que os especialistas consultados consideram ser um importante indicador para avaliação projetos de empreendimento imobiliários.

Após a análise dos resultados da 1ª e 2ª iterações pelo método Delphi, determinou-se os pesos finais para os indicadores propostos. Os pesos atribuídos pelos especialistas consultados foram calculados pela média de cada indicador obtida na primeira e segunda rodada e estão apresentados no Quadro 6, conforme seu grupo e critério associado.

**Quadro 6.** Peso médio atribuído aos indicadores pelos profissionais consultados

Grupo	Critério	Indicador	Peso médio
Sustentabilidade	Ambiental	Criação e preservação de habitats – $I_{A1}$	3,00
		Impacto paisagístico - $I_{A2}$	3,13
	Social	Criação de áreas de recreação, parques e de equipamentos comunitários - $I_{SC1}$	3,13
	Econômico	Desapropriação de áreas – $I_{EC1}$	3,90
Águas urbanas	Abastecimento	Forma de abastecimento – $I_{AU1}$	4,90
	Esgotamento	Forma de esgotamento sanitário– $I_{AU2}$	4,37
	Drenagem	Percentual de atendimento pela drenagem pluvial – $I_{AU3}$	3,93
Características	Qualidade	Possibilidade de contaminação e transmissão de doenças – $I_{CA1}$	4,03
	Quantidade	Elemento de controle – $I_{CA2}$	3,33
	Alteração do regime	Recarga - $I_{CA3}$	3,07

Fonte: O Autor (2017)

Observa-se que indicadores relacionados à infraestrutura de abastecimento de água ( $I_{AU1}$ ) e esgotamento sanitário ( $I_{AU2}$ ), assim como o indicador de possibilidade de contaminação ( $I_{CA1}$ ) resultaram em maiores pesos médios. Tal resultado pode inferir em uma maior preocupação pelos especialistas consultados quanto à saúde da população do loteamento, uma vez que, a depender do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário adotados, pode aumentar ou diminuir os riscos de contaminação.

#### 4.1.3 Sugestões decorrentes da aplicação do questionário

Tendo em vista os temas abordados nesta pesquisa junto aos especialistas consultados, alguns profissionais apresentaram sugestões ou comentários para modificação do questionário elaborado.

Foi ressaltada a importância da verificação da impermeabilização pela ocupação dos lotes, que conseqüentemente amplia o volume escoado para o sistema de drenagem das vias públicas. Sugeriu-se a adição de um indicador relacionado à impermeabilização e contribuição dos lotes individuais.

A verificação deste indicador pode ser incluída para a avaliação de loteamento, no entanto, implica na verificação do tamanho do lote e no coeficiente de impermeabilização

permitido para cada municipalidade. Além disto, nas unidades individuais, após a construção das edificações podem ser previstas a utilização de técnicas compensatórias, como o aproveitamento das águas pluviais, poços de infiltração, manutenção de vegetação dentro do lote, variáveis que influenciam na aferição de indicadores relacionados aos sistemas de drenagem.

Desse modo, julga-se que seria mais apropriada a inclusão e a avaliação desse indicador em estudo pós-ocupação do loteamento, em processo de ocupação ou em final de plano, de forma a verificar e acompanhar o volume de água pluvial escoado.

Vale ressaltar que o método apreciado nesta pesquisa pode ser proposto para avaliações em loteamentos do tipo “Minha Casa, Minha Vida” (MCMV), quando o empreendimento se encontra em fase de projeto, uma vez que pode ser mais facilmente monitorado, pelo qual as edificações e possíveis técnicas alternativas adotadas seguem um padrão de construção pré-determinado.

Outro especialista relatou ser suficiente o número de indicadores propostos, uma vez que o processo de avaliação em fase de projeto se torna mais simples. No entanto, este mesmo profissional considerou ser o tema muito amplo, isto é, considera sistemas de abastecimento, esgotamento e drenagem, o qual deveria ser segmentado e os indicadores serem tratados separadamente.

Por fim, apesar de serem feitas sugestões para enriquecimento desta pesquisa, nenhum especialista foi contrário aos indicadores propostos. Ademais, deve-se observar as fontes de informações disponíveis para a proposição de indicadores, isto é, pode-se propor a avaliação de determinado critério por um indicador, no entanto, pode-se ter deficiências nas fontes de dados, o que pode não refletir fielmente o cenário em análise.

## 4.2 ESTUDO DE CASO

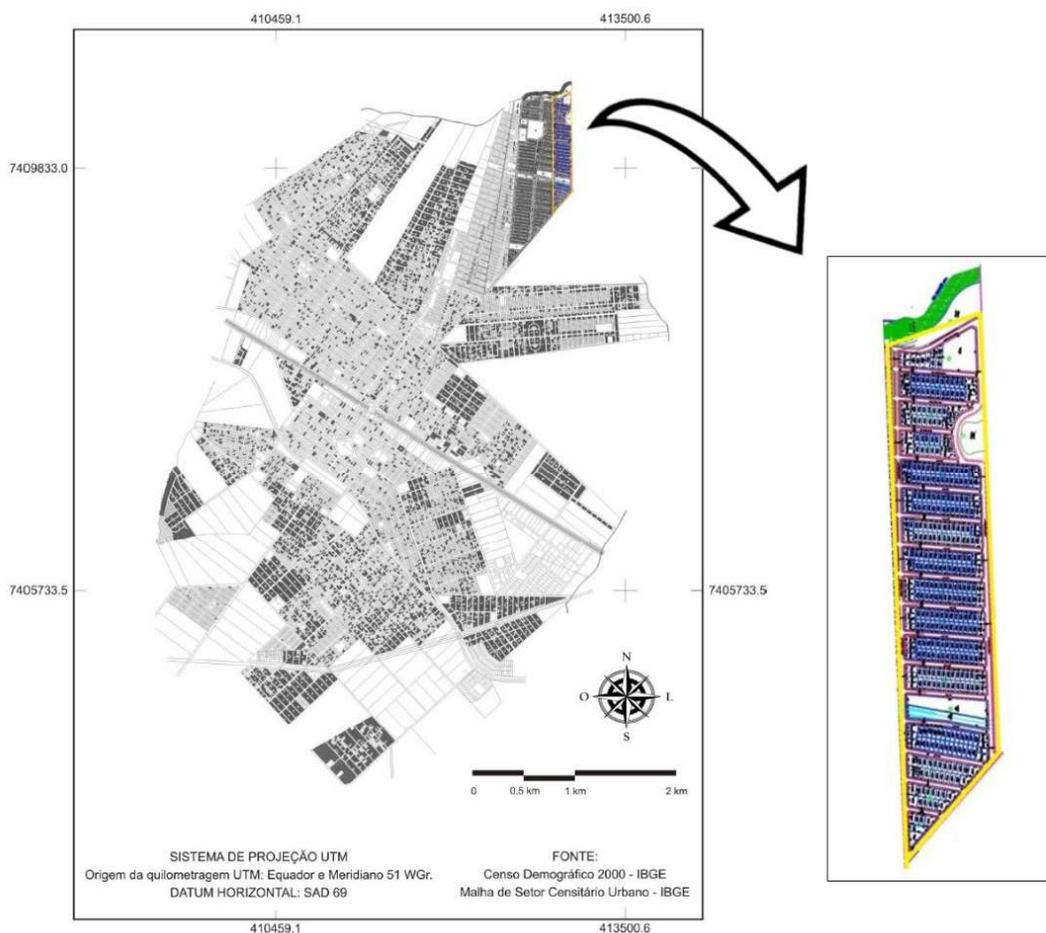
Para validação dos indicadores propostos, considerou-se a aplicação em um empreendimento imobiliário. Sendo assim, foi realizado um estudo de caso correspondente a um projeto desenvolvido para uma área real. Este estudo é apresentado a seguir.

#### 4.2.1 Loteamento “Jardim Aurora III”

Esta área corresponde a um loteamento no Município de Sarandi. O loteamento “Jardim Aurora III” tem sua localização prevista na área de expansão urbana, com uso e ocupação do solo predominantemente residencial, com uma área total de 22,022 hectares, com a previsão de 382 lotes com área média de 300 m<sup>2</sup>, destinados à ocupação por residências unifamiliares. Além destas unidades estão previstas áreas institucionais destinadas à implantação de espaços abertos públicos e outros equipamentos públicos comunitários.

A região é drenada pelo córrego Guaiapó, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Pirapó. Trata-se de uma região plana, apresentando pouca declividade e com predominância de solo argiloso com elevada permeabilidade. A Figura 27 apresenta a localização do loteamento Jardim Aurora III.

**Figura 27.** Localização do loteamento Jardim Aurora III em relação à malha urbana do Município de Sarandi, Paraná



Fonte: Adaptado de Freire (2009)

A região, à época da concepção do projeto em questão, encontrava-se em uma área não urbanizada, sendo o solo da área do loteamento utilizado para fins agrícolas, assim como o entorno direto (Figura 28). No entanto, mais recentemente, ressalta-se forte avanço de empreendimentos imobiliários aprovados para ocupação desta região e a expansão da malha urbana de Sarandi, conforme informações levantadas.

**Figura 28.** Aspecto geral da área do empreendimento pré-urbanização



Fonte: O Autor (2017)

#### 4.2.2 Avaliação do empreendimento pelos indicadores propostos

A seguir serão apresentados os resultados obtidos pela avaliação dos indicadores propostos.

- **Criação e preservação de habitats –  $I_{AI}$**

A quantificação das áreas de criação de preservação de habitats foi realizada através da análise do projeto geométrico das áreas destinadas a Área de Preservação Permanente (APP) e área de fragmento florestal.

De acordo com o diagnóstico, a APP em estado pré-urbanização possui área de aproximadamente 6.237,00 m<sup>2</sup>, e 1.483,00 m<sup>2</sup> de área degradada, isto é, sem vegetação e em desacordo com os preceitos sobre a largura mínima da faixa de vegetação para o rio. Por sua vez, o fragmento florestal possui aproximadamente 4.176 m<sup>2</sup>. Desta forma, a área ecologicamente apta ( $A_{apta1}$ ) antes a implantação do empreendimento possui área total de 10.413 m<sup>2</sup>.

Conforme informações constantes no projeto técnico, é prevista a supressão da vegetação de uma faixa da Área de Preservação Permanente para a construção de emissário e do dissipador de energia do sistema de drenagem. No entanto, essas áreas são objetos de recuperação da flora. Portanto, considerando a recuperação florestal desta faixa de vegetação,

a APP deverá possuir área de 7.810,40 m<sup>2</sup> e o fragmento florestal terá sua área ampliada em relação ao cenário pré-urbanização, em 13,57%. Na Tabela 13 são apresentadas as áreas em cenários pré-urbanização e cenário projetado.

**Tabela 13.** Áreas de destinadas à criação e preservação de habitats, no cenário pré-urbanização e cenário projetado

Cenário	Área de Preservação Permanente (APP) (m <sup>2</sup> )	Fragmento florestal (m <sup>2</sup> )	Total
Atual	6.237,00	4.176,00	10.413,00
Projetado	7.810,40	4.831,57	12.641,97

Fonte: O Autor (2017)

Verifica-se, pela Tabela 13, que serão preservados o total das áreas destinadas à preservação de habitats e aumentadas em 2.228,97 m<sup>2</sup> no cenário projetado. Desta forma, o indicador  $I_{A1}$  calculado pela Equação [5] resulta em 0,22.

- **Impacto paisagístico -  $I_{A2}$**

O indicador foi avaliado pela confrontação das informações de projeto para as áreas de uso público: áreas verdes, áreas institucionais e do sistema viário, e o mínimo estipulado no Plano Diretor Municipal de Sarandi.

De acordo com o Art. 79 do Plano Diretor Municipal de Sarandi (SARANDI, 2009), que trata das dimensões mínimas destinadas ao uso público nos loteamentos, quais sejam: área verdes, institucionais e do sistema viário, para o Solo Urbano de Uso Misto (SU-UM/1), Estritamente Residencial (SU-ER), Predominantemente Residencial (SU-PR), assim como de Interesse Social (SU-IS/1), devem ser de no mínimo 35% da área da gleba a ser loteada, observando as reservas mínimas para áreas institucionais e áreas verdes de 5% cada.

As informações de projeto, assim como do percentual de área destinada para o município e o mínimo estipulado conforme o Plano Diretor, estão apresentados na Tabela 14. Verifica-se o atendimento integral dos percentuais mínimos destinados para o município conforme estipulados pelo Plano Diretor.

**Tabela 14.** Comparativo de áreas destinadas ao uso público

<b>Discriminação</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área destinada para o município (%)</b>	<b>Mínimo estipulado (%)</b>
Área total (m <sup>2</sup> )	220.220,00	-	-
Áreas mínimas de uso público - vias	77.585,97	36,23	35
Área institucional	11.068,70	5,03	5
Área verde	13.032,58	5,92	5

Fonte: O Autor (2017)

Conforme os preceitos de avaliação proposto por Castro (2007), este indicador é realizado de forma subjetiva, e a ele é arbitrado o maior valor numérico da escala proposta quando se tem a adequação completa ao estipulado em lei.

Assim, apesar do acréscimo percentual ser pequeno em relação ao mínimo estipulado, o indicador tomará o valor máximo da escala, sendo igual a 0,7.

- **Criação de áreas de recreação, parques e equipamentos urbanos – *I<sub>SCI</sub>***

A avaliação do projeto do empreendimento imobiliário foi realizada pelo indicador e verificou-se a criação e destinação de áreas à recreação, parques e equipamentos urbanos. Pelas condições observadas, tomou-se valor igual a 1 para este indicador, devido à previsão de criação de áreas de recreação e equipamentos urbanos.

- **Desapropriação de áreas – *I<sub>ECI</sub>***

O indicador *I<sub>ECI</sub>* foi avaliado de acordo com a perda de áreas destinadas a áreas verdes ou institucionais reservadas à municipalidade, por desapropriação para a instalação de infraestrutura sanitária.

O projeto prevê a criação e doação de 24.101,28 m<sup>2</sup> de áreas verdes e institucionais. No entanto, foi necessária a desapropriação de 8.201,01 m<sup>2</sup> desta área para a construção de uma bacia de retenção, sendo assim, um impacto negativo sob o ponto de vista econômico, uma vez que este elemento de controle de vazão das águas de drenagem não é previsto o seu uso misto e integrado, como por exemplo, áreas recreativas, de lazer e convívio social. Em outras palavras, a área desapropriada torna-se ociosa, perdendo sua função como elemento de controle em períodos prolongados de estiagem.

Desta forma, o *I<sub>ECI</sub>* calculado pela Equação [6], resultou em valor igual a -0,34.

$$I_{EC1} = \frac{24.101,28 - 8.201,01}{24.101,28} - 1,0 \quad [6]$$

Em que:

$A_{des}$ : 24.101,28 m<sup>2</sup>

$A_{maxdes}$ : Maior área a ser desapropriada. 8.201,01 m<sup>2</sup>

- **Forma de abastecimento –  $I_{AU1}$**

Este indicador trata da forma adotada para o abastecimento público. Para o loteamento *Jardim Aurora III*, não diferente dos demais loteamentos consolidados do Município de Sarandi, o abastecimento público se dará pela captação de água de manancial subterrâneo. Conforme condições expostas para este indicador, devido à forma de atendimento do abastecimento público o  $I_{AU1}$  tem o valor arbitrado de 0,5.

- **Forma de esgotamento sanitário–  $I_{AU2}$**

Em consulta ao órgão técnico de saneamento do município, informou-se acerca do parecer favorável pela viabilidade técnica de atendimento do empreendimento Jardim Aurora III pela rede de coleta de esgotos, que terá o efluente tratado na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE. Desta forma, ao indicador de esgotamento sanitário para o projeto do loteamento é atribuído o valor igual a 1, sendo a melhor alternativa dentre as propostas de avaliação.

- **Percentual de atendimento pela drenagem pluvial –  $I_{AU3}$**

Para avaliação do atendimento do loteamento pelo sistema de drenagem pluvial, verifica-se a previsão de instalação da rede de drenagem em todas as vias do empreendimento.

Assim, o indicador  $I_{AU3}$ , calculado conforme Equação [7], obteve o valor de 100% de atendimento pela rede de drenagem pluvial.

- **Possibilidade de contaminação e transmissão de doenças –  $I_{CA1}$**

Este indicador avaliou a possibilidade de contaminação e transmissão de doenças relacionadas às infraestruturas sanitárias, ou melhor, às possíveis formas de contaminação da água de abastecimento, esgotamento sanitário ou drenagem pluvial.

Vale ressaltar que tais infraestruturas sanitárias podem apresentar falhas, seja pela ruptura da tubulação da rede de abastecimento de água, entupimento e extravasamento de

esgoto ou inundações pontuais pela ineficiência do sistema de drenagem. Não obstante, este indicador é melhor avaliado quando os sistemas se encontram instalados e em funcionamento.

Na avaliação presente, se considerou a possibilidade de contaminação pelo esgoto sanitário pelo sistema adotado em relação a um retrato atual da forma de esgotamento, isto é, a considerar que um grande percentual da população do Município de Sarandi realiza o tratamento do esgoto por fossa séptica e sumidouro, quando não por fossas rudimentares. Apesar dos sistemas primários de tratamento de esgoto realizado pelas fossas sépticas e filtros biológicos apresentarem eficiência aceitável, esses no decorrer do tempo podem acolmatar, reduzindo a qualidade do tratamento.

Assim, as possibilidades de contaminação do solo e do lençol freático do loteamento Jardim Aurora III são reduzidas, uma vez que a coleta do efluente é realizada em rede, e os volumes infiltrados são substancialmente menores, quando comparados ao sistema amplamente adotado pela população da cidade.

- **Elemento de controle –  $ICA_2$**

Conforme previsto em projeto, o loteamento Jardim Aurora III será dotado de uma bacia de detenção para controle e redução do pico de vazão à jusante. O indicador é arbitrado com valor 1, conforme definido para avaliação do parâmetro.

- **Recarga do aquífero -  $ICA_3$**

O indicador foi calculado pela área disponível pré-urbanização ( $A_{nat}$ ) e a área de infiltração ( $A_{mf}$ ) disponível para a instalação do sistema alternativo de drenagem. O indicador, calculado conforme Equação [8], obteve valor final igual a -0,96, com valor do parâmetro compreendido entre no intervalo de [-1; 1].

#### **4.2.3 Cálculo dos indicadores**

As notas obtidas conforme critérios de avaliação dos indicadores foram sintetizadas na, Quadro 7 sendo calculada a nota final da avaliação do projeto do loteamento pelo produtório entre peso atribuído pelos especialistas aos indicadores e a nota obtida pelo indicador.

**Quadro 7.** Resultado da avaliação do projeto pelos indicadores propostos e a nota atribuída

Grupo	Critério	Indicador	Peso atribuído	Nota	Resultado
Sustentabilidade	Ambiental	$I_{A1}$	3,00	0,22	0,66
		$I_{A2}$	3,13	0,7	2,19
	Econômico	$I_{EC1}$	3,90	-0,34	-1,32
	Social	$I_{SC1}$	3,13	1	3,13
Águas urbanas	Abastecimento	$I_{AU1}$	4,90	0,5	2,45
	Esgotamento	$I_{AU2}$	4,37	1	4,37
	Drenagem	$I_{AU3}$	3,93	1	3,93
Características das águas	Qualidade	$I_{CA1}$	4,03	0,5	2,01
	Quantidade	$I_{CA2}$	3,33	1	3,33
	Alteração do regime	$I_{CA3}$	3,07	-0,96	-2,95

Fonte: O Autor (2017)

A partir dos resultados demonstrados no Quadro 7 fica evidenciado que o grupo Águas Urbanas obteve maior resultado pelos indicadores avaliados. Apesar do indicador  $I_{AU1}$ , que se refere ao abastecimento de água obter maior peso atribuído, o indicador  $I_{AU2}$  obteve maior nota final.

Observam-se os valores negativos registrados para os indicadores  $I_{SC1}$  e  $I_{CA3}$ , que correspondem aos impactos negativos referentes aos critérios Econômico e Alteração do regime, respectivamente. É válido considerar que esses indicadores estão interligados, e referem-se à desapropriação da área para a instalação do sistema alternativo de controle de águas pluviais. Ainda assim, para o contexto geral do loteamento, o critério Econômico obteve sua pontuação negativa em função da necessidade de implantação de uma bacia de detenção. Observa-se que além disso, o critério Alteração do regime obteve para o indicador resultado negativo.

Por estes indicadores, verifica-se que a solução adotada para a drenagem pluvial pode não ser a mais adequada para as características do loteamento, visto que, além da necessidade desapropriação da área ( $I_{EC1}$ ), também os critérios de avaliação definidos para o indicador ( $I_{CA3}$ ) foram negativos. No entanto, essa hipótese deve ser melhor investigada para verificar tal correlação.

#### 4.3 AVALIAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS PELO MODELO AURB/ANP

Nesta seção apresenta-se a avaliação referente ao loteamento Jardim Aurora III, realizada pelo decisor a partir do modelo AUrb/ANP.

### 4.3.1 Cenários definidos

O local de implantação do loteamento Jardim Aurora III encontra-se em área de expansão urbana. Desta forma, conforme já mencionado, a intervenção causada pela implantação do loteamento pode melhorar ou piorar a região sob o aspecto das águas urbanas. Destaca-se que mesmo que a implantação do loteamento impacte positivamente a região, o projeto pode não atender às melhores configurações, se comparado a um cenário de situação desejável.

Desta forma, para realizar a avaliação, é necessário o estabelecimento do cenário desejável. No entanto, apesar de o cenário desejável ser uma caracterização fictícia, porém plausível da melhor situação identificada por meio das informações disponíveis, o cenário desejável pode conter diferentes interpretações.

Assim, o projeto do empreendimento do Jardim Aurora III foi avaliado em relação a um cenário desejável, e os impactos sobre as águas urbanas comparados com o cenário atual. Dessa maneira, para o desenvolvimento do estudo referente ao empreendimento imobiliário em pauta foram considerados os seguintes cenários possíveis, sendo:

a) **Cenário atual:** A área do loteamento possui características agrícolas, sem a impermeabilização do solo, não realiza a captação de água para irrigação e não produz efluentes domésticos.

b) **Cenário projetado:** Este cenário representa as características do projeto avaliado. Este cenário foi modelado com a previsão de drenagem por meio de galerias independentes, com a previsão de sarjetas em concreto direcionando a água pluvial superficial captada até as bocas de lobo, cuja finalidade é recolher as águas e, por meio de condutos de ligação nas galerias independentes, conduzir as águas até a bacia de retenção, para posterior lançamento com um único exutório de jusante.

Quanto ao Sistema de Abastecimento de Água, o *Jardim Aurora III* será atendido por rede de abastecimento público, sendo a água captada por poço tubular profundo e o seu tratamento realizado por simples cloração, sob a responsabilidade da autarquia de Serviço Municipal de Saneamento Ambiental Águas de Sarandi.

O esgotamento sanitário do empreendimento, diferentemente da expressiva parcela de loteamentos consolidados do Município de Sarandi, é atendido por rede de coleta de esgoto sanitário, o qual é interligado a um interceptor e conduz o efluente por

gravidade até a Estação de Tratamento de Efluentes - Norte, recentemente inaugurada.

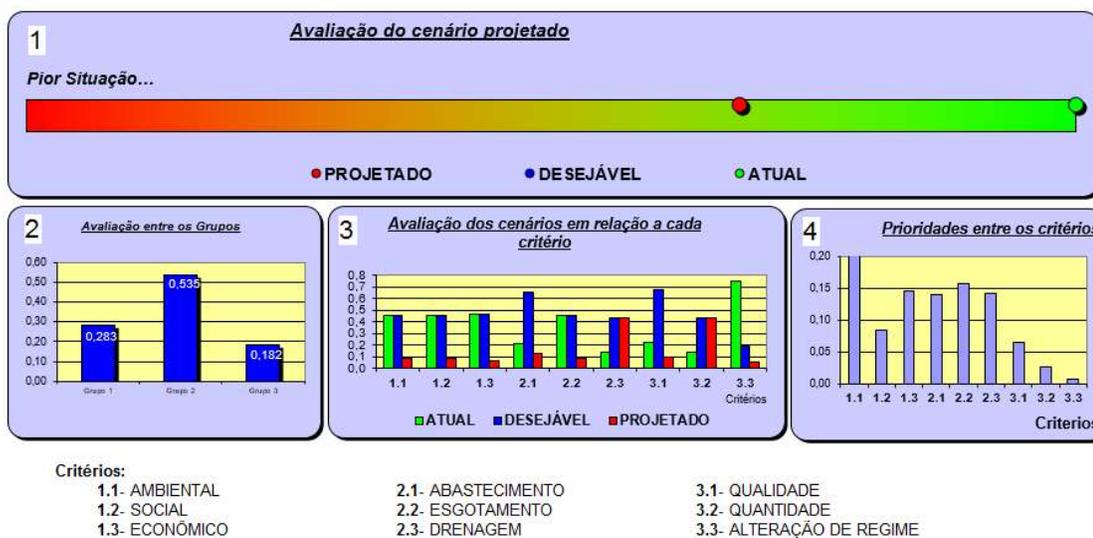
Além das infraestruturas sanitárias citadas, o projeto prevê a recuperação e isolamento da Área de Preservação Permanente, além da criação de áreas verdes municipais e institucionais.

- c) **Cenário desejável:** Representa o melhor equilíbrio entre as características do projeto e da região, visando à redução dos impactos negativos sobre as águas urbanas locais causados pela implantação do empreendimento.

#### 4.3.2 Resultados gráficos obtidos pelo modelo AUrb/ANP

As planilhas do modelo AUrb/ANP retornada pelo decisor, após a conclusão das fases da sistemática de avaliação do modelo AUrb/ANP, encontram-se disponibilizadas no Apêndice C. A partir dos resultados gráficos obtidos (Figura 29), foi possível verificar pontos favoráveis e críticos do projeto do Jardim Aurora III, conforme julgamento do especialista avaliador.

**Figura 29.** Resultados gráficos da avaliação do loteamento Jardim Aurora III



Fonte: O Autor (2017)

A área de implantação do loteamento corresponde a uma área não urbanizada, que até então conserva características para uso agrícola. Desta maneira, por meio da escala do Gráfico 1, o cenário desejável é igual ao cenário atual, uma vez que as características do cenário

desejável, em termos de possíveis impactos causados pela urbanização, tomam como referência o cenário com suas características naturais.

Entretanto, tomando como base a posição relativa do cenário projetado, ainda que próximo dos cenários atual e desejável, em uma zona gráfica de “melhor situação”, indica que a implantação do loteamento irá causar algum tipo de impacto, dentre os critérios avaliados, em relação aos outros cenários de comparação. Da avaliação dos grupos, pelo Gráfico 2, verifica-se uma maior importância para o grupo 2 - Águas urbanas, seguido do grupo 1 – Sustentabilidade e do grupo 3 – Características das águas.

O Gráfico 3, que trata da avaliação dos cenários em relação a cada critério, identifica os pontos mais críticos do projeto e permite o refinamento da proposta. Para o loteamento avaliado, o Gráfico 3 indica para o cenário projetado pior situação em todos os critérios avaliados, exceto para o critério Drenagem (2.3) e Quantidade (3.2), mensurados pelo indicador  $I_{AU3}$  e  $I_{CA2}$ , que trata do percentual de atendimento das vias pela da rede de drenagem e de elementos de controle.

É importante destacar que esses indicadores se relacionam com o ambiente construído, e que, contudo, a análise destes indicadores deve ser realizada com base no cenário desejável, o qual obteve igual importância ao cenário projetado, indicando que o sistema de drenagem e o elemento de controle adotados para o cenário projetado satisfazem às condições do cenário desejável. Ainda, diante dos resultados do Gráfico 3, verifica-se pelos critérios do cenário projetado que estes deveriam ser revistos, com o objetivo de reduzir os impactos produzidos pela implantação do loteamento.

Fica evidenciada, pelos critérios 2.1 (Abastecimento) e 3.1 (Qualidade), uma melhor situação para o cenário desejável em relação ao demais cenários. Frente ao critério Alteração do regime (3.3), é possível afirmar que as intervenções urbanas previstas para os cenários projetado e desejável, como impermeabilização do solo, indicam a necessária revisão para este critério.

Através do Gráfico 4 é realizada a análise de prioridade atribuídas aos critérios. Verifica-se a discrepância entre o critério Ambiental (1.1) e os critérios do grupo 3, quais sejam: Alteração de Regime (3.3), Quantidade (3.2) e Qualidade (3.1), respectivamente. Observa-se que apesar do grupo 2 obter maior importância entre os grupos, o critério Ambiental, o qual pertence ao grupo 1, possui prioridade entre todos os critérios do grupo com maior importância.

Observando o resultado obtido pelo gráfico 1, pelo cenário desejável se faz satisfatório preservar as mesmas características do cenário projetado do grupo 2 – Águas urbanas, que trata

dos sistemas de águas urbanas, quais sejam: abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de água pluvial.

Desta forma, em referência ao cenário desejável, pode-se realizar propostas de modificações ou adequação quanto a concepção urbanística adotada pelos critérios de avaliação dos grupos Ambiental e Características das águas, por exemplo com o uso misto de áreas de lazer e convívio social e áreas desapropriadas e destinadas para a instalação da infraestrutura alternativa de drenagem.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi propor a ponderação de indicadores de desenvolvimento sustentável utilizando o método Delphi e testar a sistemática de avaliação do modelo multicritério AUrb/ANP para um loteamento localizado no Município de Sarandi, recorrendo-se à avaliação de decisor para a área de estudo.

Com a realização desta pesquisa foi possível verificar que, em linhas gerais, as vantagens e desvantagens confirmaram-se com a implementação do método Delphi em plataformas virtuais (*web-Delphi*), isto é, foram obtidas altas taxas de abstenção, com valores similares aos reportados em literatura consultada, e superiores aos registrados com o emprego do Delphi convencional. Assim, pela baixa taxa de retorno do questionário pelos especialistas, requer do pesquisador um maior esforço amostral.

No entanto, o método Delphi utilizando plataforma virtual apresentou-se como uma eficiente ferramenta de pesquisa de opinião, pela rapidez e praticidade na exportação dos dados coletados em planilhas eletrônica, o que reduz substancialmente o tempo para digitação, tabulação e tratamento dos dados.

O processo de iteração do questionário pelo método Delphi foi uma etapa importante para o trabalho. Verificou-se pela ponderação dos indicadores propostos, a preferência por indicadores relacionados ao abastecimento e esgotamento sanitário, além daquele relacionado à minimização de contaminação. Aspectos não abordados na avaliação dos indicadores em um primeiro momento pelo autor puderam ser abordados a partir da observação e sugestões apresentadas pelos especialistas consultados. Assim, proporcionaram uma reflexão sobre determinado aspecto, visto que diferentes pontos de vista permitem vislumbrar novas perspectivas para o objetivo em análise.

Sob a avaliação dos especialistas, dentre os três critérios propostos para o grupo “Sustentabilidade”, o que apresentou maior valor ponderado foi o “Econômico” (3,90). Dentre os critérios do grupo “Águas urbanas”, o arbitrado com maior pontuação foi “Abastecimento” (4,90). Ainda, em relação aos critérios de avaliação das “Características das águas”, o com maior pontuação foi “Quantidade” (4,03). Ressalta-se que de forma geral, os indicadores relacionados ao grupo “Águas urbanas”, apresentaram maior valor arbitrado.

Pelos critérios de avaliação dos indicadores propostos, verifica-se que o melhor resultado para o indicador relacionado a “Forma de esgotamento sanitário” (4,37) e “Percentual de atendimento pela drenagem urbana” (3,93). Indicadores com menores valores foram

“Criação de áreas de recreação, parques e de equipamentos comunitários” e “Recarga”, com valores de -1,32 e 2,95, respectivamente.

Pelos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que a aplicação do modelo AUrb/ANP, utilizando informações de naturezas diversas é possível, indicando facilidade na análise de loteamentos com múltiplos critérios. O modelo utilizado apresentou aplicabilidade para a avaliação de empreendimentos imobiliários e aos indicadores propostos.

Empregando-se o modelo AUrb/ANP, e embasado no julgamento do decisor para os critérios de avaliação proposto, o cenário projetado para o loteamento foi desfavorável em referência aos cenários atual e desejável, indicado a possibilidade de alterações em projeto de forma a aproximar a situação projetada da ideal, sob o prisma do desenvolvimento sustentável, por exemplo com o uso misto de áreas de lazer e convívio social e infraestruturas alternativas de drenagem.

No entanto, uma das dificuldades encontradas na fase de avaliação dos critérios e indicadores versa sobre o alto grau de subjetividade na análise de importância dos elementos comparados na Rede de Controle pelo decisor, o que aumenta a probabilidade de diferentes interpretações sobre um mesmo tema, isto é, comparações de um mesmo critério por diferentes analistas, pode apresentar resultados diferentes. Assim, na fase de avaliações do modelo, é recomendável a análises realizadas por um grupo de decisores, o que pode minimizar os riscos de análises tendenciosas ou errôneas, representando assim uma desvantagem deste modelo de análise baseada em multicritérios.

Um dos pontos positivos do modelo AUrb/ANP refere-se ao resultado gráfico disponível ao final da avaliação dos elementos da Rede de Controle, o que auxilia o analista ou decisor a uma análise refinada, facilitando a visualização para modificações dos critérios em projeto e que colaborem para a melhoria de projeto de loteamento.

Por fim, análises e avaliações que incorporam critérios ambientais e sociais, sendo respaldada em pesquisas de opinião aproximam as questões técnicas dos projetos aos anseios da sociedade e contribui na implementação do desenvolvimento sustentável.

## 5.1 PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros sugere-se a proposição e inclusão de outros indicadores de desenvolvimento sustentável para a avaliação de loteamento urbanos, com escalas de avaliações e valores normalizados.

Torna-se relevante o envolvimento no método de pesquisa de opinião, especialistas de outros segmentos, como do setor público, privado e acadêmico, podendo ser considerado também a inclusão da população como parte dos sujeitos recrutados e entrevistados.

Desta forma, com a participação de diversos segmentos e o aumento do grupo amostral, de forma a manter o envolvimento e aderência dos participantes da pesquisa de opinião, sugere-se o envio de *feedback* da avaliação da área de estudo, além dos resultados e análises obtidos do produto final. E ainda, podendo ser formatados projetos formados com grupos de especialistas interessados e emissão de certificados de participação.

Se faz interessante a avaliação de outros loteamentos urbanos pelo modelo AUrb/ANP, sob diferentes características urbanísticas e ambientais, de forma a possibilitar a comparação da qualidade do projeto do loteamento e das infraestruturas das águas urbanas adotadas por cada projeto de expansão urbana, e assim colaborar para novas discussões e processos de decisão para a qualidade final da cidade.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A. S.; OLIVEIRA, I. B. de. Aplicação da metodologia de pesquisa Delphi, via internet, na seleção de parâmetros para elaboração de índices de qualidade de água. In: XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 2007.

AMBONI, G. **Método para gerenciamento integrado de bacia hidrográfica com adoção de indicadores sócio- econômico-ambientais**. 2011. 227 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2011.

ANTUNES, M. M. Técnica Delphi: metodologia para pesquisas em educação no Brasil. **Revista de Educação PUC-Campinas**, v. 19, n. 1, p. 63–71, 2014.

ARAÚJO, D. C. de. **Metodologia para apoio à decisão na gestão das águas pluviais urbanas combinando métodos multicritério e multidecisor**. 2016. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro De Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2016.

ARÊAS, D. B. **Métodos de estruturação de problemas e a extensão universitária**. 2011. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2011.

BAABOU, W.; GRUNEWALD, N.; OUELLET-PLAMONDON, C.; GRESSOT, M.; GALLI, A. The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation and policy implications. **Environmental Science and Policy**, v. 69, p. 94–104, 2017.

BAPTISTA, M.; CARDOSO, A. Rios e Cidades: uma longa e sinuosa história... **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124–153, 2013.

BARBOSA, A. **Indicadores de urbanismo sustentável para avaliação de loteamento urbanos**. 2001. 225 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2001.

BARROS, M. D. B.; RUFINO, I. A. A.; MIRANDA, L. I. B. de. Mecanismos poupadores de água como suporte ao planejamento urbano Water saving mechanisms supporting urban planning. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 251–262, 2016.

BIZ, C. F. M. **Análise ambiental do município de Floresta - PR: A aplicação de geoindicadores**. 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas e Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2009.

BONDUKI, N. **Habitat – As práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1997.

BOTTERO, M.; COMINO, E.; RIGGIO, V. Application of the Analytic Hierarchy Process and the Analytic Network Process for the assessment of different wastewater treatment systems. **Environmental Modelling and Software**, v. 26, n. 10, p. 1211–1224, 2011.

BOZKURT, A. **Multi-criteria decision making with interdependent criteria using prospect theory**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola de Ciências Naturais e Aplicadas, Universidade Técnica do Meio Leste, Ancara, 2007.

BRASIL. Decreto-Lei nº 58, de 10 de dezembro de 1937. Dispõe sobre o loteamento e a venda de terrenos para pagamento em prestações. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 dez. 1937.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 20 dez. 1979.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 fev. 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. 212 p.

BRENNER, N. A hinterlândia, urbanizada? **Revista Eletrônica de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 7, n. 25, p. 6–11, 2016.

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 e Produção**, v. 22, n. 4, p. 805–819, 2015.

BRITO, A. L.; BARRAQUÉ, B. Discutindo gestão sustentável da água em áreas metropolitanas no Brasil: reflexões a partir da metodologia europeia Water 21. **Cadernos Metrôpole**, v. 19, p. 123–142, 2008.

BRITO, F.; SOUZA, J. de. Expansão urbana nas grande metrópoles - O significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 4, p. 48–63, 2005.

BURN, S.; MAHEEPALA, S.; SHARMA, A. Utilising integrated urban water management to assess the viability of decentralised water solutions. **Water Science and Technology**, v. 66, n. 1, p. 113–121, 2012.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. 2011. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2011.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARDOSO, L. R. de A.; ABIKO, A. K.; HAGA, H. C. R.; INOUE, K. P.; GONÇALVES, O. M. Prospecção de futuro e Método Delphi: uma aplicação para a cadeia produtiva da construção habitacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 3, p. 63–78, 2005.

CARVALHO, F. R. de. **Aplicação de lógica paraconsistente anotada em tomadas de decisão na engenharia de produção**. 2006. 348 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2006.

CARVALHO, J. R. M. de; CURI, W. F.; LIRA, W. S. Processo participativo na construção de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas Processo participativo na construção de

indicadores hidroambientais. In: **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 31–80.

CARVALHO, R. C. de. **Gestão dos recursos hídricos: Conflito e negociação na questão das águas tranpostas da Bacia do Paraíba do Sul**. 2005. 215 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2005.

CASTRO, L. M. A. de. **Proposição de indicadores para a avaliação de sistemas de drenagem urbana**. 2002. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2002.

CASTRO, L. M. A. de. **Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água**. 2007. 321 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2007.

CASTRO, A. V.; REZENDE, M. A técnica Delphi e seu uso na pesquisa e enfermagem: revisão bibliográfica. **Revista Mineira de Enfermagem**, v. 13, n. 3, p. 429–434, 2009.

CERQUEIRA, L. F. F.; SILVA, L. P. da. Proposta metodológica para redesenho de comunidades informais - Construção da resiliência diante do estresse hídrico. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 43–62, 2016.

CHANG, J. The problematization of urban sprawl in the United States. 2006. Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:507802/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso em 20 mar 2017.

CHUNG, S. H.; LEE, A. H. I.; PEARN, W. L. Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator. **International Journal of Production Economics**, v. 96, n. 1, p. 15–36, 2005.

COSTA, P. J. da. **Parcelamento do solo urbano e seu registro imobiliário**. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2012.

DEPONTI, C. M. **Indicadores para avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local**. 2001. 165 f. Monografia (Especialização em Desenvolvimento Rural e Agroecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2001.

DUFFIELD, C. The Delphi technique: a comparison of results obtained using two expert panels. **International Journal Nursing Studies**, v. 30, n. 3, p. 227–237, 1993.

EKEL, P.; QUEIROZ, J.; PARREIRAS, R.; PALHARES, R. Nonlinear Analysis Fuzzy set based models and methods of multicriteria group decision making. **Nonlinear Analysis**, v. 71, n. 12, p. 409–419, 2009.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FANTINATTI, P. A. P. **ABORDAGEM MCDA COMO FERRAMENTA DE MUDANÇA DE PARADIGMA NO PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS**. 2011. 399 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2011.

FANTINATTI, P. A. P.; ZUFFO, A. C.; FERRÃO ARGOLLO, A. M. de. **Indicadores de sustentabilidade em engenharia: como desenvolver**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

FIGUEIREDO, L. C. A expansão urbana de Sarandi: Algumas considerações. **Boletim de Geografia**, v. 15, n. 1, p. 1–11, 1997.

FIGUEIREDO JUNIOR, M. O. **Avaliação de intervenções em áreas urbanas à luz dos impactos nos sistemas de infraestrutura sanitária**. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2009.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 7, p. 525–542, 2015.

FREIRE, F. **Planejamento urbano e regional e a simulação de cenários futuros para o crescimento urbano sustentável: o caso de Sarandi - PR**. 2009. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2009.

FUNDO DE POPULAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **State of world population 2007** - Unleashing the potential of urban growth. Disponível em: < [https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/695\\_filename\\_sowp2007\\_eng.pdf](https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/695_filename_sowp2007_eng.pdf)>. Acesso em: 20 mar 2017.

GALLOPIN, G. Environmental and sustainability indicators and the concept of situation- al indicators. A system approach. **Environmental Modelling and Assessment**, v. 1, p. 101–117, 1996.

GOMES, C. F. S.; NUNES, K. R. A.; HELENA, L.; CARDOSO, R.; VALLE, R. Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. **Journal of Management Science**, v. 36, p. 395–404, 2008.

GOMÉZ-NAVARRO, T.; MELON, M. G.; MARTÍN, D. D.; DUTRA, S. A. Evaluation of urban development proposal An ANP approach. **Internacional Journal of Civil, Enviromental, Structural, Construction and Architectural Engineering**, v. 2, n. 8, p. 180–190, 2008.

GONÇALVES, J. C. **A especulação imobiliária na formação de loteamentos urbanos: um estudo de caso**. 2002. 152 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2002.

GÖRENER, A. Comparing AHP and ANP: An Application of Strategic Decisions Making in a Manufacturing Company. **International Journal of Business and Social Science**, v. 3, n. 11, p. 194–208, 2012.

GRISI, C. C. de H. e; BRITTO, R. P. de. Técnica de cenários e o método Delphi: uma aplicação para o ambiente brasileiro. In: VI Seminários em Administração FEA-USP, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2003.

GUIMARÃES, J. L. da S.; SALOMON, V. A. P. Avaliação da importância dos indicadores de desempenho da logística reversa na indústria de calçados. In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 46., 2014, Salvador, Bahia. **Anais...** Salvador, Bahia: 2014.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente e Sociedade**, v. 12, n. 2, p. 307–323, 2009.

HAIKOWICZ, S.; COLLINS, K. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. **Water Resources Management**, v. 21, n. 9, p. 1553–1566, 2007.

HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R.

**Environmental Indicators: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development.** [s.l.] World Resources Institute, 1995.

HAN, J.; YOUNG, I.; CHEL, Y.; TAN, X. Extension of the TOPSIS method for decision making problems under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 5, p. 2544–2556, 2011.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. de. **Abastecimento de água para consumo humano.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

HERATH, G. Incorporating community objectives in improved wetland management: The use of the analytic hierarchy process. **Journal of Environmental Management**, v. 70, n. 3, p. 263–273, 2004.

HERNÁNDEZ, C. T. **Modelo de gerenciamento da logística reversa integrando às questões estratégicas das organizações.** 2010. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá/SP, 2010.

HESPANHOL, I. Gestão de Recursos Hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131–158, 2008.  
HSU, C.; SANDFORD, B. A. The Delphi Technique: Making sense of consensus. **Practical Assessment, Research e Evaluation**, v. 12, n. 10, p. 01–08, 2007.

HUANG, I. B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 19, p. 3578–3594, 2011.

HUSSEY, L. K. **Analytic Network Process (ANP) for Housing Quality Evaluation: A Case Study in Ghana.** 2014. 196 f. Dissertação (Mestrado em Arte) - Universidade Oeste de Ontário, Canadá, London, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Demográfico: Aglomerados subnormais – Informações territoriais.** Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2010.

\_\_\_\_\_. **IBGE. Séries Históricas e estatísticas.** Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>. Acesso em 10 mar. 2017.

INSTITUTO DAS ÁGUAS. **Sistema de Informação.** Disponível em: <<http://www.geoem.pr.gov.br/geoem/publico>>. Acesso em: Acesso em 10 mar. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Caderno estatístico - Município de Sarandi.** Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=86985>>. Acesso em 10 mar. 2017

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil.** São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2017.

JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, B. J. C. Indicator-based water sustainability assessment — A review. **Science of the Total Environment**, v. 438, p. 357–371, 2012.

KESSILI, A.; BENMAMAR, S. Prioritizing sewer rehabilitation projects using AHP-PROMETHEE II ranking method. **Water Science and Technology**, p. 283–291, 2016.

LACERDA, C. de S.; CÂNDIDO, G. A. Modelos de indicadores de sustentabilidade para gestão de recursos hídricos. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Ed.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa.** Campina Grande: EDUEPB, 2013. p. 13–30.

LARRUBIA, C. B. **Método AHP como instrumento de apoio à decisão para a manutenção da qualidade da água do Reservatório de Ilha Solteira**. 2010. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira/SP, 2010.

LAURA, A. A. **Um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos - MISGERH: O caso da Bacia dos Sinos**. 2004. 519 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2004.

LEE, M. C. **Analytic Hierarchy and the Network Process in Multicriteria Decision Making: Performance Evaluation and Selecting Key Performance Indicators Based on ANP**. M. Crisan, **Convergence and Hybrid Information ...**, 2010.

LEHNHART, E. dos R. **Tomada de decisão em contextos específicos: Uma análise das relações entre os métodos multicritérios de apoio à decisão e as estratégias de decisão humana**. 2016. 266 f. Tese (Doutorado em Administração) - Centro de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2016.

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. **Análise Comparativa dos Métodos de Apoio Multicritério a Decisão : AHP, Electre e Promethee**. In: XXXII Encontro Nacional De Engenharia de Produção, 32., 2012, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. **Anais...** Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul: 2012.

LEONELLI, G. C. V. **A construção da lei federal de parcelamento do solo urbano 6.766: debates e propostas do início do sec. XX a 1979**. 2010. 294 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2010.

LI, S. **Rank reversal properties of multicriteria decision making models**. 2008. 91 f. Thesis (Master of philosophy) - School of Mathematics, The University of Birmingham, Birmingham, 2008.

LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação qualitativa do modelo de gestão da política nacional de recursos hídricos: interfaces com o sistema ambiental e com o setor de saneamento**. 2006. 346 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2006.

LIMA, J. D. De; FERNANDO, J.; JUCÁ, T.; REICHERT, G. A.; FIRMO, A. L. B. **Uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região Sul do Brasil**. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 33–42, 2014.

LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. **Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte**. **Gestão e Produção**, v. 20, n. 4, p. 781–801, 2013.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. **The Delphi Method - Techniques and applications**. 2. ed. Michigan: Addison-Wesley Educational Publishers Inc., 2002.

LONGARAY, A. A.; TONDOLO, V. A. G.; MUNHOZ, P. R.; TONDOLO, R. R. P. **Emprego de métodos multicritério em decisões gerenciais: uma análise bibliométrica da produção científica brasileira**. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v. 13, n. 29, p. 113–128, 2016.

LOPES, F. A.; VON SPERLING, E.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Indicadores para balneabilidade em águas doces no Brasil**. **Geografias**, v. 11, n. 1, p. 6–22, 2015.

LOPES, V. C.; LIBÂNIO, M. **Proposição de um índice de qualidade de estações de tratamento de água**

- (IQETA). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 318–328, 2005.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981.
- MANCINI, G. A. **Avaliação dos custos da urbanização dispersa no Distrito Federal**. 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2008.
- MARINS, C. S.; SOUZA, D. de O.; BARROS, M. da S. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais - Um estudo de caso. In: XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Porto Seguro, Bahia. **Anais...** Porto Seguro, Bahia: 2009.
- MARTINS, A. R. P. **Desenvolvimento sustentável: uma análise das limitações do índice de desenvolvimento humano para refletir a sustentabilidade ambiental**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2006.
- MASCARÓ, J. L. **Loteamentos urbanos**. 1. ed. Porto Alegre: Juan Luis Mascaró, 2003.
- MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: Princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2014. 229 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2014.
- MIOTTO, J. L. **Princípios para o projeto e produção das construções**. Ponta Grossa: UEPG/NUTEAD, 2013.
- MIRANDA, A. B. de; TEIXEIRA, B. A. do N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 269–279, 2004.
- MURPHY, M. K.; BLACK, N. A.; LAMPING, D. L.; MCKEE, C. M.; SANDERSON, C. F.; ASKHAM, J.; MARTEAU, T. Consensus development methods, and their use in clinical guideline development. **Health technology assessment**, v. 2, n. 3, p. 1–88, 1998.
- NASCIMENTO, L. P. A. da S.; SILVA, A. C. S.; BELDERRAIN, M. C. N. Revisão de Literatura sobre a aplicação do método ANP ao problema de seleção de fornecedores. In: XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Paraíba. **Anais...** João Pessoa, Paraíba: 2008.
- NASCIMENTO, N. de O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 36–48, 2005.
- O'LOUGHLIN, R.; KELLY, A. Equity in resource allocation in the Irish health service: A policy Delphi study. **Health Policy**, v. 67, n. 3, p. 271–280, 2004.
- OECD. **Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: A synthesis report by the Group on the State of the Environment** Paris, 1993. .
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, W. S.; CÂNDIDO, G. A. (Ed.). **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campin Grande: EDUEPB, 2013. p. 213–232.
- PASQUALI, L. Princípios de elaboração de escalas psicológicas. **Revista de Psiquiatria Clínica**, v. 25, n. 5, p. 206–213, 1998.

- PEINADO, H. S. **Análise de critérios relacionados às estruturas em concreto armado para certificações ambientais de edificações**. 2014. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2014.
- PEIXOTO, F.; STUDART, T.; CAMPOS, J. Gestão das águas urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 13, n. 2, p. 160–174, 2016.
- PESCATORI, C. Cidade compacta e cidade dispersa: Ponderações sobre o projeto do Alphaville Brasília. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 17, n. 2, p. 40–62, 2015.
- PEYKARJOU, K.; SAFAVI, N. N. Using Analytic Network Process (ANP) in evaluation and prioritization the barriers of credit rating insurance companies in Iran. **Journal of Natural and Social Sciences**, v. 4, n. 1, p. 219–230, 2015.
- PHILIP, R.; ANTON, B.; LOFTUS, A.-C. **Kit de Treinamento SWITCH: Gestão Integrada das Águas na Cidade do Futuro Módulo 5 – Wastewater – Exploring the options**. 1. ed. São Paulo: ICLEI Brasil, 2011a.
- PHILIP, R.; ANTON, B.; LOFTUS, A.-C. **SWITCH Training Kit - Integrated Urban Water Management in the City of the Future: Module 4 - Stormwater – Exploring the options**. 1. ed. São Paulo: ICLEI Brasil, 2011b.
- PHILIP, R.; SALIAN, P. **SWITCH Training Kit - Integrated Urban Water Management in the City of the Future: Module 6 – DECISION-SUPPORT TOOLS: Choosing a sustainable path**. 1. ed. São Paulo: ICLEI Brasil, 2011.
- POLETO, C.; MERTEN, G. H. Urban watershed sutides in southern Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 1, n. 2, p. 70–78, 2007.
- POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15–23, 2000.
- REGO, J.; NACARATE, J.; PERNA, L.; TARCÍSIO, P. Cidades sustentáveis: Lidando com a urbanização de forma ambiental, social e economicamente sustentável. In: **Simulação das Nações Unidas para Secundaristas**. Brasília: Editora de UnB, 2013. p. 545–573.
- RIBEIRO, J. C. J.; HELLER, L. Indicadores ambientais para países em desenvolvimento. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, San Juan. **Anais...** San Juan: 2004.
- RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. Manejo de águas pluviais urbanas. In: RIGHETTO, A. M. (Ed.). **PROSAB 5 (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – Edital 5): Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Rio de Janeiro: ABES, 2009. p. 19–73.
- ROGERS, R. **Cidades para um pequeno planeta**. 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2005.
- ROSSETTO, A. M. **Proposta de um sistema integrado de gestão do ambiente urbano (SIGAU) para o desenvolvimento sustentável de cidades**. 2003. 404 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2003.
- ROWE, G.; WRIGHT, G. The Delphi technique as a forecasting tool : issues and analysis. **International Journal of Forecasting**, v. 15, p. 353–375, 1999.
- ROZADOS, H. B. F. O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da Ciência da Informação. **Em Questão**, v. 21, n. 3, p. 64–86, 2015.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, T. L. Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1–35, 2004a.

SAATY, T. L. Fundamentals of the analytic network process — Dependence and feedback in decision-making with a single network. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 13, n. 2, p. 129–157, 2004b.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83, 2008.

SABBATINI, F. H.; SOUZA, J. C. S. **Metodologia de análise e seleção de inovações tecnológicas na construção de edifícios**. 2004. 25 f. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.

SADEGHI, M.; RASHIDZADEH, M. ali; SOUKHAKIAN, M. ali. Using analytic network process in a group decision-making for supplier selection. **Informatica**, v. 23, n. 4, p. 621–643, 2012.

SALOMON, V. A. P.; MONTEVECHI, J. A. B. Método de análise em redes: o sucessor do método de análise hierárquica ? In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 17., 1997, Gramado. **Anais...** Gramado: 1997.

SALOMON, V. P.; MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O. Justificativas para aplicação do Método de Análise Hierárquica. In: International Congress of Industrial Engineering, 5., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

SANDER, C. F. **Avaliação do desenvolvimento urbano em loteamento de Marechal Cândido Rondon -PR**. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2007.

SANDIN-BOJÖ, A.-K. F.; HALL-LARD, M. L.; AXELSSON, O.; UDÉN, G.; WILDE LARSSON, B. Midwifery care: development of an instrument to measure quality based on the World Health Organization's classification of care in normal birth. **Journal of Clinical Nursing**, v. 13, n. 1, p. 75–84, 2004.

SANTOS, A. dos; VIDOTTO, L. S.; GIUBLIN, C. R. A utilização do método Delphi em pesquisas na área da gestão da construção. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 2, p. 51–59, 2005.

SARANDI. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Sarandi, 2009a.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor Municipal**. Sarandi, 2009.

SCARPARO, A. F.; LAUS, A. M.; AZEVEDO, A. L. de C. S.; FREITAS, M. R. I. de; GABRIEL, C. S.; CHAVES, L. D. P. Reflexões sobre o uso da Técnica Delphi em pesquisas na Enfermagem. **Revista Rene**, v. 13, n. 1, p. 242–51, 2012.

SHIELDS, D. J.; ŠOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1–2, p. 149–160, 2002.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMERO, A. Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente e Sociedade**, v. 5, n. 2, p. 137–148, 2007.

SILVA, B. F. **A recente produção imobiliária no aglomerado metropolitano Paiçandu-Maringá-Sarandi: Novos arranjos, velha lógica.** 2015. 295 f. Tese (Doutorado Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2015.

SILVA, G. J. A. da. **Cidades sustentáveis: Uma nova condição urbana estudo de caso: Cuiabá-MT.** 2011. 376 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2011.

SILVA, G. J. A. da; ROMERO, M. A. B. Cidades sustentáveis: uma nova condição urbana a partir de estudos aplicados a Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, Brasil. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 3, p. 253–266, 2013.

SILVA, V. A. da. **Avaliação de sustentabilidade ambiental dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Uberaba - MG.** 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2016.

SOUZA, G. P. **Método para estruturar a integração de previsões utilizando a técnica Delphi.** 2008. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2008.

SOUZA, M. E. T. de A. de; LIBÂNIO, M. Proposta de índice de Qualidade para Água Bruta afluenta a estações convencionais de tratamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 471–478, 2009.

STRÖHER, L. E. M.; SOUZA, G. B. de. De vilarejo à cidade conurbada: A expansão de Sarandi condicionada pela ação de três agentes imobiliários e pelo parcelamento rural. **Revista Tecnológica**, v. 20, n. 1, p. 63–74, 2011.

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 em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, 2014.

TOY, E. E. **Análise dos processos erosivos no município de Sarandi/PR.** 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2010.

TREIN, C. M.; PELISSARI, C.; HOFFMANN, H.; PLATZER, C. J.; SEZERINO, P. H. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 351–367, 2015.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008.

UN-HABITAT. **Urbanization and Development: Emerging Futures.** Suíça: UN-HABITAT, 2016.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade – Um levantamento dos principais sistemas de

avaliação. **Cadernos EBAPE**, v. II, n. 1, p. 1–14, 2004.

VARGAS, M. C. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente e Sociedade**, n. 5, p. 109–134, 1999.

VIEIRA, P. M. S. **Desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental (Estudo de caso: APA de Baturité, Ceará)**. 2014. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/CE, 2014.

VIEIRA, P. M. S.; STUDART, T. M. C. Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidroambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro - Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, p. 125–136, 2009.

VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história. In: DEAK, C.; SCHIFFER, S. R. (Ed.). **O processo de urbanização no Brasil**. São Paulo: FUPAM/EDUSP, 1999. p. 169–243.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente e Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 83–102, 2016.

WENG, S. Q.; HUANG, G. H.; LI, Y. P. Expert Systems with Applications An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning – A case study in the Haihe River Basin. **Expert System With Applications**, v. 37, p. 8242–8254, 2010.

WRIGHT, J. C. T.; SPERS, R. G. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. **Estudos Avançados**, v. 20, n. 56, p. 13–28, 2006.

WRIGHT, J.; GIOVINAZZO, R. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, p. 54–65, 2000.

ZHENG, J.; EGGER, C.; LIENERT, J. A scenario-based MCDA framework for wastewater infrastructure planning under uncertainty. **Journal of Environmental Management**, v. 183, p. 895–908, 2016.

ZMITROWICZ, W.; DE ANGELIS NETO, G. **Infraestrutura Urbana**. 1997. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 41 f. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo/SP, 1997.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. 1998. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Solicitamos que os indicadores listados a seguir sejam avaliados à luz dos objetivos fixados, após uma reflexão sobre o tema, levando em consideração que eles devem representar os aspectos gerais em termos de águas urbanas de empreendimentos imobiliários - Loteamentos

Os indicadores, e seus respectivos objetivos, devem ser avaliados com o grau de importância conforme escala ao lado direito de cada linha, sendo:

- Pouco importante: Pouco relevante e não necessita ser considerado;
- Importante: Relevante e deve ser, pelo menos, parcialmente considerado;
- Muito importante: Muito relevante e não pode ser negligenciado, tem que ser necessariamente considerado

Sugestões ou comentários que acharem pertinentes em relação ao questionário, indicadores ou ao trabalho de pesquisa, podem ser inseridos no espaço determinado, após a lista.

### \* 1. Indicadores de sustentabilidade a luz das águas urbanas - Loteamentos

	Pouco importante	Importante	Muito importante
Criação e preservação de habitats – IA1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impacto paisagístico - IA2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de áreas de recreação, parques e equipamentos urbanos – ISC1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desapropriação de áreas – IEC1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forma de abastecimento – IAU1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Forma de esgotamento sanitário– IAU2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Percentual de atendimento pela drenagem pluvial – IAU3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Possibilidade de contaminação e transmissão de doenças – ICA1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elemento de controle – ICA2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recarga - ICA3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outro (especifique)	<input type="text"/>		

### 2. Críticas, elogios ou sugestões ao trabalho? (opcional)



Anter.

Próx.

**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Gostaríamos de convidá-lo a participar da pesquisa intitulada “Avaliação de loteamento pelo modelo multicritério AUrb/ANP e indicadores de sustentabilidade: Estudo de caso no município de Sarandi - PR”, que faz parte do curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana e é orientada pelo prof. Dr. José Luiz Miotto, da Universidade Estadual de Maringá.

O objetivo da pesquisa é avaliar cenários de projetos de expansão urbana baseados em indicadores de sustentabilidade de águas urbanas. Para isto, a sua participação é muito importante, e ela se daria da seguinte forma: Preenchimento do questionário proposto com questões de múltipla escolha de acordo com a sua preferência, podendo, caso desejar, apresentar sugestões, críticas e outros comentários que achar pertinente a pesquisa.

Informamos que poderão ocorrer os desconfortos a seguir, como por exemplo, questões referentes ao gênero, faixa etária, grau de escolaridade, tempo de atuação profissional.

No entanto, caso não se sinta confortável, essas questões poderão ser ignoradas.

Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados constituem-se em verificar quais indicadores, a partir das opiniões dos especialistas consultados, são importantes para a conservação de recursos hídricos em projetos de expansão urbana, com vista ao desenvolvimento sustentável.

Caso você tenha mais dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos, pode nos contatar nos endereços abaixo ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da UEM, cujo endereço consta deste documento.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida e assinada entregue a você. Além da assinatura nos campos específicos pelo pesquisador e por você, solicitamos que sejam rubricadas todas as folhas deste documento. Isto deve ser feito por ambos (pelo pesquisador e por você, como sujeito ou responsável pelo sujeito de pesquisa) de tal forma a garantir o acesso ao documento completo.

Eu,.....(nome por extenso do  
sujeito de pesquisa) declaro que fui devidamente esclarecido e concordo em participar  
VOLUNTARIAMENTE da pesquisa coordenada pelo Prof. Dr. José Luiz Miotto.

\_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura ou impressão datiloscópica

Eu, Murilo Keith Umada, declaro que forneci todas as informações referentes ao projeto de  
pesquisa supra-nominado.

\_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do pesquisador

Qualquer dúvida com relação à pesquisa poderá ser esclarecida com o pesquisador,  
conforme as informações abaixo:

Nome: Murilo Keith Umada  
(*e-mail*): [umada.murilo@gmail.com](mailto:umada.murilo@gmail.com)

Qualquer dúvida com relação aos aspectos éticos da pesquisa poderá ser esclarecida com o  
Comitê Permanente de Ética em Pesquisa (COPEP) envolvendo Seres Humanos da UEM,  
no endereço abaixo:

COPEP/UEM  
Universidade Estadual de Maringá.  
Av. Colombo, 5790. Campus Sede da UEM.  
Bloco da Biblioteca Central (BCE) da UEM.  
CEP 87020-900. Maringá-Pr. Tel: (44) 3261-4444  
*e-mail*: [copep@uem.br](mailto:copep@uem.br)

## APÊNDICE C – AVALIAÇÃO DO DECISOR QUANTO AO MODELO DO MÉTODO AURB/ANP

### SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DO MODELO AURB/ANP - FASE 1 E 2

FASE 1 - AVALIAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS					
<b>Com relação ao Cenário A</b>		<b>PROJETADO</b>			
1	<input type="checkbox"/> O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o cenário	<b>ATUAL</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao Cenário B</b>		<b>DESEJÁVEL</b>			
2	<input type="checkbox"/> O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o cenário	<b>ATUAL</b>	?	Importância muito menor
<b>Com relação ao Cenário C</b>		<b>ATUAL</b>			
3	<input type="checkbox"/> O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o cenário	<b>DESEJÁVEL</b>	?	Importância maior
FASE 2 - AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CENÁRIO					
<b>Com relação ao Cenário A</b>		<b>PROJETADO</b>			
4	<input type="checkbox"/> O Critério <b>AMBIENTAL</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>SOCIAL</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
5	<input type="checkbox"/> O Critério <b>SOCIAL</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ECONÔMICO</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
6	<input type="checkbox"/> O Critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
7	<input type="checkbox"/> O Critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
8	<input type="checkbox"/> O Critério <b>QUALIDADE</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>QUANTIDADE</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
9	<input type="checkbox"/> O Critério <b>QUANTIDADE</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ALTERAÇÃO DE REGIME</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao Cenário B</b>		<b>DESEJÁVEL</b>			
10	<input type="checkbox"/> O Critério <b>AMBIENTAL</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>SOCIAL</b>	?	Importância maior
11	<input type="checkbox"/> O Critério <b>SOCIAL</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ECONÔMICO</b>	?	Importância maior
12	<input type="checkbox"/> O Critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b>	?	Importância pouco menor
13	<input type="checkbox"/> O Critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b>	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
14	<input type="checkbox"/> O Critério <b>QUALIDADE</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>QUANTIDADE</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL
15	<input type="checkbox"/> O Critério <b>QUANTIDADE</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ALTERAÇÃO DE REGIME</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL
<b>Com relação ao Cenário C</b>		<b>ATUAL</b>			
16	<input type="checkbox"/> O Critério <b>AMBIENTAL</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>SOCIAL</b>	?	Importância maior
17	<input type="checkbox"/> O Critério <b>SOCIAL</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ECONÔMICO</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL
18	<input type="checkbox"/> O Critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL
19	<input type="checkbox"/> O Critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL
20	<input type="checkbox"/> O Critério <b>QUALIDADE</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>QUANTIDADE</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL
21	<input type="checkbox"/> O Critério <b>QUANTIDADE</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ALTERAÇÃO DE REGIME</b>	?	0- NÃO COMPARÁVEL

## SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DO MODELO AURB/ANP - FASE 3

VALIAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS				
<b>GRUPO 1 Grupo 1</b>				
<b>Com relação ao critério AMBIENTAL</b>				
22	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	Importância menor
<b>Com relação ao critério SOCIAL</b>				
23	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério ECONÔMICO</b>				
24	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério ABASTECIMENTO</b>				
25	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	Importância pouca maior
26	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério ESGOTAMENTO</b>				
27	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
28	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	Importância pouca menor
<b>Com relação ao critério DRENAGEM</b>				
29	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	Importância pouca maior
30	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	Importância menor
<b>Com relação ao critério QUALIDADE</b>				
31	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	Importância muito maior
32	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	Importância pouca maior
<b>Com relação ao critério QUANTIDADE</b>				
33	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
34	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério ALTERAÇÃO DE REGIME</b>				
35	O critério AMBIENTAL	tem qual importância sobre o critério	SOCIAL ?	Importância menor
36	O critério SOCIAL	tem qual importância sobre o critério	ECONÔMICO ?	Importância maior

## SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DO MODELO AURB/ANP - FASE 3

VALIAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS				
<b>GRUPO 2 Grupo 2</b>				
<b>Com relação ao critério AMBIENTAL</b>				
37	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	Importância pouca menor
38	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	Importância pouca maior
<b>Com relação ao critério SOCIAL</b>				
39	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
40	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	Importância menor
<b>Com relação ao critério ECONÔMICO</b>				
41	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
42	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério ABASTECIMENTO</b>				
43	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério ESGOTAMENTO</b>				
44	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério DRENAGEM</b>				
45	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério QUALIDADE</b>				
46	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
47	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério QUANTIDADE</b>				
48	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	0- NÃO COMPARÁVEL
49	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	0- NÃO COMPARÁVEL
<b>ALTERAÇÃO DE REGIME</b>				
50	O critério <b>ABASTECIMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>ESGOTAMENTO</b> ?	Importância maior
51	O critério <b>ESGOTAMENTO</b>	tem qual importância sobre o critério	<b>DRENAGEM</b> ?	0- NÃO COMPARÁVEL

## SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DO MODELO AURB/ANP - FASE 3

VALIAÇÃO ENTRE OS CRITÉRIOS				
<b>GRUPO 3 Grupo 3</b>				
<b>Com relação ao critério AMBIENTAL</b>				
52	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	Importância pouca maior ▼
53	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE F ?	Importância extremamente menor ▼
<b>Com relação ao critério SOCIAL</b>				
54	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	IGUAL IMPORTÂNCIA ▼
55	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE F ?	IGUAL IMPORTÂNCIA ▼
<b>Com relação ao critério ECONÔMICO</b>				
56	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	Importância pouca menor ▼
57	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE REGIME ?	Importância pouca menor ▼
<b>Com relação ao critério ABASTECIMENTO</b>				
58	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	0- NÃO COMPARÁVEL ▼
59	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE REGIME ?	0- NÃO COMPARÁVEL ▼
<b>Com relação ao critério ESGOTAMENTO</b>				
60	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	0- NÃO COMPARÁVEL ▼
61	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE REGIME ?	0- NÃO COMPARÁVEL ▼
<b>Com relação ao critério DRENAGEM</b>				
62	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	IGUAL IMPORTÂNCIA ▼
63	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE F ?	IGUAL IMPORTÂNCIA ▼
<b>Com relação ao critério QUALIDADE</b>				
64	O critério QUANTIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE REGIME ?	Importância extremamente maior ▼
<b>Com relação ao critério QUANTIDADE</b>				
65	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	ALTERAÇÃO DE REGIME ?	Importância extremamente maior ▼
<b>Com relação ao critério ALTERAÇÃO DE REGIME</b>				
66	O critério QUALIDADE	tem qual importância sobre o critério	QUANTIDADE ?	0- NÃO COMPARÁVEL ▼

## SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DO MODELO AURB/ANP - FASE 4

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO			
<b>Com relação ao critério AMBIENTAL</b>			
67	O cenário <b>PROJETADO</b>	é quantas vezes mais importante que o <b>DESEJÁVEL</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
68	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	é quantas vezes mais importante que o <b>ATUAL</b> ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério SOCIAL</b>			
69	O cenário <b>PROJETADO</b>	é quantas vezes mais importante que o cenário <b>DESEJÁVEL</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
70	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	é quantas vezes mais importante que o cenário <b>ATUAL</b> ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério ECONÔMICO</b>			
71	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
72	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	Importância muito maior
<b>Com relação ao critério ABASTECIMENTO</b>			
73	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	Importância pouco menor
74	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério ESGOTAMENTO</b>			
75	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
76	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	Importância maior
<b>Com relação ao critério DRENAGEM</b>			
77	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	Importância pouco menor
78	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério QUALIDADE</b>			
79	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	Importância pouco menor
80	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	Importância muito maior
<b>Com relação ao critério QUANTIDADE</b>			
81	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	Importância pouco menor
82	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
<b>Com relação ao critério ALTERAÇÃO DE REGIME</b>			
83	O cenário <b>PROJETADO</b>	tem qual importância sobre o critério <b>DESEJÁVEL</b> ?	Importância muito maior
84	O cenário <b>DESEJÁVEL</b>	tem qual importância sobre o critério <b>ATUAL</b> ?	Importância maior

**ANEXO A – LEI DE CRIAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SARANDI**

CÂMARA MUNICIPAL DE SARANDI - PR À Comissão de Justiça e Redação EM 13/05/83 PRESIDENTE	CÂMARA MUNICIPAL DE SARANDI - PR À COMISSÃO DE FINANÇAS EM 13/05/83 PRESIDENTE	CÂMARA MUNICIPAL DE SARANDI - PR À COMISSÃO DE SAÚDE EM 13/05/83 PRESIDENTE
--	---	--

*Alcides Alcides Bogliatto* *Paulo Augusto de Souza* *Joel - Joel de Souza*  
*Paulo Augusto de Souza* *Paulo Augusto de Souza* *Paulo Augusto de Souza*  
*Alcides Alcides Bogliatto*  
**Lei de Criação do Município de Sarandi**  
*Francis Jamil de Almeida*

**LEI N.º 7502**

Data 14 de outubro de 1981  
 Sumula: Cria o Município de Sarandi, em Território desmembrado do Município de Marialva e com as divisas que especifica.

A Assembléa Legislativa do Estado do Paraná decretou e eu sanciono a seguinte lei:

Art. 1.º - Fica criado o Município de Sarandi, com território desmembrado do Município de Marialva, com sede na localidade do mesmo nome e divisas seguintes:

“Partindo da confluência do Córrego Guaiapó no Ribeirão Sarandi, sobre pelo dito Córrego até a última cabeceira; deste ponto, por uma linha seca vai até alcançar a menor cabeceira do Ribeirão Pinguim descendo por este Ribeirão, até o ponto que da passagem à estrada “Maringá-Bom-Sucesso”; seguindo por esta estrada até alcançar sua passagem no Ribeirão Aquidabam; daí por este Ribeirão acima até a foz do Córrego Mará; por este Córrego até sua última vertente por uma linha reta ao Córrego Tahí; por este Córrego até sua confluência no Ribeirão Sarandi; daí por este Ribeirão acima até o primeiro marco da divisa do lote n.º 17, da Gleba Sarandi; pela divisa do lote n.º 17 com o lote n.º 16 da referida Gleba até alcançar a estrada “Marialva-Santa-Fé”; por esta estrada rumo Santa Fé, até o lote n.º 79 da Gleba Ribeirão Sarandi; daí pela divisa do lote n.º 79 com o lote n.º 78 da referida Gleba até a menor cabeceira do Córrego Guaymbé; descendo por este até a sua confluência no Ribeirão Sarandi e, finalmente, subindo por este segue até o ponto de partida”.

Art. 2.º — Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Palacio do Governo em Curitiba, em 14 de outubro de 1981.

**NEY BRAGA**  
 Governador do Estado  
 Octávio Cesário Pereira Junior  
 Secretário de Estado da Justiça



### ANEXO B – PROJETO DO LOTEAMENTO JARDIM AURORA III

